Dr. Koren Edit:

Környezetismeret

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
Távoktatási tagozat
1995

Írta:
Dr. Koren Edit
főiskolai docens
Széchenyi István Főiskola

Lektorálta:

Dr. Lesny Juraj
egyetemi docens,
Műszaki Egyetem, Pozsony

Műszaki szerkesztő:
Fodor László
főiskolai docens
Széchenyi István Főiskola

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános előadás,

a rádió és televízióadás, valamint a fordítás jogát,
az egyes fejezeteket illetően is.

Tartalomjegyzék

Bevezetés ... 7
1. A környezet fogalma ... 8
2. Az ökológia ... 10
2.1. Az ökológia felosztása ... 10
2.2. Ökológiai tényezők ... 10
2.2.1. Abiotikus (élettelen) ökológiai tényezők ... 11
2.2.2. Biotikus ökológiai tényezők ... 14
2.2.3. Biotikus és abiotikus tényezők egymásra hatása ... 15
2.3. Ökoszisztémák ... 15
2.3.1. Az ökoszisztémák felépítése ... 18
2.3.1.1. Az ökoszisztémák élőlényei ... 19
2.3.2. Táplálékszerzés az ökoszisztémán belül ... 20
2.3.3. Nem táplálékszerzésen alapuló kapcsolatok az ökoszisztémán belül ... 23
2.3.4. Az ökoszisztémák terhelhetősége ... 23
2.3.4.1. A limitáló tényező ... 24
2.4. Produkcióbiológia ... 25
2.4.1. Elemek, élet, szervezet és energia ... 25
2.4.1.1. Az elemek összetétele élő és élettelen rendszerekben ... 25
2.4.1.2. Energia és a szerves anyag ... 27
2.4.1.3. Anyag- és energiacsere az élő szervezetekben ... 28
2.5. Biogeológiai ciklusok ... 29
2.5.1. A szén körfogása ... 29
2.5.2. A nitrogén körforgása ... 31
2.5.3. A foszfor körforgása ... 32
2.5.4. Biogén elemek körforgása ... 33
2.6. Az energia útja ... 34
2.7. Az emberi tevékenység hatása az ökoszisztémára ... 35
3. A túlnépesedés ... 38
3.1. A túlnépesedés veszélyei ... 39
3.2. A túlnépesedés és egyéb tényezők összefüggései ... 40
3.2.1. A népességrobbanás következményei ... 41
4. A talaj. A talaj ökoszisztémája. Talajszennyezés, talajvédelem ... 44
4.1. A litoszféra kialakulása, összetétele ... 44
4.1.1. A Föld ásványai, kőzetek ... 45
4.2. A talajképződés folyamata, a talaj szerkezete ... 46
4.2.1. A talaj alkotórészei ... 48
4.2.2. A talaj fizikai tulajdonságai ... 50
4.2.3. A talaj szerkezete ... 52
4.2.4. A talaj szennyeződései, károsodásai ... 52
4.2.4.1. A talaj szennyező ásványi anyagai ... 53
4.2.4.2. Mezőgazdasági eredetű talajszennyezés ... 54
4.2.4.3. A talajban előforduló policiklikus szénhidrogének ... 54
4.2.4.4. A talaj detergens szennyeződése. ... 54
4.2.4.5. Hulladékból és hulladékkezelésből eredő talajszennyezés ... 55
4.2.4.6. A talajerózió és a másodlagos szikesedés ... 55
5. A légkör keletkezése, összetétele. Levegőszennyezés ... 57
5.1. A légkör szerkezete ... 58

5.2. A levegő összetétele ... 60
5.3. Légszennyező anyagok ... 62
5.3.1. A levegőszennyezés forrásai és fajtái ... 62
5.4. A levegő öntisztulása ... 65
5.5. A levegő fizikai állapothatározói ... 65
5.6. Légszennyezést okozó emberi tevékenységek ... 66
5.6.1. A savas eső ... 69
5.6.2. A szmog ... 70
5.6.3. Az „ózonlyuk” ... 72
5.6.4. Az üvegházhatás ... 74
5.7. A levegőszennyezés elleni védekezés műszaki eszközei ... 75
5.7.1. Száraz eljárások ... 76
5.7.2. Nedves gáztisztítás ... 77
6. A víz. A víz körforgása, vízszennyezés, vízvédelem ... 79
6.1. A víz fizikai állapotai ... 79
6.2. A víz körforgása ... 79
6.3. A természetes vizek osztályozása előfordulási helyük szerint ... 81
6.3.1. Felszíni vizek ... 81
6.3.2. Felszín alatti vizek ... 83
6.4. Vízgazdálkodás ... 84
6.4.1. A vízhasználat ... 84
6.4.1.1. Ivóvízellátás ... 85
6.4.1.2. Mezőgazdasági vízhasznosítás ... 90
6.4.1.3. Ipari vízhasználat ... 90
6.4.1.4. Vízminőségi kategóriák ... 91
6.5. Szennyvizek ... 92
6.5.1. A szennyvíz hatása az élővizekre ... 93
6.5.1.1. Az eutrofizáció ... 93
6.5.2. Szennyvíztisztítás ... 94
7. Az épített környezet védelme ... 98
7.1. A hulladék ... 98
7.1.1. A hulladék fogalma, osztályozása ... 98
7.1.2. A hulladék mennyisége, minősége ... 99
7.1.3. A hulladék káros környezeti hatása ... 100
7.1.4. Hulladékgazdálkodás ... 101
7.1.5. Hulladékhasznosítás ... 101
7.1.5.1. A hulladékhasznosítás minőségi kérdései ... 101
7.1.6. Hulladékártalmatlanítás égetéssel ... 101
7.1.7. Hulladéklerakás ... 104
7.2. A zaj ... 105
7.2.1. Zajártalmak, rezgések ... 106
8. Energia, energiaforrások ... 110
8.1. A bőséges és olcsó energia korszaka ... 110
8.2. Jelenlegi helyzet, környezeti hatások ... 111
8.3. A jövő ... 112
9. Természet- és tájvédelem ... 113
9.1. A növényvilág védelme ... 113
9.2. Az állatvilág védelme ... 114
9.3. A táj védelme ... 115

9.3.1. Természetvédelmi terület 115
9.3.2. Tájvédelmi körzet 115
9.3.3. Nemzeti park 115
10. Ellenőrző kérdések 117
Ábrajegyzék 119
11. Irodalomjegyzék 120

Bevezetés

„Az élet minden bizonnyal az elképzelhető legszívósabb membrán az egész világegyetemben... és éppen mi vagyunk benne az a kényes, finom rész, amely olyan mulandó és sebezhető, akár a csillós sejtek csillója”
Lewis Thomas

Ennek a jegyzetnek az írója építőmérnök. Egész eddigi élete során, a diákkori barlangászások, a sátorozások, a későbbi terepmunkák és a máig tartó Tátra-szerelem megtanították arra, hogy a természetet tisztelni kell. Talán kissé másféle elveket vall, mint ami általában a környezetvédelemről szóló könyvekben olvasható az ember hatalmáról a természet felett.

Lewis Thomas kitűnő orvosbiológus szavaival vallja, hogy a földi élet egységessége sokkal meghökkentőbb, mint sokfélesége. Ennek az egységnek az az alapja, hogy nagy valószínűséggel egyetlen sejtből származunk. Ebből a nézőpontból talán könnyebben megérthető, hogy amikor környezetvédelemről beszélünk, valójában nem a környezetünket védjük meg az ember hatalma folytán okozható sérülésektől, hanem saját magunkat. Ennek a gondolatnak a folytatásaként adódik a környezetvédelem célja: az embernek fel kell ismernie azt, hogy tennie kell valamit annak érdekében, hogy a cselekedeteinek fel nem mért következményeivel ne tegye tönkre saját jövőjét.

Ez a könyv ebben a felismerésben szeretne segíteni. A terjedelme nem ad lehetőséget arra, hogy a környezetvédelem szerteágazó területének minden kérdésével foglalkozzék. Az olvasók saját szakterületükön úgyis szembesülnek majd riasztó problémákkal, amiket a saját szakmájuk eszköztárával kell megoldaniuk. Ennek a jegyzetnek nem a megoldási technológiák megtanítása a célja -erre nem is lehetne vállalkozni egy 30 órás tantárgy keretén belül- hanem a figyelem felkeltése, és olyan érzékenység kifejlesztése, aminek birtokában el tudják fogadni Szent-Györgyi Albertnek azt a meghökkentő kijelentését, hogy

„Valójában nem sok különbség van a fű és a között, aki nyírja.”

A környezetvédelemnek hatalmas szakirodalma van, az olvasó is bizonyára ismerkedett már ilyen témájú könyvekkel, vagy szakfolyóiratokkal. Ez a könyv nem ismertet meg teljesen új fogalmakkal, inkább arra próbál vállalkozni, hogy a bőség zavarában irányt mutasson és egy lehetséges és szubjektív rendszerezésben foglalja össze a legfontosabb ismereteket a bevezetőben említett cél eléréséhez.

A jegyzet a távoktatásban résztvevő hallgatók számára íródott. Az utolsó fejezet után egy kérdéscsoportot talál az olvasó. Igyekeztem úgy összeállítani, hogy a könyv alapján, egyéb irodalom használata nélkül megválaszolhatók legyenek. Ha ez mégsem sikerült volna, a konzultációkon lehetőség nyílik erre is. A könyv végén az irodalomjegyzék utal rá, hogy milyen könyvek segítettek ebben a munkában. Amennyiben valamelyik témakör jobban felkelti az olvasó érdeklődését ennek segítségével indulhat komolyabb felfedező útra, amihez sok sikert kíván

a Szerző

1. A környezet fogalma

Az ember számára a környezete a világnak az a része, ahol életét éli, maga is ennek a környezetnek a részeként. Ebben a térben csak akkor lehetséges az élet, ha az ehhez szükséges összes feltétel biztosított. Az az élettér, amelyik minden fontos feltétellel rendelkezik: **a bioszféra.**

A bioszféra a
– földkéreg (litoszféra)
– víz (hidroszféra)
– légkör (atmoszféra)
azon része, amelyet az élő szervezetek benépesítenek.
Környezetünk tehát élő és élettelen, természetes és mesterséges (ember által létrehozott) alkotóelemeket tartalmaz. A környezeti elemeket az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

- A föld
  - alapkőzet
  - ásványvagyon
  - barlangok
  - termőföld, talaj
  - domborzat

- A víz
  - felszíni vízek
  - felszín alatti vizek

- A levegő
  - alsó légkör (troposzféra)
  - felső légkör

- Az élővilág
  - ember
  - növényvilág
  - állatvilág
  - mikroorganizmusok

- A táj
  - természetes táj
  - kultúrtáj

- A települési környezet
  - lakóterületek
  - iparterületek
  - mezőgazdasági települések
  - közlekedési útvonalak

A környezet ezen alkotóelemeinek az egymásra hatását szigorú összefüggések szabják meg. Egyetlen elem kedvezőtlen változtatása kihat a többi környezeti elemre is.

Az a tudomány, amelyik az élő és élettelen rendszerek kölcsönös egymásra hatását vizsgálja és arra keres választ, hogy milyen feltételek között tartható fenn a kettő egysége a bioszférában; az **ökológia.**

Az ökológia görög eredetű s oikosz (ház, gazdaság) logosz (tudomány) szav összetételéből szület Jelentése tehát: Környezett Környezettudomány.

B.Commoner amerikai ökológus a „Bezáruló Kör" 1987-ben megjelent könyvében a környezetet élő komplexumnak tekinti, és ezzel a nézettel összhangban az ökológia tudományát tekinti az alapvető környezettudománynak, amelynek a törvényeit tiszteletben kell tartania az embereknek. Ezek az alaptörvények a következők:

1. Minden összefügg mindennel

Ez a törvény utal a bioszférában található összefüggések bonyolult hálózatára. Az ökológiai összefüggések rendszere, a belső anyag- és energiaforgalom meghatározza, hogy mekkora terhelést bír el a rendszer anélkül, hogy összeomlana. Mivel az ökológiai hálózat közvetíti a helyi zavarokat az egész felé, az egy helyen keletkező csekély zavar is vezethet széles területre kiterjedő, hosszan tartó hatásokhoz.

2. Minden tart valahová

Ez a törvény a fizika anyagmegmaradási törvényének az ökológiára való alkalmazása. A természetben ismeretlen a hulladék fogalma. Minden természeti rendszerben az egyik organizmus által adott végtermék a másik organizmus számára táplálékul szolgál. A bioszférában az energia és az anyag forgalma valósul meg.

3. A természet tudja a legjobban

Az önmaga szabályozására és fenntartására képes bioszféra évmilliók alatt kialakult folyamatai a rendszert komplexebbé tették. A modern technika-technológia egyik legszívesebben hangoztatott célja a természet megjavítása. Azonban ez a „megjavítás" a bioszféra folyamatát megzavarja.

4. Nincsen ingyenebéd

A közgazdaságtanból ismert „törvény" alkalmazható az ökológiában is, és össze is foglalja az első 3 törvényt. A bioszféra összefüggő egész, amelyből, ha emberi tevékenységeink során elveszünk, azt vissza is kell juttatni. Nem kerülhetjük el a megfizetését, legfeljebb elodázhatjuk. A jelenlegi környezeti krízis annak a jele, hogy sokat késtünk a fizetéssel.

Commoner az emberi létezés alapvető paradoxonának tartja, hogy a társadalom folyamatainak döntő elemeinél mindig a növekedésre való törekvés figyelhető meg, ami beleütközik a meg nem újítható erőforrások korlátozott lehetőségeibe. **Ahhoz, hogy a civilizáció fennmaradhasson** a Földön, alkalmazkodni kell a természeti rendszer követelményeihez.

A természeti rendszerek - ökoszisztémák - képezik tehát az ökológia vizsgálatának tárgyát.
Az ökoszisztémák egymásba kapcsolódva, egymást feltételezve alkotják a legmagasabb fokú ökoszisztémát, a **bioszférát.**
Az ökoszisztéma egy geobiológiai egység, ahol az élő és holt anyag nem választható el egymástól, mivel ásványi anyagokat létrehozó és életet keltő folyamatok kapcsolódnak szorosan egymáshoz.

Mi az ökoszisztéma? Adott élőhely szervetlen anyagain kifejlődött, azt benépesítő, egymással társult élő szervezetekből álló élőközösség egysége. (Pl. tó, erdő stb.)

2. Az ökológia

2.1. Az ökológia felosztása

A vizsgálódás tárgya szerint beszélhetünk
- autoökológiáról: élő egyedek (növény, állat) életmódját vizsgálja
- szünökológiáról: társulásökológia, életközösségek vizsgálatával foglalkozik
- humánökológiáról: társadalomökológia

A társadalomökológia három alapvető irányzatát jelöli meg Luc Ferry Új rend: Az ökológia című művében:

- **utilitarista ökológia** követői a természethez kapcsolódó erkölcsi és felelősségvállalási kérdések újraértelmezésére tesznek kísérletet. Azt tartják, hogy az érdekek számítás tárgyát képezhetik. A gyermekek, állatok és lelki betegek szenvedésének egymáshoz viszonyított értékéről vitatkoznak. Azt remélik, hogy az öröm és a fájdalom **egzakt tudománya** lehetővé teszi majd az ésszerű **erkölcsi választások** meghozatalát a jogok odaítélésében.

- **biológiai vagy életfilozófiai ökológia** követői hirdetik, hogy az ember már megszűnik autonóm lény lenni, nem lehet független a környezetétől, de mivel maga a természet legfejlettebb teremtménye, ezentúl ő fogja értelmezni a törvényeket, ő vállal felelősséget értük

- **mély-ökológia** hívei azt vallják, hogy:
  - az ember természete mindannyiunkban ugyanolyan
  - az emberi faj a lét folytonosságának egyik - nem kivételezett - tagja
  - a környezet kizsákmányolása ezért az emberi életet, egészséget, boldogságot fenyegeti
  - nem szabad erőszakot tenni a természeti környezet stabilitásán

Ebben a könyvben elsősorban a **szünökológia** bemutatásával foglalkozunk.

2.2. Ökológiai tényezők

Ökológiai tényezőkön a külső környezetből eredő és az élőlényeket valamilyen módon befolyásoló különféle hatásokat értjük.

Az ökológiai tényezők leglényegesebb tulajdonsága a térben és időben folytonos **változékonyság**. Az ökológiai tényezők változásaira az élőlények sajátos alkalmazkodásukkal (adaptáció) válaszolnak. A megváltozott életkörülményekhez való alkalmazkodás az élőlények alapvető életjelensége, az ön- és fajfenntartás egyik tényezője. A környezeti viszonyok megválasztásakor csupán a faj azon egyedei maradnak fenn és hoznak létre utódokat, amelyek képesek alkalmazkodni az új viszonyokhoz.

Az, hogy az élőlények milyen mértékben képesek alkalmazkodni a megváltozott viszonyokhoz, az az élőlények ökológiai értékétől függ. Ez adja meg az egyes ökoszisztémák **terhelhetőségét.**

2.2.1. Abiotikus (élettelen) ökológiai tényezők

A víz és a nedvesség

Az élőlények fennmaradásának egyik feltétele, hogy a vízháztartásuk egyensúlyban legyen. A vízfelvételben és a vízleadásban ugyan nagy különbségek vannak az egyes élőlények között, de mindegyik számára nagyon fontos, hogy az életciklusuk szerint változó vízigényüket ki tudják elégíteni. Ebben elsőrendű fontosságú - különösen szárazföldi élőlények esetén - a csapadék. A csapadék időbeli és térbeli eloszlása (általában a hőmérséklettel együtt) meghatározza az adott terület vegetációját, s ezen keresztül az állatvilágát is. Mennyisége és minősége egyaránt limitáló, szabályozó tényező.
A vízi élőlények számára a víz korlátlan mennyiségben rendelkezésre áll, itt a víz sókoncentrációja (sós- vagy édesvíz) és oxigéntartalma jelent korlátozó tényezőt.
Vízigény ill. szárazságtűrés alapján a növényeket a következőképpen csoportosíthatjuk:

- vízi növények (hínárok, békalencse)
- mocsári növények (nád, gyékény, mocsári gólyahír)
- közepes vízigényű növények (ibolya, hóvirág, árnyas erdők növényei)
- szárazságtűrő növények (pozsgások, fűfélék, keménylombú fafajok)
- sótűrő növények (sóvirág, kamilla, szikes puszták növényei)

A talaj- és a levegő nedvességtartalma is döntően meghatározó egy ökoszisztémában. A talaj nedvességtartalma a növények vízfelvételének és így táplálékhoz jutásának a fontos eleme. A levegő nedvességtartalma pedig a vízleadás képességét befolyásolja.

A csapadékon kívül a növények vízellátásában jelentős szerepe van a ködnek, harmatnak, amelyek képződése a levegő páratartalmától, a hőmérsékleti viszonyoktól és a növényzettől függ.

A hőmérséklet

Az élőlények növekedésében, elterjedésében meghatározó tényező lehet a hőmérséklet. Minden egyes anyagcsere- és életfolyamat zavartalan lefolyásához bizonyos mennyiségű hőenergia szükséges. Ezt a növények és a változó testhőmérsékletű állatok számára a környezet biztosítja. A bioszféra hőháztartásában igen jelentős szerepe van a légkörnek, amely a rövid hullámú sugárzást sokkal nagyobb mértékben átengedi, mint a hosszú hullámút. Nappali besugárzáskor (rövid hullám) a talaj felmelegszik, éjszaka viszont a nappal elnyelt hőmennyiség egy részét kisugározza (hosszú hullámú sugárzás), miközben maga lehűl. A visszasugárzott hőnek nagy részét a légkör szelektív elnyelőképessége következtében (felhőzet, CO_2, vízgőz miatt) visszatartja s ennek hatására felmelegszik, és hatalmas üvegházhoz hasonlóan működik. Ennek köszönhetjük Földünk felszínének - a többi ismert bolygóétól eltérő - kiegyenlített hőmérsékletét.

Az élővilág tagjainak hőigénye életük különböző fázisaiban eltérő, hőtűrőképességük pedig korlátozott. Vízi élőlények pl. 0 ^{o}C (édesvíz) és -2,5 ^{o}C (tengervíz) hőmérsékleti határt képesek elviselni. Vagyis a fagypont a határérték.
A melegvérű állatok testhőmérséklete állandó és így független a külső hőmérséklettől.

A hidegvérű állatok és a növények életfolyamatai is lelassulnak, ha 10 ^{o}C alá süllyed a környezeti hőmérséklet és a hüllők nem élik túl az 52 ^{o}C feletti hőmérsékletet.
Kevés élőlény képes 45 ^{o}C feletti hőmérsékletet hosszan elviselni.

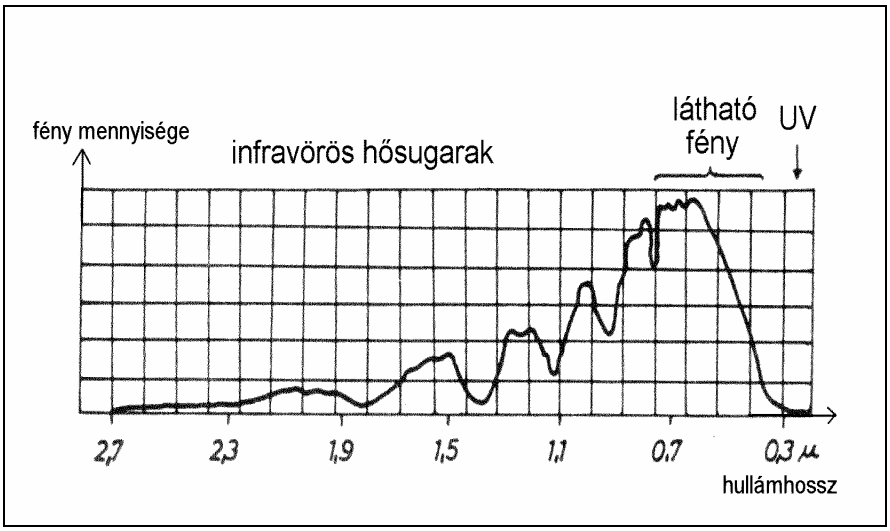
Egyes alga- és baktériumfajták viszont 80-88 ^{o}C hőfokú meleg források vizében is megtalálhatók.

A fény

Egyedüli természetes fényforrásunk a Nap. Hőhatás mellett fotokémiai átalakulásokat is létrehoz. Enélkül nem lehetséges a földi élet, hiszen a fotoszintézishez szükséges energiát ez szolgáltatja. A Föld légkörébe jutó sugárzásnak, ami 4,3 $J \cdot m^{-2}s^{-1}$ = 1,1 $cal \cdot m^{-2}s^{-1}$, csak alig több, mint a fele jut el a Föld felszínére, a többi elnyelődik ill. visszaverődik (1. ábra).

A Föld felszínére jutó fény intenzitása a beesés szögétől, légköri fényelnyeléstől és árnyékoló tényezőktől (pára, felhő, por, növénytakaró, stb.) függ. Az egész Földön (legalábbis bizonyos időszakokban) elegendő a fény valamilyen formájú és minőségű élet fenntartásához. A vízi élethez is szükséges a napfény. A víz felületéről általában a beeső fény 10 %-a verődik vissza, az elnyelődő 90 % a víz összetételétől, szennyezettségétől függően különböző mélységig (max. 150 m) hatol le.

. Napból eredő sugárzás
b. 40-45 % infravörös
b. 55 % látható fény
b. 1-5 % UV sugárzás
ormájában éri el a Földet.



(*Ká*

A levegő

A levegő az élőlényekre részben vegyi összetétele, részben áramlásai révén fejti ki hatását. A levegő kémiai összetétele viszonylag állandó. Összetevői közül elsősorban a széndioxid és az oxigén jelent ökológiai tényezőt.

A légmozgások, azaz a szél mechanikailag és élettanilag egyaránt kedvezőtlenül hathat az élőlényekre. A légrétegek keverésével csökkenti a levegő páratartalmát és fokozott párologtatásra, sőt szárazságtűrő „berendezések” kifejlesztésére ösztönzi a növényeket. Vihar esetén mechanikailag károsítja a fákat, gátolja a repülő állatok mozgását.
A laza alapkőzetű területeken eróziót okoz.
A levegő elektromossága villámok alakjában fákat hasít szét, erdőtüzeket okoz.
Kedvező hatásai is vannak. Szerepet játszik a beporzásban; elősegíti az élőlények elterjedését.
A tengeráramlatok fenntartásával a parti zónákból táplálékot szállít a tengeri állatok és növények részére, és szárazföldi porral trágyázza a tengert.

– **Oxigén (O_2)**

Az élőlény és környezete között végbemenő anyagcsere alapvető anyaga. A légzés és fotoszintézis nélkülözhetetlen eleme.
Az oxigén koncentrációjától függ, hogy meddig terjedhet az élet. Minden élőlénynek szüksége van rá, hogy a szerves tápanyagok energiatartalmát felszabadíthassa a segítségével. Az oxigén az atmoszférában 21%-ban van jelen, ingadozása elég kicsi, 1% körüli, földrajzi helytől függően. A magasság növekedésével ez a koncentráció csökken. A talajban 10% körüli, a vízben változó, sok tényezőtől (hőmérséklet, szervesanyag- tartalom, stb.) függ.

– **Széndioxid (CO_2)**

A széndioxid mint ökológiai tényező azért fontos, mert a fotoszintézis kiindulási anyaga. Élőlények légzésekor és szerves anyagok bomlásakor keletkezik. Levegőben kis mennyiségben 0,03 %-ban van jelen, a vízben kb. 150-szeres koncentrációban (tengervíz) található meg oldott formában ill. karbonátok és hidrokarbonátok alakjában.

A talaj

A talaj a földkéreg legkülső, mállott rétege, melynek legfontosabb tulajdonsága a termőképesség, vagyis a rajta ill. benne élő élőlényeket vízzel, tápanyagokkal és levegővel látja el. Kialakulásában az élőlények tevékenységének meghatározó szerepe van. Ebből következik, hogy kialakulása a szárazföldi élet megjelenésével indult el.
Azoknak a hatásoknak az összességét, amelyeket az élőlények fejtenek ki a talajjá alakítás során, biológiai mállásnak nevezzük (a talaj nitrogénben, tápelemekben és humuszvegyületekben való dúsítása). A humuszanyagok előnyösen befolyásolják a talajok szerkezetét és lassú bomlásuk során egyenletes tápanyagellátást biztosítanak a növények számára.

A domborzat (nem ökológiai tényező, de jelentősen módosíthatja az ökológiai tényezőket)

A Föld élővilága kezdettől fogva szétválaszthatatlanul kölcsönhatásban áll a földrajzi-domborzati viszonyokkal. A földfelszíni tényezők rendszerint nem közvetlenül, hanem közvetve, az éghajlati tényezők helyi megváltoztatásával, valamint a talajtani tényezők befolyásolásával hatnak az élővilágra. Ebbe a csoportba tartoznak a nagy domborzati tényezők (tengerszint feletti m.), valamint a kis domborzati tényezők (lejtőszög). A domborzat helyileg meghatározhatja a napsugárzás beesési szögét, s ezáltal a hő- és fényviszonyokat.

2.2.2. Biotikus ökológiai tényezők

k esetben az élettelen ológiai tényezők és az élő sulások közötti kapcsolat is et biotikus, különösen ha ttér-behatároló szerepe van. .: kevés a nyílt felszíni víz, az shoz jutás lehetősége gszabja az állatok élőhelyét, ímát).

Szervezetek kölcsönhatása

Megkülönböztethetünk egyes növényi vagy állati **populációk** és egyes **egyedek** közötti **kölcsönhatást**, valamint **állati populációk** és **növényi társulások** közti **kölcsönhatást**.

A különböző fajok kölcsönös kapcsolata lehet közömbös, hasznos, elengedhetetlen vagy káros egymás számára.

Antropogén tényező

Az ember kétféleképpen hat az élővilágra
– közvetve: a környezet fizikai, kémiai és biológiai feltételeit megváltoztatja
– közvetlenül: az élőlényekre gyakorolt hatásával (pl. erdőirtás, mezőgazdasági művelés, stb.)

2.2.3. Biotikus és abiotikus tényezők egymásra hatása

Míg viszonylag könnyen ki lehet választani a tényezők közül egyet, aminek változása szemléletesen megváltoztatja az élőlények életét, tudnunk kell azt, hogy sohasem működik egyetlen tényező **egyedül.** A végeredmény mindig különböző abiotikus és biotikus ökológiai tényezők bonyolult kölcsönhatásának a következménye. Minden ökoszisztéma (ezekről a későbbiekben lesz szó) ezeknek a bonyolult kölcsönhatásoknak köszönheti az egyensúlyát. Ebből következik, hogy egyetlen tényező megváltoztatása (legyen az élő vagy élettelen) beláthatatlan válaszreakciók sorozatát vonja maga után.

Nézzünk egy példát: Körülbel 10 000 éve egy igen jelent változás történt; az emb kitalálta a mezőgazdaságo Ezzel a folyamattal kiválaszto bizonyos növényeket, azokat vadon élő egyedekt elkülönítve, más, védettel feltételeket biztosítva elkezd termeszteni (víz, gyomnövény elleni védelem, mesterség tápanyag, trágyázás). A évezredek során rengete növény megváltozott az erede őséhez képest, noha alapvető termesztési eljárás változatlanok maradtak. mezőgazdaság kifejlesztésév az emberiség kialakította emberi ökoszisztémát, ar elkülönült a természetest Ezzel biztosítani tudta állandó élelem-utánpótlás ami maga után vonta munkaspecifikációt: volt a növényt termesztett, más véd a kialakult településeket st Lassacskán kialakult az emberi társadalom, amiben m is élünk.

A humán ökoszisztéma eltér a természetes ökoszisztémáktól a növekedés, terjedés, sokszorozódás kérdéseiben.

A természetes ökoszisztémák szabályozói: az élelem, víz, ragadozók, (paraziták, alkalmazkodóképesség) verseny.

Az ember túllép ezeken azzal, hogy
- fölöslegben termel élelmet (bár az elosztásával problémák vannak)
- vízgyűjtőket épít saját és gazdaságának szükségletére
- alkalmazkodni tudott az időjáráshoz (öltözés, fűtés, stb.)
- nincs csúcsragadozója, és a legtöbb betegséget le tudta győzni
- a többi élőlény alulmaradt a vele való versenyben.

Így nem használtuk a természetes szabályozókat a saját ökoszisztémánkra és a humán ökoszisztéma csak növekszik, terjed. A természetes ökoszisztémák rovására teremt magának egyre több és nagyobb teret. Talán nincs is olyan természetes ökoszisztéma a Földön, amit ne zavart volna meg bizonyos mértékben az emberi tevékenység, sok kis ökoszisztémát teljesen tönkre is tett.

***Csúcsragadozó**: a táplálkozá piramis legfelső szintjé csúcsán áll (a természet ökoszisztémákban általáb nagy testű ragadozó). A emberi ökoszisztémában ezt helyet az ember foglalja el. L későbbi fejezetek.*

Ezzel nem azt akartjuk sugallni, hogy a természet megismerése, használata nem fontos, vagy, hogy káros lenne. De tudni kell azt, hogy hova vezet az a folyamat amit elkezdtünk, az lesz-e az eredmény, amit el szeretnénk érni. Emlékezni kell arra a törvényszerűségre, hogy egyetlen ökológiai tényező kedvezőtlen megváltoztatása maga után vonja a láncreakciót.

2.3. Ökoszisztémák

A következőkben az ökoszisztémák fogalmával, működésével, egyensúlyuk fenntartásának feltételeivel ismerkedünk meg.

Mi az ökoszisztéma?

Az **ökoszisztéma** az élőlények, társulások (**biocönózis**) és élettelen környezetük, élőhelyük (**biotóp**) teljes kapcsolatrendszerét jelenti, amely bizonyos mértékig önszabályozó. (ld még 1. fejezet)

Az ökoszisztéma az ökológiai kutatás legkisebb egysége. (Pl. tavi, folyami ökoszisztéma, vagy erdei stb.)
Több ökoszisztéma **ökoszisztéma-komplexet** alkot, melyet közös eredet vagy hasonló dinamikus folyamatok kapcsolnak össze (pl. egy domboldal társulásai).
Több ökoszisztéma-komplex alkot egy **biomot**. Ezek egységes, kiterjedt életterek, az éghajlati övek által meghatározott zonobiomok alegységei.

A teljes zonobiom-sorozat alkotja a bioszférát.
Legjellemzőbb típusok:
- trópusi esőerdő
- szavanna
- sivatag
- mérsékelt övi erdő
- füves puszta
- tűlevelű erdő
- tundra

Trópusi esőerdő

Terület: Egyenlítő mentén
Éghajlat: Kiegyenlítetten magas hőmérséklet, kis hőingás jellemző. Az évi csapadékmennyiség 1500-5000 mm.
Növényzet: Rendkívül dús, fajokban gazdag. A fák örökzöldek, sok a fára felkúszó lián és a fánlakó növény (pl. orchideák).
Állatvilág: Jelentős részük a lombkoronaszintben él: bőgőmajmok, csuklyásmajmok, papagájok, kolibrik. Ragadozók: jaguár, párduc.
Talaj: laterit: humuszmentes, vasban és alumíniumban gazdag talaj.

Szavanna

Terület: Afrika, Dél-India
Éghajlat: Száraz és csapadékos időszak váltja egymást. A csapadékviszonyoktól függően erdős vagy füves szavanna alakul ki.
Növényzet: Fűfélék és más lágyszárúak uralkodnak. Jellemző fák: majomkenyérfa, akáciák. A túllegeltetés és a fák kiirtása miatt fennáll az elsivatagosodás veszélye.
Állatvilág: növényevő patások (antilop- és gazellafajok); ragadozók (oroszlán)
Talaj: humuszban gazdag vörösföld

Sivatag

Terület: A térítők táján alakulnak ki a leszálló, meleg légáramlás szárító hatására.
Éghajlat: Az évi középhőmérséklet 20 °C körüli, nagy a hőingás. Az évi csapadékmennyiség 250 mm-nél kevesebb, egyes helyeken évekig nem esik eső.
Növényzet: pozsgások (kaktusz), törpecserjék - ezek szára vízraktározó alapszövetben gazdag; párologtatásuk minimális
Állatvilág: szegényes; néhány rágcsáló- és hüllőfaj képes alkalmazkodni.
Talaj: sok helyen humuszmentes, köves homoktalaj

Mérsékelt övi erdő

Terület: Nyugat-Európa, Kelet-Ázsia, az Egyesült Államok keleti része
Éghajlat: Négy évszak váltakozik, az évi csapadékmennyiség 500 mm fölött van, ennek nagy része tavasszal hullik.
Növényzet: lombhullató fák (tölgy, juhar, bükk stb.), bokros aljnövényzet, zuzmók és mohák
Állatvilág: gazdag madárvilág (énekesmadarak); emlősök (őz, szarvas, vaddisznó); a rágcsálók közül gyakori a menyét; ízeltlábúak számos faja
Talaj: barna erdőtalaj

Füves puszta

Terület: Észak-Amerika középső része (préri), Oroszország (sztyepp), Dél-Amerika (pampa), Ausztrália
Éghajlat: Négy évszak váltakozik; az évi csapadékmennyiség 200-500 mm; a nyár száraz, meleg; a tél hideg.
Növényzet: pázsitfűfélék, liliomfélék
Állatvilág: patások, apró rágcsálók
Talaj: humuszban gazdag, mezőgazdasági művelésre kiválóan alkalmas

Tűlevelű erdő

Terület: Észak-Amerika, Európa és Ázsia északi része
Éghajlat: Négy évszak váltakozik; a nyár rövid, a tél hosszú és hideg. Az évi csapadékmennyiség 300-600 mm, nagy része hó formájában hullik.
Növényzet: Az erdőket 1-2 domináns faj jellemzi, Európában például luc- és erdeifenyő. Fejlett a mohaszint, sok a fán élő zuzmó.
Állatvilág: jávorszarvas, farkas, hiúz, barnamedve; nyáron nagy tömegben rajzanak a szúnyogok
Talaj: podzol: szürke színű, savanyú talaj

Tundra

Terület: az Északi sarkkör környéke
Éghajlat: hideg; az évi középhőmérséklet általában 0 °C alatt van; a csapadékmennyiség 200-400 mm

Növényzet: a délebbi részeken erdős tundra (nyír, fűz); északabbra gyepes tundra (mohák, zuzmók)
Állatvilág: Legjellemzőbb a rénszarvas, sarki róka, hóbagoly.
Talaj: Az északi részeken a mélyebb talajrétegek állandóan fagyottak.

Az ökoszisztémának nemcsak térbeli kiterjedése, hanem időbeli változása is van.

Azt a fejlődési folyamatot, amely az időben egymást követő biocönózisok (életközösségek) megjelenésében nyilvánul meg, **szukcessziónak** nevezzük.

A biocönózisok átalakulásával megváltozik a biotóp, és az új biotópon a korábbival összefüggő, de attól számos fajban különböző újabb biocönózis jelenik meg. Az egész fejlődési folyamat számos stádiumon át eljut az ún. **zárótársulásig** (klimax).
Ez a klimatikus viszonyokkal egyensúlyban van, stabil és relatíve állandó. A mi éghajlati viszonyaink közötti zárótársulás az erdő.

2.3.1. Az ökoszisztémák felépítése

Minden ökoszisztémában két alapvető tényezővel kell számolnunk:
- élőlények
- környezeti vagy ökológiai tényezők (ezekről az előzőekben volt szó)

Az ökoszisztémában élő élőlények összefoglaló neve: **biota**.
Bár az előbb felsorolt biomtípusok is mutatják az ökoszisztémák sokféleségét mégis alapvetően mindegyik hasonló felépítésű. Mindegyikben a következő alapvető típusú élőlények együttműködése a döntő:
- termelő (producens) szervezetek
- fogyasztók (konzumensek)
- lebontó (reducens) szervezetek

2.3.1.1. Az ökoszisztémák élőlényei

– **Termelők**

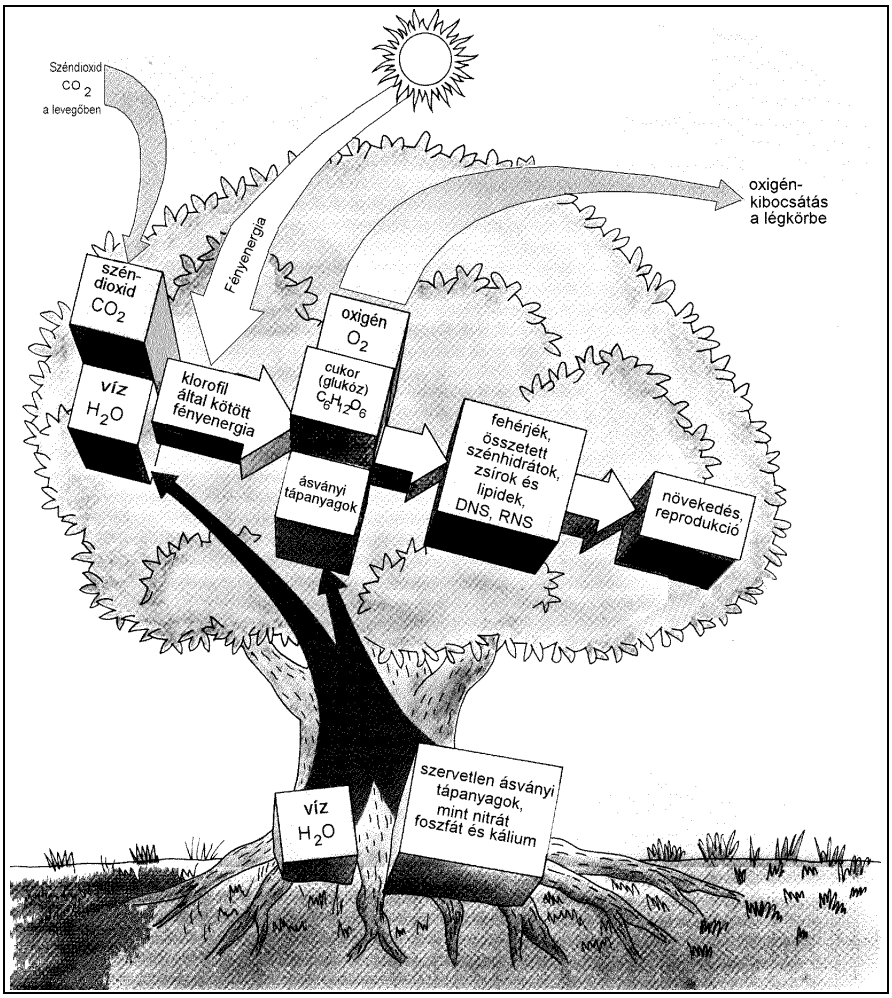
A termelők azok az élőlények, amelyek a szervetlen anyagból szerves anyagot képesek előállítani. Többnyire zöld növények, amelyek a fotoszintézist végzik.

A fotoszintézis az a folyamat, amelynek során a zöld növény a fény energiáját felhasználva **szervetlen** széndioxidból és vízből **szerves** vegyületeket (főleg különböző cukrokat) állít elő, miközben oxigént bocsát ki, mint a fotoszintézis melléktermékét.

A növények képesek az összes bonyolult szerves testépítő molekulát előállítani a talajból a víz segítségével felvett tápanyagok felhasználásával.

Az a molekula, amely fotoszintézishez szüksé fényenergiát tárolja, a z színű klorofil.

Nem minden növény producens, pl. az „Indian pipe" növénynek nincs klorofilja, így szerves anyag táplálkozik. Ugyanígy az öss gombafaj.



2. ábra
A producensek működése
(*Environmental Science* nyomán)

– **Fogyasztók**

Fantasztikus változatosságban fordulnak elő e típusú élőlények; a mikroszkopikus méretű baktériumtól a cápáig, a különböző protozoákon, gilisztákon, rovarokon, madarakon át az emlősökig, és maga az ember is konzumens.
Hogy egyszerűbb legyen megérteni az ökoszisztéma felépítését, a fogyasztókat további alcsoportokra oszthatjuk attól függően hogy honnan ered a táplálékuk.

– elsődleges fogyasztók: azon állatcsoportok, amelyek a termelőket fogyasztják **növényevők** (herbivorok)
– másodlagos fogyasztók: azok az élőlények, amelyek elsődleges fogyasztókon élnek **húsevők** (karnivorok)
– **mindenevők** (omnivorok) növényt és húst is esznek (pl. ember).
– **ragadozók** (predatorok): azok a húsevők, amelyek megtámadják és megölik áldozatukat, amit elfogyasztanak
– **élősködők** (paraziták): táplálékukhoz egy másik élőlényen élősködve jutnak anélkül, hogy a gazdaállatot / növényt megölnék.

– **Lebontók**

A lebontó szervezetek holt szerves anyaggal táplálkoznak. Ez lehet elhalt növény (pl. őszi erdő lombja) elhullt állat, vagy ürülék.
A lebontók táplálkozása nem a holt szerves anyag azonnali eltüntetésében nyilvánul meg, hanem ezeknek az anyagoknak a lebontásában (penészedés, rothadás, korhadás, mállás, mineralizáció) ami a gombáknak és baktériumoknak, mint a legfontosabb **lebontó szervezeteknek** köszönhető.

2.3.2. Táplálékszerzés az ökoszisztémán belül

Tápláléklánc, táplálékhálózat

Ha az ökoszisztémák szervezeti felépítését tárgyaljuk, nyilvánvalóvá válik, hogy a legfontosabb kapcsolat az ökoszisztémán belül a táplálékszerzési kapcsolat.

A populációkat összekapcsoló táplálékszerzési utak bonyolult szövevényét **táplálékhálózatnak** nevezzük, melyen belül az egyes populációk másokhoz kapcsolódhatnak.

A nem elágazó lineáris kapcsolatokat **táplálékláncnak** nevezik.
A kiindulási láncszemtől függően lehet:

– **növényevő** (herbivora) lánc:

élő növény → növényevő állat → növényevőt fogyasztó / ragadozó → ragadozót fogyasztó / ragadozó

Pl.: káposzta → káposztalepke hernyó → széncinege →vörösvércse

– **korhadékevő** (szaprofita) lánc:

elhalt növény→	korhadék-fogyasztó állat	→	korhadék-fogyasztó ragadozó	→	ragadozót fogyasztó ragadozó

Pl.: fakorhadék → földigiliszta → ragadozó százlábú → vakond

– **élősködő** (parazita) lánc:
élő v. elhalt növény → növényevő v. korhadékevő → élősködő → élősködőn élősködő

Pl.: fű → őz → kullancs → élősködő ostoros egysejtű

A táplálkozási láncok általában rövidek, legfeljebb 4-5 tagból állnak, melynek oka, hogy a táplálékkal felvehető energiának általában csak 10 %-a hasznosul a felvétel után, így a növények által termelt energiából a csúcsragadozóknál már csak 0,1 % a haszon. Ez az energiavesztés korlátozza a táplálékláncok hosszát.

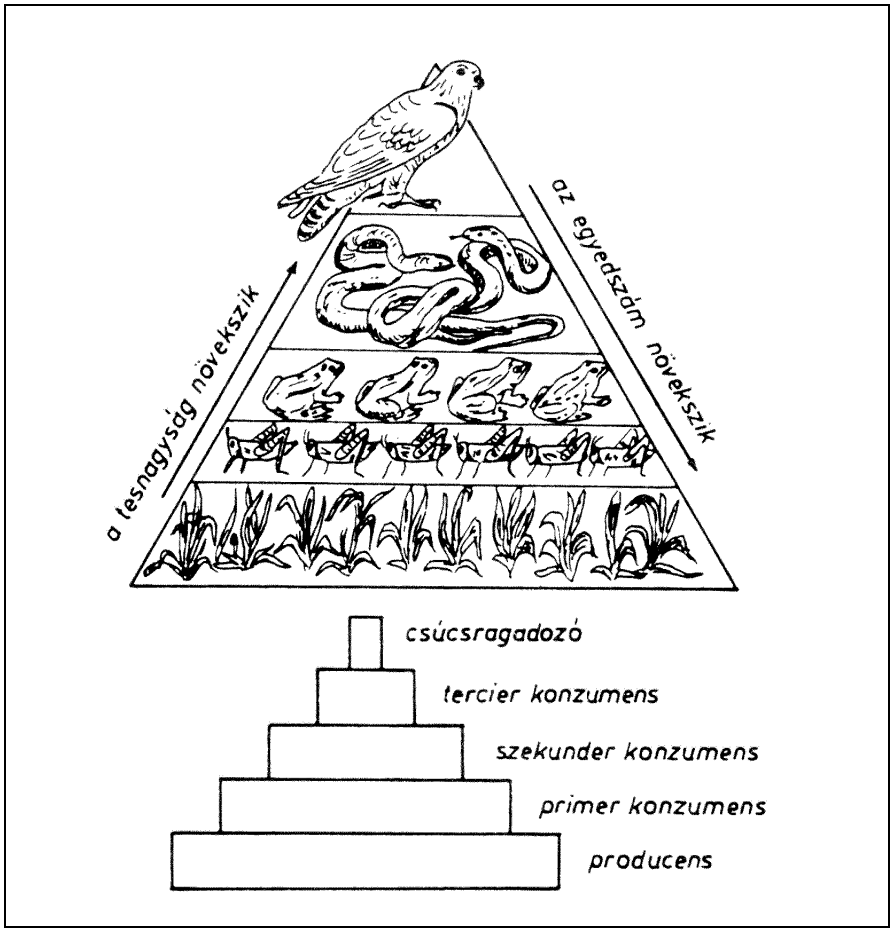
A táplálékláncok legtöbb esetben egymással összefüggő táplálékhálózatot alkotnak (trofikus szerkezet). Ennek oka, hogy a legtöbb állat több növény-, ill. állatfajt fogyaszt, illetve maga is több fajnak lehet a tápláléka, az egyes láncok elágaznak, egymásba kapcsolódnak.

Megfigyelhető, hogy az egyes trofikus szinteken egyre csökken a biomassza mennyisége.

Biomassza: az adott életközösségben a szárazföldön és vízben található élő és nemrég elhalt szervezetek összes testtömege. Mértékegysége t/km^2 , t/ha.

(Az ember testtömegét nem szokás a biomassza fogalmába becsülni.) A biomasszán belül a növények testtömegét **fitomasszának**, az állatokét **zoomasszának** nevezzük.

Amerikai adatok szerint a fotoszintézis során a növények a szárazföldeken és az óceánokban együttesen évente 100 x 10^9 tonna szerves anyagot produkálnak. (A Föld felszíne 511x10^6 km^2.)


a testnagyság növekszik
az egyedszám növekszik
csúcsragadozó
tercier konzumens
szekunder konzumens
primer konzumens
producens

3. ábra Elton féle piramis
(*Kárász Imre: Ökológiai és környezetvédelmi alapismeretek* nyomán)

A legalsó, elsődleges energiatermelési szinten van a legnagyobb számú élőlény, melyeknek egyúttal a biomasszája is a legnagyobb. A növényekkel táplálkozó szervezetek (másodlagos fogyasztók) száma és biomasszája kisebb, és ez a sor folytatódik. Ezeket a mennyiségeket életközösségenként (táplálkozási szintenként) ábrázolva számszerűen más és más, de alapjában hasonló felépítésű piramis nyerhető. Ez az ún. Elton- féle piramis. (3. ábra)

2.3.3. Nem táplálékszerzésen alapuló kapcsolatok az ökoszisztémán belül

A 2.3.2. pontban megismertük az ökoszisztéma táplálkozási hálózatán alapuló kapcsolatrendszerét. Ebben a rendszerben a táplálékszerzési kapcsolaton általában azt értjük, hogy az egyik faj a másik rovására jut előnyhöz (táplálékhoz). Azonban nagyon sok olyan eset van, amikor kölcsönös előny származik a fajok együttéléséből. Klasszikus példa az ilyen kapcsolatra a zuzmó.

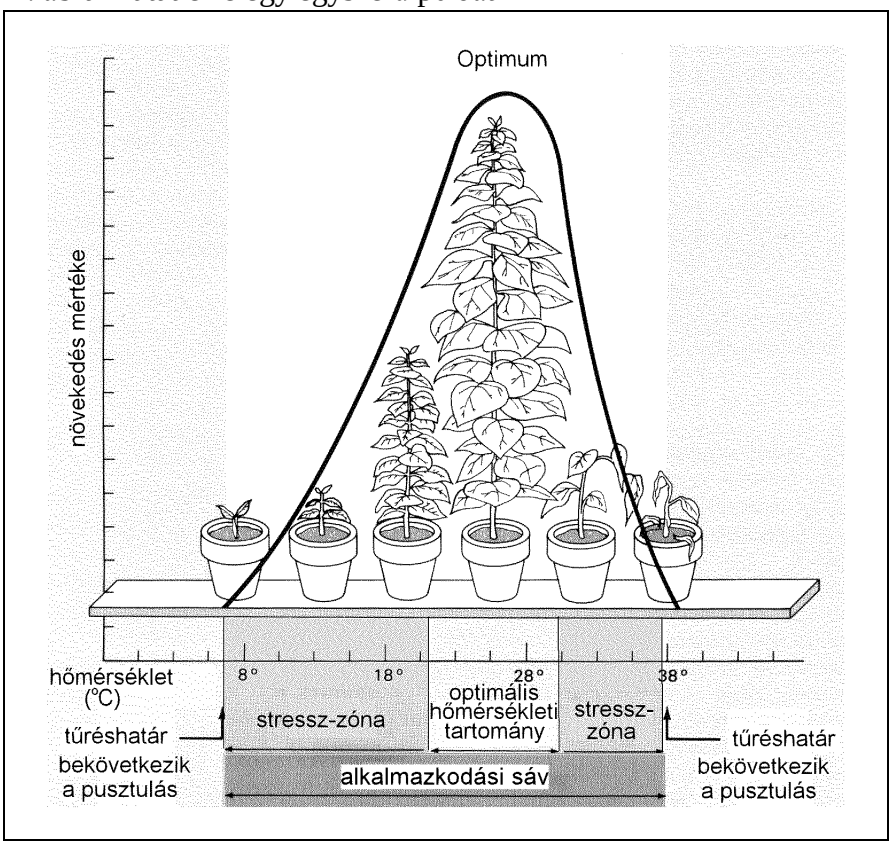
zuzmó gomba és egy algaféle vüttélésének az eredménye: a mba lehetővé teszi, hogy az ga a szárazságban is géljen, az alga, mivel oducens (termelő), a mbának tápanyaggal lgál.

Másik példa a kölcsönös haszonra a virágok és rovarok együttműködése.
E társulásokat **szimbiózisnak** hívjuk.

A rovar a virágból nektárhoz jut, miközben a növényeket beporozza és így megtermékenyíti.

2.3.4. Az ökoszisztémák terhelhetősége

Az ökoszisztéma terhelésén az ember által előidézett egy vagy több tényező hatását értjük, amely természetes körülmények között nem tartozik az ökológiai rendszerhez. Egy adott ökoszisztéma terhelhetőségének mértéke a terheléssel szembeni érzékenységétől és a regenerációs képességétől függ.
A 4. ábra mutat erre egy egyszerű példát



Ellenőrzött abiotikus feltételek mellett azonos növényeket neveltek csak egyetlen abiotikus tényezőt, a hőmérsékletet változtatva. Az eredmény azt mutatta, hogy ha a hőmérsékletet a növekedést gátló alacsony szintről növelni kezdték, a növények intenzíven növekedni kezdtek, míg elértek egy maximumot. Ha a hőmérsékletet tovább növelték, az a növényekre kedvezőtlen hatással volt, romlott az állapotuk, a betegség tüneteit mutatták, majd elpusztultak.

4. ábra
Az élőlények alkalmazkodóképessége
(*Environmental Science* nyomán)

Az ábrán láthatóan az a pont, amelynél a

kedvező hőmérséklet hatására az növények elérték a növekedési határt: az **optimum.** Valójában ez nem egy pont, hanem egy sáv: az **optimális hőmérsékleti tartomány.**
Az a hőmérsékleti tartomány, ami az ábrán a minimum és maximum hőmérsékleti pontok között húzódik: a **tűrési vagy alkalmazkodási sáv.** Az előbb említett minimum illetve maximum pontok az adott növény esetében a **tűréshatárt** jelölik. A **tűréshatárok** és az **optimális hőmérsékleti tartomány** közötti sávok a **stressz-zónák.**

Hasonló kísérleteket végeztek más környezeti tényező hatásának a megismerésére is, és az eredmények ugyanezt a jellegzetességet mutatták. Tehát minden élőlénynek (növénynek, állatnak egyaránt) minden környezeti tényezőt tekintve van egy optimuma, egy stressz zónája és tűréshatára. Ez azt jelenti, hogy minden faj esetében más-más értékeknél lesz a görbének maximumpontja. Ami pl. optimális víztartalom az egyik növény számára, a másik esetében már a tűrőképességi határt jelentheti. Vannak növények, amelyek nem viselik el a fagyot, mások, pl. a tajga élőlényei a -60 °C-ot is túlélik.

2.3.4.1. A limitáló tényező

Ha csak egyetlen ökológiai tényező is az optimális sávon kívüli értéket vesz fel, az az egész élőlény tűrőképességét meghatározza (akár pusztuláshoz is vezethet).

Az élőlények növekedését, szaporodását mindig az a tényető határozza meg, amelyik az adott ökoszisztémában csak minimális mértékben fordul elő. Ezt **limitáló tényezőnek** nevezzük.

Ez a törvény, amelyik a limitáló tényező növényre gyakorolt hatását írja le, a Liebig-féle **minimumtörvény.**

Az ökológiai tényezők, a limitáló faktor, a minimumtörvény ismerete alapján könnyű megérteni, hogy más-más területeken más-más ökoszisztémák alakulnak ki. Mindenütt azok a fajok lesznek túlsúlyban, amelyek optimális feltételeinek az adott földrajzi terület minden ökológiai tényezője a legjobban megfelel.

A **stabil ökoszisztémák** önszabályozó rendszerük következtében megújulásra, öntisztulásra képesek. Így meghatározott mértékű „szennyezést”; beavatkozást közömbösíteni tudnak, és a dinamikus egyensúlyi állapot fennmarad.
A **labilis ökoszisztémák** zavaró hatásra egyensúlyi helyzetükből könnyen kibillennek, normális működésük megszűnik, és elpusztulnak.
Nagyobb terhelés esetén az ökoszisztémák biológiai egyensúlya már irreverzibilisen (visszafordíthatatlanul) változik meg. Egy ökoszisztéma addig terhelhető, míg regenerációs képessége megvan.

*ökoszisztémák az ökológiai yezőkben bekövetkező ltozásokat folytonosan ászerveződő tközösségekkel igyekeznek vetni. Ez a folyamat a **ıkcesszió**. A szukcesszió lemzői a folyamatosan vekvő fajszám és a omassza növekvő nnyisége. A szukcesszió fejezése az igen stabil **ótársulás** (klimax). A mi matikus viszonyaink között ótársulás az **erdő**.*

Egy adott ökoszisztéma regenerációs és regulációs képessége annál nagyobb, minél közelebb van a zárótársuláshoz.

A reguláció (szabályozás) szempontjából három fő ökoszisztéma-típus létezik:

- **természetes** vagy önszabályozó ökoszisztéma: külső beavatkozástól mentes. A relatív állandóságot az ökoszisztémában végbemenő változások tartják fenn (természetvédelmi terület).
- **ember által szabályozott** ökoszisztéma. Az önszabályozó egyensúly megszűnt, és külső beavatkozás, emberi szabályozás szükséges az egyensúly fenntartásához (mezőgazdasági kultúrák).
- **mesterséges** ökoszisztéma. Az egykori természetes ökoszisztéma helyén az ember hozta létre. A rendszerek működéséhez szükséges energiát főleg fosszilis forrásokból fedezi (városok, iparvidék).

2.4. Produkcióbiológia

A **produkcióbiológia** az ökoszisztémák anyagforgalmát és energiaáramlását vizsgáló tudományág.

Kutatja az élő szervezet szervesanyag-termelésének környezeti feltételeit és fokozásának lehetőségeit. A következő fejezetekben azt vizsgáljuk meg, hogy a természetes ökoszisztémák hogyan tartják fenn magukat anélkül, hogy tápanyaghiánytól vagy a saját hulladékaik szennyezésétől szenvednének.
A későbbiek során látni fogjuk azt is, hogy mennyi környezeti probléma származik abból a próbálkozásunkból, hogy a mi humán ökoszisztémánkat ezekkel az elvekkel ellentétben működtessük.

2.4.1. Elemek, élet, szervezet és energia

Ahhoz, hogy megértsük azt, ahogyan az ökoszisztémák működnek, néhány alapvető kémiai elvnek az összegzésére szükségünk lesz. Ezek mind ismétlések, hiszen a kémia illetve a fizika tárgyakból az alapfogalmak már ismertek.

2.4.1.1. Az elemek összetétele élő és élettelen rendszerekben

Sok biológus és kémikus tanulmányozta már az élő anyagot, hogy megtalálja az „élet alapvető elemét”. Azonban nincs ilyen elem, molekula, szubsztancia. Szent-Györgyi Albert szavaival: *„Az élet önmagában egyáltalán nem létezik. Az életet legalább annyira nem tudjuk elkülöníteni az anyagtól, mint ahogy a mosolyt az ajkaktól.”*

Ugyanazok az elemek alkotják az élettelen dolgokat is, mint amik az élő szervezetekben találhatók. A természetben található mintegy 90 elem közül körülbelül 20 található az élő szervezetekben. Ezekről, illetve a természetben való előfordulási helyükről mutatunk egy táblázatot.

biogén elemek		**biológiailag fontos molekula vagy ion, amelyben az elem előfordul**		**előfordu-lási hely**		
elem	**vegyjel**	**név**	**képlet**	**L***	**V***	**K***
szén	C	széndioxid	CO_2	+	+	

hidrogén	H	víz	H_2O	+	+	+
oxigén	O	oxigéngáz	O_2	+	+	
		víz	H_2O	+	+	+
nitrogén	N	nitrogéngáz	N_2	+	+	
		ammónium-ion	NH_4^+	+	+	+
		nitrátion	NO_3^-		+	+
kén	S	szulfátion	SO_4^{2-}	+	+	+
foszfor	P	foszfátion	PO_4^{3-}		+	+
biogén elemek		**biológiailag fontos molekula vagy ion, amelyben az elem előfordul**		**előfordu-lási hely**		
elem	**vegyjel**	**név**	**képlet**	**L***	**V***	**K***
kálium	K	káliumion	K^+		+	+
kalcium	Ca	kalciumion	Ca^{2+}		+	+
magnézium	Mg	magnézium-ion	Mg^{2+}		+	+

1/a táblázat

nyomelemek		**biológiailag fontos molekula vagy ion, amelyben az elem előfordul**		**előfordu-lási hely**		
elem	**vegyjel**	**név**	**képlet**	**L***	**V***	**K***
vas	Fe	vasion	Fe^{2+}, Fe^{3+}		+	+
mangán	Mn	mangánion	Mn^{2+}		+	+
bór	B	bórion	B^+		+	+
cink	Zn	cinkion	Zn^{2+}		+	+
réz	Cu	rézion	Cu^{2+}		+	+
molibdén	Mo	molibdénion	Mo^{2+}		+	+
klór	Cl	kloridion	Cl^-		+	+

1/b táblázat

* L: levegőben
V: vízben oldva
K: kőzetben és talajalkotó ásványokban

A legjellemzőbbek ezek közül a szén (C), hidrogén (H), oxigén (O), nitrogén (N), foszfor (P) és a kén (S).

Az élő és élettelen szervezetek között **kémiailag** meghatározható különbség van, ez a molekulák összetettsége.
A levegőben, vízben, és ásványokban a molekulák viszonylag egyszerűek. A tiszta száraz levegő pl. néhány alapvető gáz molekuláinak (O_2, N_2, CO_2, Ar) egyszerű keveréke. Természetesen más gázok is jelen vannak, de ezek a döntőek biológiai szempontból.

A molekula egy kémiai egys
két vagy több at
összekapcsolódása révén
létre. Ez az anyag a
legkisebb egysége, amely
még ugyanolyan tulajdonsá
vannak, mint magának
anyagnak.

lán kissé zavaró tény ez után magyarázat után, hogy sok anyag és számtalan ember al gyártott termék szintén rbon-karbon kötésen alapul kémiailag szerves anyagnak inthető, noha az élethez, az tfolyamatokhoz nincs semmi ze. Ezért is kapta gkülönböztetésül a „mű" yag nevet.

Ezzel szemben az élő szervezet molekuláinak kémiai szerkezete sokkal bonyolultabb. Olyan összetett molekulák alkotják, mint a proteinek, szénhidrátok, zsírok, lipidek, cukrok és nukleinsavak, mint pl. a DNS (dezoxiribo-nukleinsav), az átörökítés alapvető molekulája. Ezek és egyéb molekulák, melyek felépítik az élő szervezet szöveteit, legnagyobbrészt szénatomok egymáshoz kapcsolódó láncolatából állnak, amikhez hidrogénatomok kapcsolódnak. Bizonyos egyéb elemek, mint az oxigén, nitrogén, foszfor, és kén szintén részt vehetnek a struktúrában, de a „kulcs" elem mindig a szén-szén ill. a szén-hidrogén kötés. Ezeknek a molekuláknak a szerkezete sok esetben bonyolult, némelyik milliónyi atomból épül fel, és a változatosságuk végtelen. Ezeket a karbon kötésen alapuló molekulákat **szerves molekuláknak** hívjuk, és az élő anyag jellemzői.

Összefoglalva tehát, élő és élettelen szervezetek ugyanazon atomokból épülnek fel. Az alapvető különbség az atomok molekulákba szerveződésében, annak bonyolultságában van.

Kémiai szinten a producensek alapvető életfolyamatai, mint a növekedés és a szaporodás nem jelentenek mást, mint a szén, hidrogén, oxigén és egyéb elemek felvételét a szervetlen környezetből, és ezek átalakítását komplex szerves molekulákká, amiknek a segítségével testépítő szövetek jönnek létre.

A konzumensek nem tesznek mást, mint a táplálékkal felvett molekulák kémiai átrendezését. Csak ebben az esetben a bonyolult szerves molekula alakul egyszerű szervetlenné. A cukorból CO_2 és víz lesz. Ezt a folyamatot **oxidációnak** hívjuk.

Azért a fent említett folyamatokban más is lejátszódik, nemcsak egyszerűen „molekula-átrendezés". A kémiai reakciókban energiamegkötés ill. -felszabadítás is jelen van.
Mint tudjuk, az energia munkavégző képességet jelent.
Két alapvető formája van:
- mozgási energia
- helyzeti energia

Sok kémiai vegyület (olaj, benzin) égés során felszabadítja a helyzeti energiáját (hővé, fénnyé) mozgási energiára. Ezekben az anyagokban meglévő helyzeti energiát **kémiai** energiának nevezzük.

A termodinamika tételeit ismerve tudjuk, hogy a helyzeti energiának a mozgási energiává való átalakulása során egy rész hőenergiává alakul, és a hő a hidegebb test felé áramlik, így az eredeti célt tekintve elvész.

Ezért tehát, ha egy rendszert működésben akarunk tartani, akkor folyamatos energia-utánpótlás szükséges.

2.4.1.2. Energia és a szerves anyag

Hogyan érvényesül az előző fejezetben ismertetett elv a szerves molekulák, élő szervezetek, ökoszisztémák esetében?

Mint már tudjuk, minden szerves molekula több, mint szén, hidrogén és egyéb atomok együttese. A szerves molekulák helyzeti energiát is „elraktároztak”. Ez nyilvánvalóvá válik egyszerűen annak a felismerésével, hogy elégethetők.
A hő és fény ennek a helyzeti energiának a mozgási, kinetikus energiává való átalakulását mutatja.

Azonban a szerves molekulák **helyzeti** energiája nem jöhetne létre a szervetlen atomokból, ha a kémiai reakció során nem lenne valamiféle **mozgásienergia**-bevitel. Ez az energia a mindig mindenütt rendelkezésre álló **napsugárzás**. A kémiai reakció, aminek során a szervetlen molekulákból szerves anyag képződik, a **fotoszintézis**.

2.4.1.3. Anyag- és energiacsere az élő szervezetekben

A producens növények fotoszintetizálással állítják elő a szerves anyagot. A reakció egyenlete:

A szervezetben létrejövő hasznos munkára felhasználható energiatöbblet az, ami kémiai energia formájában (helyzeti energia) megkötődik és egyéb energiaigényes folyamatok során felhasználható.

$6CO_2+6H_2O+$napfény+zöld növény$=C_6H_{12}O_6+6O_2+2850$ kJ/mol

A reakcióból láthatjuk, hogy a növény szervetlen anyagból szerves molekulát, **glukózt** készít, ez tárolja a helyzeti energiát kémiai kötések formájában. A reakcióhoz szükséges kinetikus energiát a napfényelnyelő pigmentek, a klorofilmolekulák biztosítják a növény számára.
A glukóznak két fontos funkciója van a növény életében:

Először: a növekedés alapanyagául, nyersanyagául szolgál. A glukózban megvan az a szénhidrogén, ami minden szerves molekulának az alapja, akár gyökeret, akár levelet vagy más szerveket kell létrehozni a növénynek. A többi ehhez szükséges elem, mint a nitrogén, foszfor, kálium, kalcium a növekedési folyamatban ehhez az alaphoz kötődik. Ezeket a "járulékos" elemeket a növény a talajból veszi fel.

Másodszor: a glukóz szolgáltatja a növény összes életfunkciójához szükséges energiát. Mint ahogyan a ház építéséhez nemcsak építőanyag kell, hanem munka is, a növénynek is ugyanúgy szüksége van energiára a növekedéshez (testépítéshez). Ahhoz is energia kell, hogy a növény felvehesse és szállítsa a tápanyagot. Ezek az életfunkciók a nap 24 órájában működnek, az ezekhez szükséges energiát a növény a glukózban elraktározott helyzeti energiából, energiaátalakítással, **sejtlégzéssel** nyeri. A legtöbb növény a glukózt keményítő formájában raktározza.
Mivel a Nap a legelérhetőbb energiaforrás a Földön, logikus, hogy minden növény ezt használja a fotoszintézis során, és így a legtöbb ökoszisztémában a fotoszintetizáló növények a producensek.
Van azonban néhány nagy helyzeti energiával rendelkező **szervetlen anyag** is, a legismertebb pl. a hidrogénszulfid (H_2S). Néhány baktérium képes lebontani ezt a molekulát, és az így felszabaduló energiát használja a szerves anyag előállítására (széndioxidból és vízből) a fotoszintetizáló növényekhez hasonlóan. Ezt a folyamatot **kemoszintézisnek** nevezzük. A mély óceáni rétegekben, ahol a H_2S elegendő mennyiségben van jelen, viszont a fény nem hatol le olyan mélységig, a kemoszintézisen alapuló ökoszisztémák léteznek.

A **konzumens** élőlények a táplálékként elfogyasztott szerves molekulák helyzeti energiáját alakítják át mozgási energiává, amire az életfolyamataikhoz szükségük van. Az átalakítás folyamatát itt is **sejtlégzésnek** nevezzük. Ez a fotoszintézis fordítottja.
A glukóz O_2 hatására felbomlik széndioxidra és vízre, eközben felszabadul az elraktározott 2850 kJ energia.

$$C_6 H_{12} O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6 H_2O - 2850 \text{ kJ/mol}$$

Azért nevezzük sejtlégzésnek, mert a test minden egyes sejtjében lejátszódik a következőképpen: a táplálék elfogyasztása után a gyomor megemészti, „felbontja” a táplálékként elfogyasztott keményítőt és más szénhidrátot, cukrot. A kis szerves egységeket, molekulákat a keringési rendszer az egyes sejtekig eljuttatja. Ugyanúgy eljut az oxigéngáz is a keringési rendszer útján a tüdőből ill. kopoltyúból az egyes sejtekhez. A lejátszódott reakció után a salakanyag (széndioxid) ugyanezen a rendszeren át távozik.

A korhadékevők és lebontó szervezetek

A korhadékevők holt szerves anyaggal táplálkoznak. Ezeknek ugyanúgy magas az energiatartalma, és így nagyon hasznosak az olyan élőlények számára, amelyek képesek megemészteni. Többnyire nagy a cellulóztartalmuk ezeknek az anyagoknak, és más konzumensek nem tudják megemészteni. Néhány gomba és baktériumfajta képes erre, és a szerves anyag elbomlása után (sejtlégzés) CO_2, H_2O és szervetlen nitrogén- és foszforvegyületek lesznek a végtermékek.

Olyan gombafajták is léteznek, amelyek oxigén jelenléte nélkül is képesek lebontani a szerves molekulákat, ezáltal jutnak energiához. Ebben az esetben a hulladék vagy végtermék C_2H_6O (alkohol) és CH_4 (metán), valamint ecetsav lesz.

2.5. Biogeológiai ciklusok

Az élőlények és környezetük között állandó anyagforgalom van. Az elemek a biogeológiai folyamatok során két körforgalomban vesznek részt:

- az ökoszisztémában
- a bioszférában

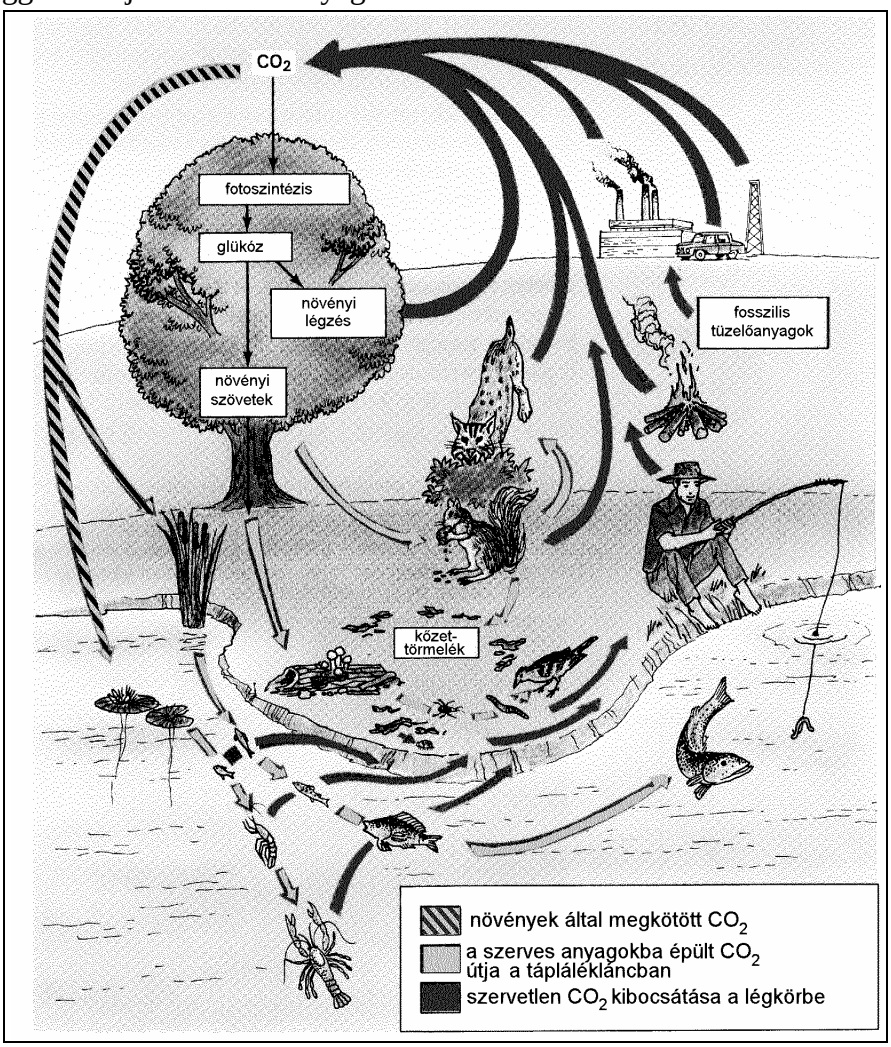
A bioszférában az elemek nagy biogeokémiai körforgása megy végbe, az ökoszisztémában pedig az ún. lokális körforgalom.
A ciklusok nem mindig szabályosak, sokszor hiányosak, egyes esetekben stagnálási pontjaik vannak, ahol az anyag felhalmozódik.
Az ember a biogeokémiai ciklusokban nagyon jelentős tényező. Hatással van az egyes ciklusokra az elemek elvételével (növénytermesztés, kaszálás, erdőirtás), visszapótlásával (trágyázás), a hidrológiai ciklus változtatásával (lecsapolás, öntözés), új vegyületeknek a bioszférába való bevitelével. A mezőgazdasági és ipari tevékenység a biokémiai elemek normális ciklusát nagymértékben módosítja. Alapvetően fontos tehát a különböző elemek biogeokémiai ciklusának ismerete, hogy előre figyelembe vehessük a különböző emberi beavatkozások következményeit.

2.5.1. A szén körfogása

Az élőlények egyetlen szénforrása az atmoszférában lévő vagy a vízben oldott széndioxid. A fotoszintézissel a növények állandóan lekötnek bizonyos mennyiségű CO_2-t a szerves molekulák és testanyagok előállításakor. A táplálékláncot követve ezek más élőlények testanyagának alapjául szolgálnak. Ld. 5. ábra.

Ha a CO_2 levegőbeli koncentrációja a normális érték (0,03 tf%) alá csökkenne, akkor a fotoszintézis lehetetlenné válna, és ezzel egyidejűleg az élet is megszűnne a Földön. Annak ellenére, hogy az élőlények nagy mennyiségű CO_2-t használnak fel, a gáznak az atmoszférában található mennyisége természetes körülmények között állandó. Ennek többek között -az az oka, hogy a szén egy részét az élőlények lélegzésükkel visszajuttatják az atmoszférába. Ez azonban egymagában nem lenne elegendő, hogy pótolja a fotoszintézissel beállt hiányt, mivel nagy mennyiségű szén marad vissza az elpusztult növényi és állati szervezetekben is. A bennük lévő szénmennyiség a lebontó szervezetek segítségével jut vissza a bioszférába. Bizonyos esetekben a szerves hulladék a talaj szintjén felhalmozódik, a mikroorganizmusok nem mineralizálják, hanem új szerves anyaggá alakítják át. Ez az anyag a humusz.

*A **humusz** szerves anyag, m a talajban és a talaj felszí felhalmozodó állati és növé maradványok összessége.*

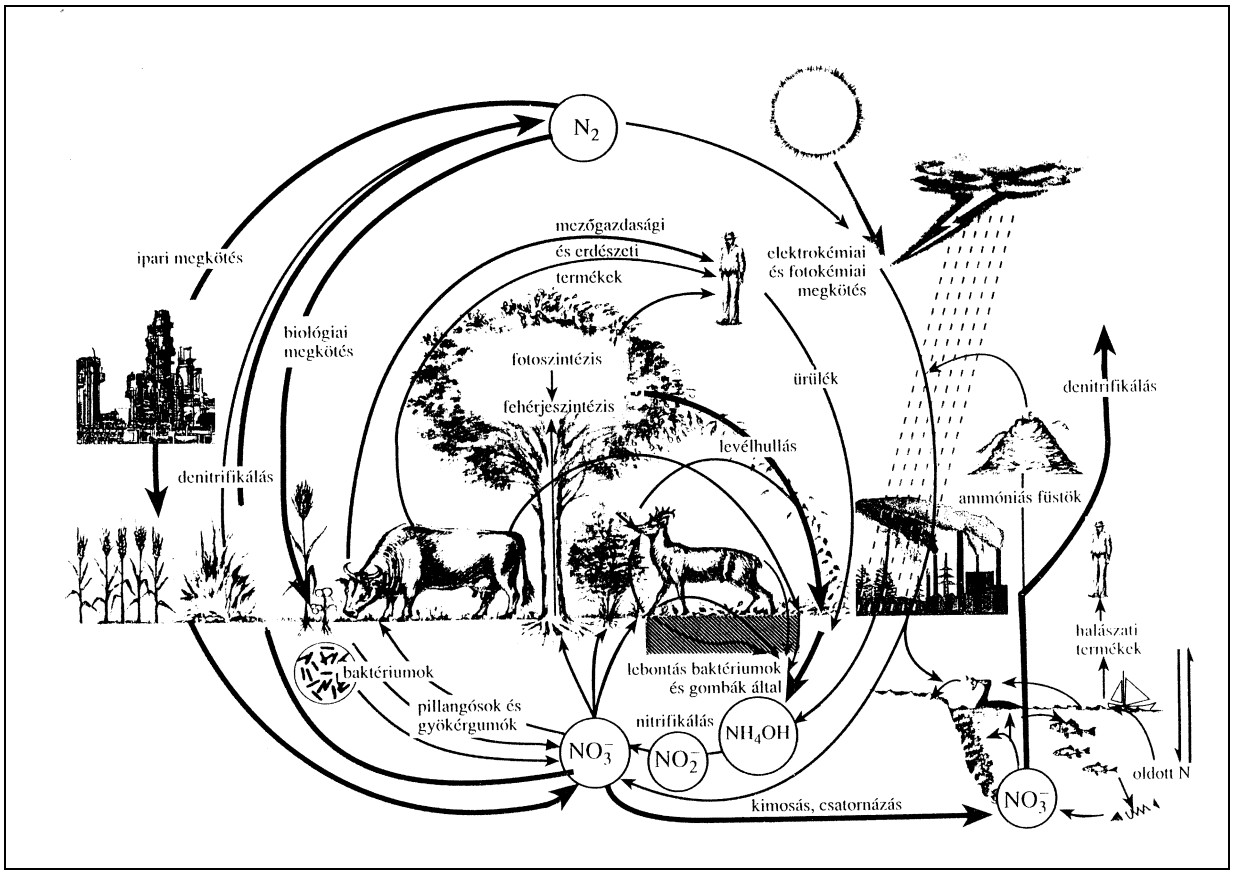


5. ábra A szén körforgása
(*Environmental Science* nyomán)

Néha a körforgás lelassul, vagy teljesen gátolt. Bizonyos környezeti feltételek mellett (kis pH érték, O_2 hiány) a lebontó lánc nem tud működni és a szerves hulladék tőzegként halmozódik fel. Ha ezek a feltételek hosszú ideig (geológiai korok) állnak fenn, akkor kőszén, kőolaj, földgáz formájában gyűlnek össze. Ezek az anyagok mindaddig kimaradnak a szén körforgásából, amíg a természeti erők vagy az ember a Föld felszínére nem juttatja, és fűtőanyagként használva CO_2 formájában ismét vissza nem kerül az atmoszférába.

Tengerekben a szén karbonát és hidrogénkarbonát formájában halmozódik fel és nagy víz alatti sziklákat alkot. Ez csak akkor jut vissza körforgásba, ha szárazra kerül, savas esővíz hatására kimosódik, és CO_2 formájában visszajut az atmoszférába.

2.5.2. A nitrogén körforgása



6. ábra A nitrogén körforgása
(*Moser Miklós-Pálmai György: A környezetvédelem alapjai* nyomán)

A nitrogén ciklus kissé bonyolultabb, mint a szén körforgása volt, mivel a nitrogén gáz és ásvány formájában is részt vesz a körforgásban (ez a szénre csak kismértékben jellemző). A nitrogén nélkülözhetetlen az élő szervezet számára, mivel a fehérjék, nukleinsavak és egyéb, élő szervezetekben előforduló vegyületek alkotórésze. Az ember és az állatok végső soron a növények által szerves anyagokba beépített nitrogént használják fel növényi táplálék alakjában vagy növényevő állatok húsának fogyasztásával.

A Földön a legfontosabb nitrogénforrás a levegő, melynek kb. 78%-a nitrogéngáz. A növények sajnos nem tudják közvetlenül az atmoszférából gáz formájában felvenni a nitrogént. Ásványi anyag formájában kell hogy legyen, például ammónium (NH_4^+) vagy nitrát (NO_3^-). Szerencsére néhány baktérium és bizonyos kék-zöld algák át tudják alakítani (redukálják) a nitrogéngázt ammóniává. Ezek közül a legfontosabbak a Rhizóbium fajok, amelyek a hüvelyesek gyökérgumóiban élnek. (A levegő nitrogénjének megkötésével állítják elő a nitrogénműtrágyát is.)
A keletkezett ammónia egy részét a **nitrifikáló baktériumok** nitritté (NO_2^-) vagy nitráttá (NO_3^-) oxidálják. A nitrátok még a gyökérben átalakulnak szerves nitrogénvegyületté, aminosavvá, fehérjévé. Az elfogyasztott táplálékból a fehérjék előbb más fehérjékké alakulnak

át, majd elhasználódva elbomlanak, és egyszerűbb nitrogéntartalmú vegyületek formájában mint salakanyag kiürülnek a szervezetből. Ez a talajba kerül, valamint itt keletkeznek az elhalt növények rothadásával a nitrogénvegyületekből az ammóniumsók is (ammonifikáció). Ezt a növények már újra hasznosítani tudják, így a körforgás biztosított.

A talajban keletkezett ammónia egy részét a denitrifikáló baktériumok gáz alakú nitrogénné redukálják, amely a levegőbe távozik komoly „veszteséget” okozva a talajnak.

Elektromos kisülések hatására a levegőben kis mennyiségű ammónia, salétromsav, salétromossav keletkezik, így a légköri csapadékkal valamennyi kötött nitrogén visszakerül a talajba.

A learatott terméssel a talaj nitrogéntartalma csökken. Ezt nem tudják pótolni a légköri csapadékkal bejutó szervetlen nitrogénvegyületek. (A pillangósvirágú növények nem okoznak a talajban nitrogénveszteséget a fent említett tulajdonságok miatt.)
A mélytengeri üledékekben felhalmozódott szerves anyag nitrogén- tartalma hosszú időre kikerül a körforgásból.
A nitrogén körforgásban az ember tevékenysége is egyre jelentősebb.
Tényezői:
- ipari mértékben végzi a levegő nitrogénjének megkötését
- technológiai nitrogéngáz kibocsátása a levegőbe

Ezeknek következtében nő a talajvíz és felszíni vizek nitrát- és nitrittartalma, ami az emberre káros hatással van.

2.5.3. A foszfor körforgása

A foszfor a gének alkotóeleme és nélkülözhetetlen az élő sejtek közötti energiaszállító molekulákhoz.
Sok kőzet és ásvány tartalmaz szervetlen foszfátiont (PO_4^{3-}).
A foszfát jól oldódik a vízben, de nem jut ki a levegőbe.
A növények tehát a talajból és vízből tudják felvenni oldott állapotban a foszfátiont és beépítik szerves molekuláikba. A növényi és állati szervezetek pusztulásával illetve a sejtlégzés során is visszakerül a foszfor a szervetlen világba, ahonnan ismét új körforgásba kapcsolódik. (Ld. 7. ábra.)

7. ábra A foszfor körforgása
(*Environmental Scince* nyomán)

Miután a foszfátnak nincs gáz fázisa, nehezen pótolható a körforgásban. Bejut a vízfolyásokba, ahol táplálékdúsulást eredményezve felboríthatja az ökoszisztéma egyensúlyát (ld. később **eutrofizáció)**
Tehát a foszfor csak akkor kerül vissza egy ökoszisztémán belül a körforgásba, ha a hulladék anyagokat ott használjuk fel, ahonnan eredetileg is származnak. A természetes ökoszisztémákban ez így is történik. A humán ökoszisztémákban pl. a gabonafélék termesztése során ez persze nem teljesülhet, hiszen aratás után más területre, a felhasználókhoz visszük a megtermelt tápanyagot.

2.5.4. Biogén elemek körforgása

Biogén elemeknek nevezzük az élő szervezetek számára nélkülözhetetlen makro- és mikroelemeket.
A zöld növények a testük felépítéséhez szükséges anyagokat 95 %-ban szén-dioxidból és vízből, a fennmaradó kisebb részt pedig a talajban oldott **sók ionjaiból** veszik fel.
A növény sóösszetétele eltér a talaj sóösszetételétől, tehát a növény „válogat” a rendelkezésre álló tápanyagokban.

Mint az előző fejezetekben arról már szó volt, az élő szervezetekben mintegy 20 olyan elem van, ami nélkülözhetetlen. A 0,1%-nál nagyobb mennyiségben előfordulókat **makroelemeknek**, az ennél kisebb mennyiségben jelenlévőket **mikroelemeknek** nevezzük.

Pl.: makroelemek: (C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg, Na)
mikroelemek: (Mn, Zn, Cu, Mo, Co) stb.

Ezen kívül még számos olyan szervetlen elem van, amelyik a növényi testbe jutva az életfolyamatot serkenti, de hiánya nem okoz fejlődési zavart.
A biogén elemek körforgása a foszforéhoz hasonló, tehát hosszabb-rövidebb időre kikerülhetnek a körforgásból.
Az emberi tevékenység hatására az ökoszisztémák körforgalmába a természeteshez képest nagy mennyiségben kerülhetnek olyan elemek, vegyületek, amelyek az élő szervezetekben felhalmozódhatnak, és sokszor végzetes hatásúak lehetnek (DDT, nehézfémek).

Nehézfémeknek nevezzük a 4,6 g/cm^3 feletti sűrűségű fémeket, amelyek a litoszféra természetes alkotókövei. A nehézfémek közöt létfontosságú nyomelemek is vannak (ld. 4. fejezet), mennyiségüktől függően azonban mérgezést is kiválthatnak. Ebből a szempontból a legveszélyesebb nehézfémek a higany (Hg), az ólom (Pb) és a kadmium (Cd).

2.6. Az energia útja

Az ökoszisztémán belüli energiaáramlás (mint az ismert világegyetemben mindenütt) a termodinamika törvényei szerint megy végbe. **Az ökoszisztémák alapvetően energia-átalakító rendszerek.**
Az anyag körforgása, ahogy a 2.5. fejezetben láttuk, tipikusan zárt körforgás. Egyazon atomok számtalanszor vesznek részt a körforgások változásaiban. Ehhez a körforgáshoz nincs szükség újabb anyagra, mert a ciklus folyamán ugyanaz az anyag marad meg, csak az alakját változtatja. Ez a körforgás lényege, amelynek fenntartásához energia szükséges. A Nap sugárzó energiája a fotoszintézis során átalakul kémiai energiává ami „elraktározódik”. Amikor a növényi részeket a baktériumok elbontják, vagy amikor az állatok növénnyel táplálkoznak, ezek a szerves vegyületek oxidálódnak, közben ugyanannyi energia szabadul fel, mint amennyire a szintézishez szükség volt. Az energia hőenergiává alakuló része eloszlik, újbóli kihasználása lehetetlen. A tárolt energia mennyisége tovább csökken, amikor a növényevő állatok áldozatul esnek a húsevőknek. A növényekből nyert szerves anyagok tovább oxidálódnak, míg végül a fotoszintézissel abszorbeált összes energia a különböző trofikus szinteken hőenergiává alakul és távozik a kozmikus térbe.

Az ökoszisztémán belül tehát az anyag- és az energia-körforgás különbözik egymástól. Az ökoszisztéma működésének alapvető feltétele, kulcspontja az energia-utánpótlás. Tehát az ökoszisztémákat a szoláris energia tartja fenn, ami
- bőséges
- nem szennyező
- viszonylag állandó
- kifogyhatatlan (legalábbis emberi léptékkel mérve).

Nézzük végig ennek a fontos kijelentésnek minden állítását:

- **bőséges:** a növények kb. 0,5%-át hasznosítják a Földre jutó napsugárzásnak. Mivel a Földön a legtöbb energiaátalakítás hőenergia nyerés útján történik, ha az emberiség a Nap energiáját tudná hasznosítani ipari célokra, sokkal kevésbé változtatná meg a bioszféra dinamikáját.

- **nem szennyező:** a napenergiát eredményező nukleáris folyamatok a Napban mennek végbe ami Földünktől 150 millió km távolságra van. A napenergia tiszta energia, nincs szennyező melléktermék, mint a fosszilis energiahordozóknak vagy a földi atomenergiának.

- **állandó:** a napenergia mindig, minden mennyiségben és ingyen elérhető. Nem lehet politikai embargó tárgya. Bár diffúz forrás és így koncentrálni kell, de ez a hátránya előbb-utóbb legyőzhető.

– **kifogyhatatlan:** a csillagászok azt állítják, hogy még évmilliárdokig „élni” fog a Nap. Ennek a mi időintervallumunkban nincs is jelentősége. Ha megfontoljuk azt, hogy az ember az első kezdeti jeleket számítva csak mintegy 500 ezer éve él a Földön, még kb. 99,9%-nyi időnk hátravan.

A 2.3.2. fejezetben már szó volt a biomassza trofikus szintenként csökkenő mennyiségéről. Az energiaáramlás tárgyalásával ez is könnyen megérthető. **Akkor, amikor a fogyasztó szervezetek a táplálékuk egy részét energianyerésre fordítják, a teljes biomassza azzal a résszel kevesebb lesz.**

Két fontos tényező játszik még ebben a kérdésben szerepet.

Először: minden populációt egy adott biomasszának tekinthetünk (az összes élő szervezet együttes tömege), amihez évente adódik a növekedés és szaporulat, valamint levonódik az elhullással távozó biomassza. A stabil ökoszisztémában a biomassza tömege állandó. Ez úgy lehetséges, hogy a növényevők nem esznek többet, mint a termelő szervezetek éves terméke. Ha többet ennének (túllegeltetés), kimerítenék a termelők készletét.

Másodszor:
A táplálék egy jelentős része nem emésztődik meg, csak áthalad az emésztőrendszeren és hulladék lesz belőle.
Ha ezt a két tényezőt egybevetjük az első álltással, ami szerint az elfogyasztott táplálék nagyobbik része lebontódik, hogy energiát kapjon az élőlény, mindjárt érthető, hogy miért van sokkal kevesebb növényevő, mint növény.
Nem tartható fenn nagy mennyiségű biomassza a tápláléklánc végén.

2.7. Az emberi tevékenység hatása az ökoszisztémára

Amint azt a 2.2.3. fejezetben írtuk, fordulópontot jelentett az ember számára az, amikor felfedezte a földművelést.
Mind a mai napig nagyon sikeresek voltunk a tápláléklánc építésében és kiterjesztésében, aminek eredményeként az emberi populáció rövid idő alatt virágzásnak indult. Eközben nem vettünk tudomást az egyéb olyan elvekről, amik képesek hosszú távon egyensúlyban tartani egy természetes ökoszisztémát.

Az, hogy ma a környezetvédelmi problémák széles skálájával nézünk szembe, ennek a „figyelmetlenségünknek” a következménye.

Vegyük csak sorra ezeket!

Első elv

A természetes ökoszisztémák hasznot húznak a rendelkezésre álló forrásokból és még a hulladékból is, mivel minden elem körforgásban van az ökoszisztémában.

Noha az anyagmegmaradás törvényét már több mint 200 éve ismerjük, még mindig úgy viselkedünk (úgy működtetjük a saját ökoszisztémánkat), mintha az elemek folyamatosan keletkeznének az egyik helyen, és eltűnnének szemünk elől (de még a tudatunkból is!) a másik ponton.

Ha nincs megoldva a termelésbe való visszaforgatás (recycling) akkor egyrészt kimerülnek a nyersanyagforrásaink, másrészt a végponton megjelenik a szennyezés (az anyagfeldúsulás).

Második elv

A természetes ökoszisztémák folyamatainak fenntartása a Nap energiájának segítségével történik, amiről már tudjuk, hogy tiszta energia, elegendő mennyiségben, elegendő ideig, állandóan rendelkezésünkre áll.

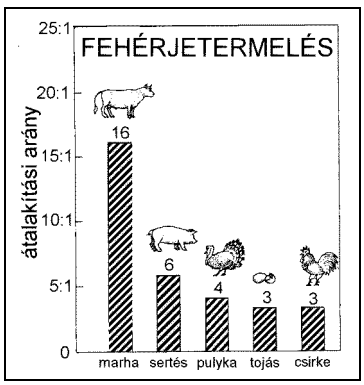
Az ipari forradalomig az emberek a saját munkájukat állati erővel, a szél és a víz erejével váltották ki.
Ezek mind a napenergia indirekt forrásai.
Csak az utolsó 250 évben használjuk a kőolajat, fosszilis energiahordozókat. E rövid idő alatt közel jutottunk a kimerülésük határához. Továbbá azzal, hogy ezeket az anyagokat elégetjük, nagyon sok környezeti szennyezés forrását teremtjük meg.
A nukleáris energián alapuló erőművek, amiket az utóbbi 50 évben fejlesztettünk ki, szintén nem oldják meg ezt a gondot.
Az sajnos nyilvánvaló, hogy a nem szoláris energiák **nem megújítható energiaforrásokból** nyerhetők.

Harmadik elv:

Nagy tömegű biomassza nem tartható el a táplálékklánc végén.

Az emberi populáció nagyon gyorsan nőtt az utóbbi 100 évben és ez folytatódik majdnem 90 millió fővel évente.
Az emberek nagy százaléka, főleg a fejlett országokban, nagyobbrészt húsevő, és a táplálékklánc végén áll. Mivel kb. 10 ill. 20-szoros elfogyasztott gabonamennyiség tud „kitermelni” 1 kg húst, így elég nagy többletterhelést ró a mezőgazdaságra. Ld. 8. ábra.

Ebből magától értetődően adódik a új következtetés. **Fenntartható fejlődés** csak a megújuló források használatával, a hulladék anyagok visszaforgatásával ill. újrahasznosításával, egy teljes anyag- és energia-körforgalomban képzelhető el. Minél távolabb kerülünk ezektől az elvektől a minden társadalom által vágyott **fejlődés** érdekében, annál kevésbé lesz a működésünk **fenntartható**. A következő fejezetekben az emberi tevékenységek következtében a legáltalánosabban jelentkező, és az alapvető ökoszisztémákat érintő zavarokról lesz szó.



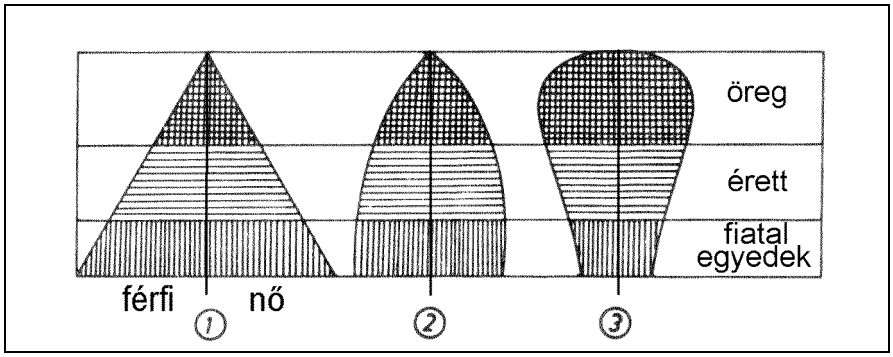
8. ábra Fehérjetermelés
(*Environmental Scince* nyomán)

3. A túlnépesedés

Egy természetes ökoszisztéma akkor stabil, ha a populációja közel állandó.

Populáció: egy faj meghatározott térben együttélő, tényleges szaporodási közösséget képező egyedei.

A 9. ábrán a tipikus populáció-életfákat látjuk, amelyek az adott populáció koreloszlását mutatják meg. A piramis alak növekvő népességet, a harang alak stagnáló népességet, míg az urna alak csökkenő népességű populációt jelent.



9. ábra Populáció-életfák
(*Kárász Imre: Ökológiai és környeezetvédelmi alapismeretek* nyomán)

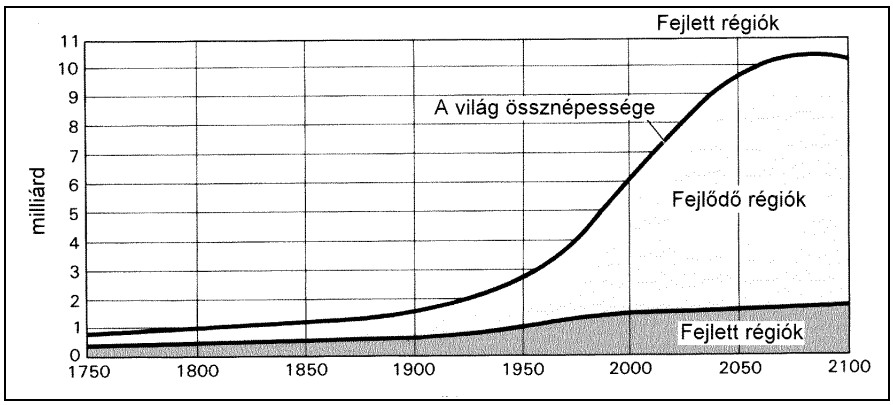
A dinamikus egyensúlyt az ökoszisztémában az élőlények életképessége (szaporodási ráta, túlélési képesség) és a vele szemben működő környezeti ellenállás (limitáló faktorok, mint tápanyaghiány, ragadozók, betegség) hozza létre.

Ha ez az egyensúly megbomlik, az az ökoszisztéma változásához vezet. Ha ez a változás természetes, akkor lépésről lépésre megy végbe rendkívül lassan, és ekkor beszélünk **szukcesszióról.**

Az ember közreműködésével rövid távú változások mennek végbe, amik az eredeti **ökoszisztéma összeomlásához** vezetnek.
Mi a helyzet az emberi ökoszisztémában?
A gyűjtögető, vadászó őseink idején a szabályozás ugyanúgy működött, mint az állati ökoszisztémákban. A mezőgazdaság bevezetésével a környezeti ellenállást lecsökkentettük, miközben a népesség növekedni kezdett, de még járványok tizedelték, valamint nagy volt a csecsemőhalandóság. Az 1800-as években a védőoltások bevezetésével ellenőrzésünk alá vontuk a legtöbb fertőző betegséget, így a népesség rohamos növekedésnek indult és ez még ma is tart.

Érdekes elgondolkodni azon, hogy addig az időpontig, amikor Julius Caesar átkelt a Rubicon folyón, hogy megváltoztathassa a saját és a világ sorsát, a világon kb. 250 millió ember élt. Majd az Amerika felfedezéséig eltelt kb. 1500 évben ez a szám megkétszereződött. Századunk közepére, a II. Világháború végére a Föld lakossága meghaladta a 2 milliárdot. Vagyis az ember földi megjelenésétől 1945-ig több, mint 10 000 emberöltő kellett ahhoz, hogy a világ népessége elérje a 2 milliárdot. A becslések szerint 2050-re 8-9 milliárdra növekszik a Föld lakossága. Tehát egyetlen emberöltő alatt fog megnégyszereződni!

Ha a Föld népességnövekedését összehasonlítjuk a baktériumoknak tápanyaggal teli Petri-csészében - vagyis korlátozott méretű élettérben - való növekedésével, rádöbbenünk, hogy a gyors szaporodásnak köszönhető növekedés nem tartható fenn huzamosabb ideig. A szükséges nyersanyag- és energiaforrások felhasználása után a közösség a saját hulladékába "fulladva" előbb stagnál, majd összeomlik. A különbség az, hogy a baktériumkultúra nem tudja magát kontrollálni, és nem lehet felelős a saját pusztulásáért.



10. ábra A Föld népességének alakulása
((*Environmental Scince* nyomán)

3.1. A túlnépesedés veszélyei

Az alapelveket tekintve az emberi populáció is ugyanolyan törvényszerűségek szerint változott, mint minden más: a kedvező tényezők népességrobbanásához vezettek. Ami azonban a természetes ökoszisztémáktól eltér, az az, hogy a környezeti rezisztencia lecsökkenését saját magunk manipuláltuk! Azzal, hogy az egyensúlyt biztosító tényezőt megváltoztattuk, elértük, hogy más természeti egyensúlyt is megbontsunk.

Ezek közül az egyik a **biodiverzitás** veszélyeztetése az emberi gazdálkodás révén (erdőgazdálkodás, mezőgazdaság, halászat, stb.).

A **biodiverzitás** az élővilág hierarchikus szintjeinek a sokfélesége, és mint ilyen, nagyon fontos tényező az ökoszisztéma egyensúlyának fenntartásában.

A természetvédelemről szóló fejezetben lesz róla bővebben szó.

Vegyük sorra azokat az emberi tevékenységeket, amelyek a bioszféra diverzitását veszélyeztetik, és már sok faj eltűnéséhez vezettek:

- a természetes ökoszisztémák nagyléptékű lerombolása az emberi fejlődés érdekében (erdőirtás mezőgazdasági művelés céljára, vagy településfejlesztési célokra)
- vízszabályozások, duzzasztások (egyes területek kiszárítása mások elárasztása vízzel)
- szennyezőanyagok kibocsátása levegőbe, vízbe, talajba
- szándékos és nem szándékolt új egyedek bevezetése más ökoszisztémákba
- túllegeltetés háziállatok révén, erdőirtás tüzelőanyag megszerzéséért
- ragadozók szándékos irtása
- vegyszeres védekezés kártevők ellen (áttekinthetetlen mellékhatásokkal)
- túlzott mértékű vadászat, fakitermelés, halászat, növénybegyűjtés sport ill. profit céljából.

Tehát mindezek a tevékenységek a populációk csökkenését ill. egyes fajok eltűnését okozzák a természetes ökoszisztémákban, így a biodiverzitást csökkentik. Maga az emberi ökoszisztéma rendkívüli módon egysíkú. Táplálékunk több, mint 80 %-a pár alapvető növényre épül: gabona, rizs, szójabab, cukornád ill. cukorrépa stb. Mindezeket **monokultúrákban termesztjük.** Ez ugyanis előnyös a vetés, megművelés, betakarítás és terméshozam szempontjából. De emlékeznünk kell arra az elvre, hogy a **fajok diverzitása az ökoszisztéma stabilitásának az alapja.**

*A világ mezőgazdasága egy nagyon is **instabil rendszer.** A gabonafajtákat állandóan fel kell „frissíteni", keresztezni kell vadon élő fajokkal, hogy az életképességüket fenn lehessen tartani. Ugyanilyen célból millió tonnányi vegyszert használnak el a kártevők ellen.*

Az emberi ökoszisztéma a Föld ökoszisztémáinak sorában nagyon fiatal. Ha az eonok helyett (1 eon = 1 milliárd év), amikkel a Föld geológiai történéseit szoktuk mérni, most egy évbe próbáljuk összesűríteni az eseményeket az élet megjelenésétől az ember megjelenésén át korunkig, azt mondhatjuk, hogy január 1-jén jelentek meg a szerves molekulák és kb. december 31-én d.u. 4 órakor jelent meg az ember a Földön. A mezőgazdaságot éjfél előtt 2 perccel fedeztük fel, és az ipari forradalom 2 másodperccel ezelőtt történt. Visszatekintve vajon a halak, szárazföldi állatok, madarak, emlősök megjelenése után elértük-e az emberrel az evolúció végét? Biztosan nem. Éppen ellenkezőleg, ez a visszatekintés meggyőzhet minket arról, hogy újabb és újabb fajok megjelenése és mások eltűnése a természet rendje szerint való és folyamatos. **Az egyetlen tényező, ami meghatározza egy faj hosszú életét a Földön, az a stabil egyensúly fenntartása más élőlényekkel egy ökoszisztémán belül, ami - mint már tudjuk - hatékony tápanyag- és energia-körforgást kell, hogy jelentsen.**

3.2. A túlnépesedés és egyéb tényezők összefüggései

Az emberiség környezetére gyakorolt hatása azonban nem csak a népesség **létszámán** múlik. Nagyon fontos tényező az **életstílus** is. Az anyagi javak halmozása, az energia túlzott mértékű felhasználása vezet a „throw-away society"-hoz a „használd és dobd el" társadalomhoz, és így a rengeteg hulladékhoz és környezetszennyezéshez. A harmadik fontos tényező az **ökológiai szemléletmód.** A három összetevő **együttes** hatásán van a hangsúly. Hiába a természetközeli életvitel, ha nem társul ökológiai szemlélettel, sokkal kedvezőtlenebb hatással van a természetre, mint a modern városi civilizációk, hiszen a városi élet bizony gyakran energia- és erőforrás-takarékosabb, mint a kertvárosi családi házas életmód. A három tényező kölcsönhatására érvényes összefüggés:

$$\text{környezetre gyakorolt hatás} = \frac{\text{népesség x életstílus}}{\text{ökológiai szemléletmód}}$$

Nincs értelme arról vitázni, hogy hány embert tud eltartani a Föld, ha egyúttal nem vesszük figyelembe az emberek életstílusát és környezethez való viszonyát.

Mindezekkel számolva végül is két alapvető népességgel összefüggő probléma marad:

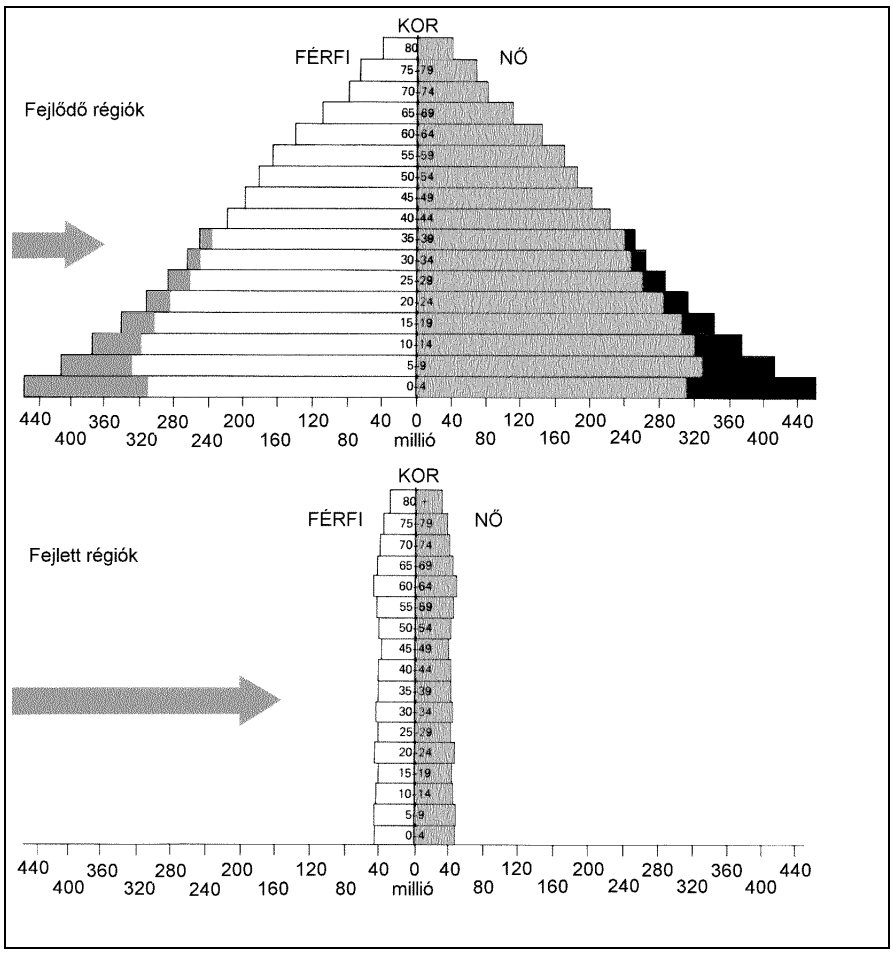
- a fejlett országoké, ahol nem a létszámból, hanem az **életstílusból** adódóan nő a környezetszennyezés
- a fejlődő országoké, ahol a világ **népességének** a többsége él, és a túlélése érdekében válik környezetszennyezővé.

Sokan gondolkodnak úgy, hogy ne foglalkozzunk a harmadik világ bajával, ha tönkreteszik a környezetüket az az ő bajuk, nekünk megvan a magunké, elég azt megoldani. Ez sajnos olyan szemléletmód, mintha egy süllyedő hajó kiemelkedő orrán állva figyelmeztetnénk a másik csoportot: Vigyázzatok! Azon a végén süllyed a hajó!

3.2.1. A népességrobbanás következményei

Az életszínvonal fokát az egy főre jutó össz nemzeti termékkel (GNP - Gross National Product) szokták jellemezni. Ismert, hogy a népességrobbanás éppen a legszegényebb országokban figyelhető meg, ezért míg a fejlett országok gazdasági növekedése az életszínvonal emelkedését eredményezi, a fejlődő országokban még gazdasági növekedés esetén is lehet csökkenő az életszínvonal, ha a növekményt egyre több főre kell szétosztani.

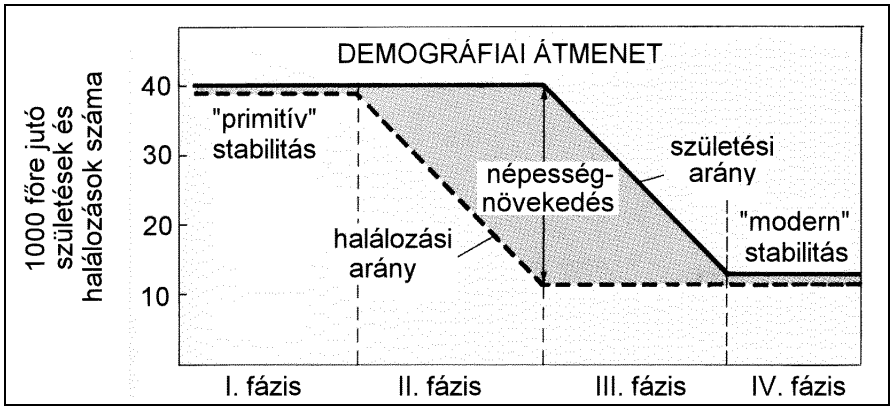
A 2024-re várható népességi életfát mutatja a 11. ábra.



11. ábra Népességi korfák
(*Environmental Scince* nyomán)

Az 1960-as, '70-es években az iparilag fejlett országok **hitelekkel** segítették a fejlődő országok gazdaságát, amivel jelentős fejlődést értek el. Mára a visszafizetés fázisába jutottak ezek az országok, a bevételük több mint felét az adósság visszafizetésére fordítják, és így nem marad elegendő pénzük a saját gazdaságuk finanszírozására, amire megint kölcsönöket vesznek fel. Mostanra az a visszás helyzet alakult ki, hogy a harmadik világ országai évente többet fizetnek a fejlett országoknak adósságtörlesztési kamat címén, mint amennyi segítséget, kölcsönt azoktól kapnak.

A fejlődő országokl ***népesség-eltolódás*** *követke: be a fiatal generáció javá Régen, az 1800-as évekig, a nagyon magas volt csecsemőhalandóság, a ma születési ráta ellenére is st volt a népesség. Ez a „prim stabilitás" az I. fázis az ábr A II. és III. fázis a ma születési arány és csökk halálozási mutató mel kialakuló népességnöveke példázza, míg eljutunk a fázisba a „mod stabilitásig", ami alacs halálozási rátához alacs születési arányt rendel. A fej országok a IV. fázis tartanak, míg a fejl országok a II. fázis vé járnak.*



12. ábra Demográfiai átmenet
(*Environmental Scince* nyomán)

Az **éhezésről** szóló híradások mindig szomorú tartozékai a népességnövekedés kérdésének. Tudnunk kell azonban, hogy nem az élelem hiánya, hanem a pénz hiánya - amin élelmet lehetne venni - az oka sokak szenvedésének. A szegény országok termőterületének nagy részét, pl. Brazíliában 60 %-át a lakosság 2 %-a birtokolja. Azon jól fizető növényt termeszt, amit eladhat (pl. kávé, dohány), nem pedig az ország élelmezéséhez alapvető gabonákat.

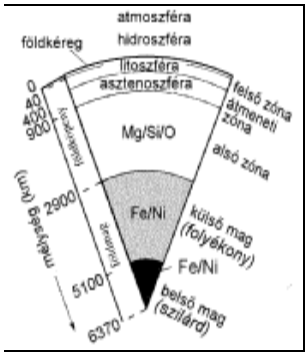
A gazdag országok **élelmezési segélyei** a Wartman-Cummings szerzőpáros szerint többet ártottak a mezőgazdasági fejlődés életképességének a fejlődő országokban, mint bármelyik más tényező. Ennek az az egyszerű magyarázata, hogy az emberek annyit fizetnek az élelemért, amennyit muszáj, tehát ha ingyen, vagy olcsóbban hozzájuthatnak a külföldi élelemhez, mint a saját országukban megtermelhetőhöz, akkor nem lesz senki érdekelt abban, hogy a hazai mezőgazdaságot fejlessze. A hazai farmerek nem tudnak versenyképesek maradni a külföldi termékekkel szemben, és elszegényednek.

Nem jelent egyértelmű segítséget a sok nagy központi beruházás sem (többnyire külföldi hitellel) mint pl. víztározók, modern kőházak, autópályák, modern szövőgyárak. Ezek ránézésre azt sugallják, hogy az ország helyzete sokkal jobb lett, de ez csak kevés embert érint. Egy modern textilgyár pl. jól fizető munkát ad egypár embernek, miközben tönkretesz sok ezer kézi szövőt. Ugyanígy egy modern autópálya egy szegény országban azoknak előny, akiknek autójuk van, „aki szegény, az a legszegényebb". Mivel a fejlődő országokban az élelemtermelő mezőgazdaságra nagyon fontos szerep jut, különösen veszélyes az olyan külföldi beruházás, amelyik nem fenntartható mezőgazdaságot támogat. Pl. Afrikában mélyfúrású kutakkal tették lehetővé a legelők öntözését, hogy több állatot tarthassanak, aminek következtében tönkrementek a legelők túllegeltetés miatt. Többnyire ezekre a nagy központi beruházásokra fordították a hiteleket, és mire vissza kellene fizetni, a vállalkozás csődbe jutott.

Visszatérve a stabil ökoszisztémák kérdéséhez, az emberi ökoszisztéma populációja is elérheti a stabilitását a növekvő halálozási arány útján (és sajnos sok jel mutat erre a tendenciára, pl. újonnan fellépő súlyos járványok, éhínség, háborúk). De sokkal emberibb lenne ezt megelőzni. A népességcsökkenés másik módja a **születési arány csökkenése**, ami **családtervezési, egészségügyi és oktatási kérdés.**
A tapasztalatok azt mutatják, hogy ez lenne a leghatékonyabb és legolcsóbb népességszabályozás. Ha az anyák látják, hogy gyermekeiket meg tudják védeni a betegségektől, akkor kevesebb gyereket akarnak, így a meglévőket jobb életkörülmények között biztonságosabban nevelhetik fel. Ezt azonban csakis átgondolt politikai döntések és gazdasági intézkedések útján lehet elérni.

4. A talaj. A talaj ökoszisztémája. Talajszennyezés, talajvédelem

4.1. A litoszféra kialakulása, összetétele



13. ábra
A földkéreg szerkezete

Eddigi ismereteink szerint 17 milliárd évvel ezelőtt egy szuper méretű robbanás (ősrobbanás) során keletkezett a világegyetem. Ám csupán 4,5 milliárd éve annak, hogy egy korong alakú napködből a mi bolygórendszerünkkel együtt kialakult a Nap. Az egyes bolygók a Napot követő por- és gázrészecskék egyesüléséből jöttek létre.

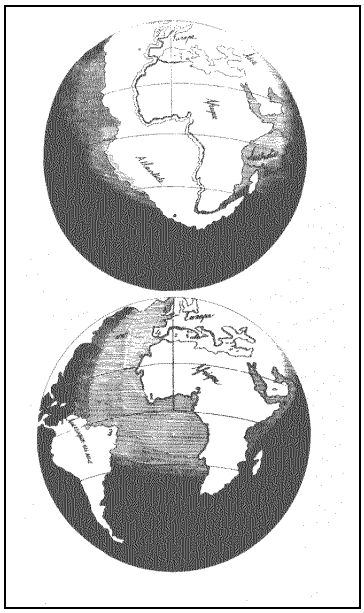
A **földkéreg** és a **földköpeny** felső részének mintegy 100 km vastag rétegét nevezzük **litoszférának** (kőzetburok).

A 6370 km sugarú Föld vázlatos szerkezetét mutatja a 13. ábra.
(Papp Sándor - Rolf Kümmel Környezeti kémia nyomán)

A földkéreg vastagsága a kontinensek alatt átlag 30 km, az óceánok alatt kb. 7 km. A viszonylag merev litoszféra a képlékeny asztenoszférán úszik. A Föld szerkezetét a nagy mélysége miatt csak közvetett módszerrel, a szeizmikus hullámok segítségével (földrengés, robbanás keltette hullámok) lehet vizsgálni.

A vizsgálatok során jöttek rá, hogy bár a keresztirányú hullámok áthaladnak rajta, tehát nem folyékony réteg, az asztenoszféra mégis különbözik a köpeny más részeitől, noha kémiai összetétele is ugyanolyan. Nagyon közel áll annak a kőzetanyagnak az olvadáspontjához, amelyből a köpeny áll. Bár lényegében szilárd, az adott zónában mégis folyni is képes, lehetőséget adva ezzel a **kontinensvándorlásra.**

A világ térképére tekintve mindenkinek feltűnik, mennyire hasonlít egymáshoz az Atlanti-óceán két partjának körvonala. Ld. 15. ábra (1858. Antonio Snider térképe).



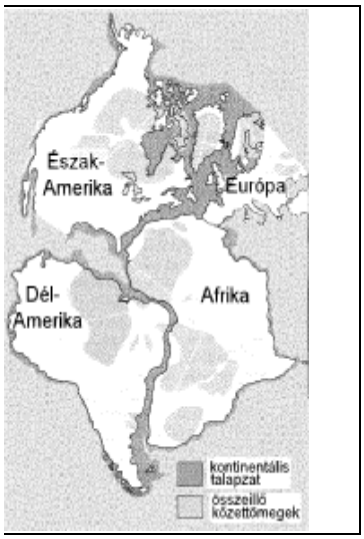
14. ábra A kontinensek keletkezése

Valamikor az összes mai kontinens egyetlen szuperkontinensben, a Pangeában egyesült, (ld. 15. ábra) amelyet az egyetemes tenger a Panthalassza vett körül. A Pangea 200 millió évvel ezelőtt széttöredezett, és lassan kialakultak a mai kontinensek. Alfred Wegener, akitől az elnevezés származik (1912), nem a felfedezője volt a kontinensvándorlásnak, de ő tudta először meggyőzően bizonyítani földtani, geofizikai, paleontológiai, biológiai adatokkal. Érvelését mégsem fogadták el a szakemberek, mert Wegener nem volt geológus. Azt a bizonyítékot, amely minden kétséget kizáróan igazolta, hogy a kontinensek változtatják helyüket, a paleomágnesesség szolgáltatta.

A földtudományok szakembereinek túlnyomó többsége az 1960-as évekig nem volt hajlandó elfogadni a kontinensvándorlás gondolatát. Úgy gondolták, hogy a Föld kérge vízszintes irányban mozdulatlan és a kontinensek abban a helyzetben rögzültek amelyben a Föld őstörténetében kialakultak.

– A Föld átlagos sűrűsége 5,5 g/cm^3.

aleomágnesesség: a zetekbe zárt gyönge gnesség. Amikor egy kőzet lakul, a benne lévő gneses részecskék a Föld gneses teréhez igazodnak. ikor a fizikus megméri a zet mágneses részecskéinek entációját egyszerű romszögelési módszerrel g tudja határozni azt a lességi fokot, amelyen a zet kialakult, és azt is, hogy lyen volt a múltban annak a ntinensnek a mágneses entációja, amelyen álható. Ami nehezebbé teszi ándorlás meghatározását az hogy nemcsak a ntinensek, de a Föld gneses pólusa is vándorol az pólusvándorlási görbével rható módon.



15. ábra
A kontinensvándorlás bizonyitékai
(*Understanding Earth* nyomán)

– A legbelső, szilárd magban uralkodó nyomás 4 milliárd hektopascal.
– A Föld mélye felé haladva a hőmérséklet nő. A **hőmérsékleti gradiens** 30 ^{o}C/km**.**
– A tömegének 99 %-át kilenc elem alkotja: O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti (ld. 2. táblázat)

Elem	**Tömeg%**	Mg	2,09	Ba	0,040
O	46,60	Ti	0,44	C	0,032
Si	27,72	H	0,14	Cl	0,020
Al	9,13	P	0,118	Cr	0,020
Fe	5,00	Mn	0,10	Zr	0,016
Ca	3,63	F	0,07	Rb	0,012
Na	2,83	S	0,052	V	0,011
K	2,59	Sr	0,045		
		Összesen	99,706		

2. táblázat

4.1.1. A Föld ásványai, kőzetek

A Föld kémiai viselkedését gyakran jobban meg lehet érteni, ha nem elemekben, hanem ásványokban és kőzetekben gondolkodunk. A **kőzetek** ásványból állnak, rendszerint néhányból, néha csak kettőből, vagy egyből. Az **ásványok** (néhány kivétellel, pl. higany, opál) szilárd elemekből vagy vegyületekből állnak. Meghatározott belső szerkezetük és kémiai összetételük van, amely korlátozott mértékben ingadozhat.

Ásványok képződése

A legszebb ásványok a földkéregnek olyan töréseiben találhatók, ahol forró oldatok közlekednek. (Hidrotermális erek). Ezek az oldatok tartalmazzák azokat az elemeket, amelyekből az ásványok keletkeznek. **Magmás** kőzetben is keletkezhetnek ásványok, amikor az olvadék megszilárdul. Az olvadékból képződő ásványok gyakran akadálytalanul növekedhetnek, ezért szép alakjuk lesz. A hőmérséklet és nyomás hatására a kőzet kémiai alkotói átrendeződhetnek. Ezek a **metamorf** kőzetek. A kémiai átalakulás során, valamint a kémiailag aktív oldatok vándorlásával beszállított új anyagok segítségével új ásványok keletkeznek. Az ásványoknak tehát három alapvető előfordulási helye van:

– ásványosodott erek, breccsák (kassziterit, tejkvarc, kvarcér)
– magmás kőzetek (olivin, prioxén, földpát)
– metamorf kőzetek (gránát, csillám)

Ásványok összetétele: az ásványok lehetnek szabad elemek, vagy vegyületek

– Terméselemek (ezüst, kén, nikkel, grafit)
– Szulfidok (pirit, galenit, markazit)
– Halogenidek (kősó, fluorit)
– Oxidok és hidroxidok (hematit, opál, magnetit, kalcedon, onix, bauxit)
– Karbonátok (kalcit, dolomit, magnezit, malachit)
– Szulfátok (gipsz, barit)

– Foszfátok (türkiz)
– Szilikátok (amfibol, gránát, topáz)

A kőzetek képződése:
Az olvadt magma a Föld kérgében lassan a felszín felé emelkedik lávafolyásokat, vulkánokat hozva létre. A **lehűlés** során keletkeznek a **magmás kőzetek** (pl. gránit, andezit, diorit).

A metamorf kőzetek más kőzetek átalakulásával képződnek. A metamorfózist közvetlenül a hő okozza **kontaktmetamorfózis** esetén. Eredmény: kristályos kőzet (szürke márvány).

A regionális metamorfózis hő és nyomás következménye.
Eredmény: palás szerkezet (fekete pala, csillámpala, gneisz).

Üledékes kőzetek a Föld felszínén, főleg a tengerfenéken képződnek. Rétegezettek. Az üledékes kőzet lehet
– törmelékes üledék (mállás, erózió útján): breccsa, homokkő, lösz
– szerves eredetű üledék (fossziliákból, egykor élt szervezetekből keletkezik): borostyánkő
– kémiai üledék (kősó kémiai kicsapódásának termékei): mészkő, dolomit, kőszén, tőzeg, kovakő.

4.2. A talajképződés folyamata, a talaj szerkezete

A természeti környezet kémiai és biológiai folyamatai számára a földfelülettől a mállásfolyamatoktól még nem érintett kőzetréteg felső határáig terjedő rész a **talajzóna** (pedoszféra) alapvető fontosságú. Ez a litoszféra, hidroszféra és az atmoszféra érintkezési felületénél heterogén rendszert alkotó réteg intenzív anyag- és energiacsere színhelye.

A talajok kialakulásában az előző fejezetben tárgyalt kőzetek fontos szerepet játszanak.

A kőzeteknek a hidroszférával és a bioszférával való kölcsönhatás útján történő átalakulását mállásnak nevezzük.

A mállás fizikai, kémiai vagy biológiai folyamat lehet. Mindegyik a szilárd anyag felaprózódásához és azt követő szétomlásához vezet, és ezzel a természetes talaj-kialakulás jelentős tényezője.

fizikai mállás: gyors és jelentős hőmérséklet-változás idézi elő. A kőzeteket alkotó különböző hőtágulási együtthatójú ásványok különbözőképpen reagálnak, a repedésekbe bejutó víz jéggé válva azokat tovább feszíti, a nagyobb kőzetek felaprózódnak. Fizikai mállást idézhetnek elő a szél, az erózió és a gleccserek is.

biológiai mállás: a biológiai rendszerek (növények, állatok) bomlástermékeinek, váladékainak hatására vezethető vissza. A biokémiai mikrokörnyezet állapotát változtatják meg.

kémiai mállás egész sor viszonylag egyszerű kémiai folyamatot foglal magában (hidrolízis, karbonizáció, redukció, oxidáció, kioldódás, kristályosodás).

Az egyes kőzetekre megfigyelt mállási sebességek különbözőek. Értékük függ a hőmérséklettől és a levegő nedvességtartalmától is. A trópusi területekre a gyors folyamatok a jellemzőek, különösen az alkálifém-tartalmú ásványok esetében. A 3. táblázatban a különböző éghajlati viszonyokra jellemző mállástermékek láthatók. A mállás előrehaladásának foka és a visszamaradó ásvány természete a keletkező talaj típusának és tulajdonságainak szempontjából meghatározó jelentőségű.

A mállásfolyamat szakaszai	**Ásvány**	**Kioldódó ionok és molekulák**	**Visszamaradó anyagok**	**Éghajlati öv**
korai	biotit	K^+, Mg^{2+}	agyagásványok, limonit, hematit	
	kalcit	Ca^{2+}, HCO_3^-	kalcit	arid (száraz)
	gipsz	Ca^{2+}, SO_4^{2-}	gipsz	
	olivin	Mg^{2+}, Fe^{2+}	agyagásványok, limonit, hematit	
	földpátok	Na^+, Ca^{2+}	agyagásványok	
	piroxén	Mg^{2+}, Ca^{2+}, Fe^{2+}	agyagásványok, limonit, hematit, bauxit	mérsékelt
átmeneti	agyag-ásványok muszkovit	SiO_2	muszkovit, agyag-ásványok (pl montmorillonit)	
		K^+, SiO_2		
előrehaladott	agyag-ásványok gibbsit hematit	SiO_2	bauxit, vas-oxid	humid (nedves)
			gibbsit hematit	

3. táblázat

A talaj kémiai tulajdonságai közül a humusztartalom mellett igen fontos ökológiai tényező még a kémhatás és a szervetlen tápanyagtartalom.

A talajokat kémhatásuk szerint a következő csoportokba osztjuk:

– erősen savanyú	< 4,5 pH
– savanyú	4,5 - 5,5 pH
– gyengén savanyú	5,5 - 6,8 pH
– semleges	6,8 - 7,2 pH
– gyengén lúgos	7,2 - 8,5 pH
– lúgos	8,5 - 9,5 pH
– erősen lúgos	> 9,5 pH

Az emberi tevékenység során a környezetbe jutó szennyező anyagok a mállási folyamatokat és termékeket jelentősen módosíthatják. Savas közegben pl. gyorsabban lejátszódó folyamatokkal számolhatunk, mindez azonban a keletkezett talaj minőségének a rovására megy.

4.2.1. A talaj alkotórészei

A talaj négy alapvető alkotórészből áll, amelyek egymással dinamikus egyensúlyban vannak:

[redacted]

– talajvíz
– talajatmoszféra

Tehát a talaj három fázisú (szilárd-folyékony-légnemű) polidiszperz rendszer.

Szervetlen komponensek: (Szilárd összetevők 93 %-a)

– homok: szemcseátmérő 0,2 - 2 mm
– márga: szemcseátmérő 0,002 - 0,2 mm, kalcium-karbonát és alumínium szilikátok
– agyag: szemcseátmérő kisebb 0,002 mm-nél, szilikátok, alumínium-szilikátok

Szerves komponensek: (Szilárd összetevők 7 %-a)

– gyökerek
– élő komponensek: baktériumok
gombafajok
gyűrűsférgek
makro-, mikroállatok
– humusz

A humusz szerves anyag, amely a talajban és a talaj felszínén felhalmozódó állati és növényi maradványok humuszsavakká való átalakulásával keletkezik. A szerves anyag legnagyobb része lebomlik széndioxiddá (CO_2), vízzé (H_2O), ammóniává (NH_3), foszfáttá (PO_4^{3-}), káliumionná (K^+), kalciumionná (Ca^{2+}). Ez a folyamat az ásványosodás, mineralizáció. A másik részből sajátos, a talajra jellemző szerves köztes- és végtermékek, huminsavak keletkeznek (humifikáció).
A humusz

– fulvolsavakat
– huminsavakat
– huminokat
tartalmaz.

Méretük szerint a humuszanyagok kolloidok (0,5 ###m), amelyek a hasonló méretű anyagrészecskékkel együtt meghatározzák a talaj adszorpciós képességét. A kollidok ugyanis nagy felületükön különböző anyagokat, gázokat, gőzöket, vízmolekulákat és egyéb különböző töltéssel rendelkező részecskéket (ionokat) képesek megkötni.

A talajkolloidok általában negatív töltésűek, ezért felületükön különböző kationokat (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, H^{+}) adszorbeálnak, melyek közül különösen a kalcium a kedvező, a nátrium és kálium pedig kedvezőtlen a morzsalékos, jól levegőző talajszerkezet kialakulásához. Általában a jó minőségű talajok magas humusztartalmúak és kalciumban gazdagok (feketeföld, barna erdei talaj). A homoktalaj csekély humusztartalma, a szikes pedig nátrium- ill. káliumgazdagsága miatt gyenge termőképességű.

Talajvíz

A talajnak ez a folyékony halmazállapotú alkotója oldott sókat, szerves anyagokat, gázokat és diszperz elemeket tartalmazó nagyon dinamikus talajkomponens. A talajban lévő víznek csak az a hányada tekinthető "talajoldat"-nak, folyékony talajalkotónak, amelyik elektrolitokat, gázokat oldani és kolloidokat diszpergálni képes. A vízpára nem tartozik ebbe a hányadba. Az ásványi és a szerves alkotók oldatban lévő aránya a talaj fajtájától függ. (Pl. a podzol talajban többnyire a szerves anyagok oldatbeli aránya a nagyobb, míg a csernozjom talajban közel azonos mennyiségű a két összetevő.)

A folyékony talajalkotónak a puffer-kapacitását érdemes megemlíteni, amelynek köszönhetően meg tudja gátolni a talaj pH-értékének jelentős megváltozását. Ezt a jelenlévő gyenge savak, lúgok és sók segítségével éri el.

A talajban a víz három különféle állapotban létezhet
– szivárgó víz: $d > 10\ \mu m$ átmérőjű csatornákban áramlik
– kapilláris víz: $d < 10\ \mu m$ kapillárisokban
– vízpára
Vízzel telített talajban redukáló körülmények alakulnak ki.

Talajatmoszféra

Oxigéntartalma (10-20%) elősegíti a szerves anyagok lebomlását. Összetétele és tulajdonsága több szempontból eltér a normál atmoszférától. Víztartalma nagyobb, a benne levő komponensek a különböző nagyságú üregekben, pórusokban megkötődhetnek, és szén-dioxid koncentrációja biokémiai folyamatok révén 5-100-szor nagyobb lehet. Ha a pedoszféra és az atmoszféra között az anyagcsere nem kielégítő, akkor a talajatmoszférában nyomgázok (N_2O, NO, H_2, CH_4, C_2H_4, H_2S, Rn) dúsulhatnak fel.

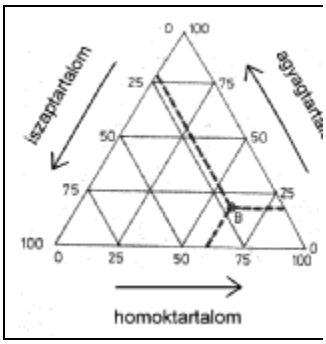
4.2.2. A talaj fizikai tulajdonságai

Szemcseátmérő

d: a szilárd alkotók szemcséinek névleges átmérője [mm]

2 < d [mm]	kavicstalaj, művelés szempontjából kedvezőtlen
0,2 < d < 2	homok
0,02 < d < 0,2	finomhomok (homokliszt)
0,002 < d < 0,02	por (iszap)
d < 0,002	agyag

A talaj alkotóinak százalékos aránya háromszög diagramban ábrázolható (16. ábra). Az ábrán B ponttal jellemzett talaj: Agyag: 19 %, Iszap: 21 %, Homok: 60 % = homoktaláj.



Legkedvezőbb a vályogtalaj, amelyik egyenlő arányban tartalmaz homokot, agyagot és iszapot.

Pórusmennyiség:

A talaj különböző szemcsenagyságú részekből áll. Ezek a rendelkezésre álló teret nem egyenletesen töltik ki, és ezért közöttük pórusok keletkeznek. A talajtérfogat százalékában kifejezett pórusmennyiség a **hézagtérfogat.**

16 ábra
A szemeloszlás háromszögösdiagramos ábrázolása
(*Szepesházi Róbert: Geotechnika II.* nyomán)

$$e\,[\%] = \frac{v_h\,[m^3]}{v_t\,[m^3]}$$

v_h: a hézagok térfogata
v_t: teljes térfogat
e: százalékos pórusmennyiség

Permeabilitás:

A talajnak azt a képességét, amely megmutatja, hogy a levegő és a víz számára milyen mértékben járható át, **permabilitásnak** nevezzük. Ez az érték a hézagtérfogattól és a nedvességtartalomtól függ. A hézagtérfogattal egyenes, míg a nedvességtartalommal fordított arányban áll.

Kapillaritás

A talaj kapillaritása a pórusok átmérőjétől függ, de a talaj nedvességtartalma is befolyásolja. Kis átmérőjű pórusokban a kapilláris emelkedés („vízemelés”) nagyobb, és lassan megy végbe. Agyagtalaj esetén 1-2 m vagy ennél is több. Nagy pórusú talajokban alacsonyabb és gyorsabban megy végbe. Homoktalajban 30 cm.

Vízkapacitás (vízfelvevő képesség)

A talaj vízkapacitásán azt a százalékos tömegveszteséget értjük, amelyet a talajminta 105 °C-on tömegállandóságig történő szárításakor észlelünk.

Talajhőmérséklet

A talaj hőmérsékletét a Nap sugárzása adja. A Föld belső hője, valamint a hőtermelő biológiai folyamatok ehhez képest elhanyagolhatóak.
A talajra eső sugárzási energia függ:

- földrajzi helyzettől
- égtájtól
- lejtésszögtől
- évszaktól

Az **elnyelt** talajsugárzás függ:

- talajfelület érdességétől
- színétől
- növénytakarótól
- nedvességtartalomtól
- talajszerkezettől

A visszavert fény aránya (albedo) friss szántáson pl. 0,2, havon 0,7. Növényzettel borított talajon csökken a felmelegedés és mérsékeltebb a **felszíni rétegek hőingadozása.** Laza szerkezetű, levegős talaj felszíne viszonylag gyorsan felmelegszik. Ez a talajréteg egyúttal szigetelőként is viselkedik, s csökkenti az alsóbb rétegek **hőingadozását.**
A talaj a felszínétől a belseje felé haladva **hőmérsékleti zónákra** oszlik.

- felszíni zóna: 0 - 1,5 m elnyelt sugárzó energiából a napi hőmérsékleti ingadozás elérheti a 38-40 °C-ot. (A levegőé csak 15-20 °C.)
- fagymentes zóna: 1,5 - 2 m (mérsékelt égöv) a hőt vezetés útján veszi fel. 3 hónapos „késésben” van a légkör hőingadozásához képest.
- neutrális zóna: hőmérsékleti ingadozás nincs.

A talaj mechanikai, fizikai tulajdonságai szerepet játszanak a talaj szilárdságának, hő-víz-levegő háztartásának, a mikroflóra, mikrofauna, ásványi anyagcsere és a talaj öntisztulási folyamatainak kialakulásában.

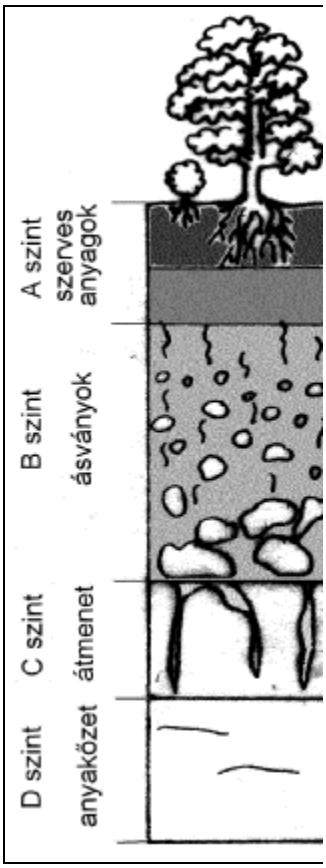
4.2.3. A talaj szerkezete

A talaj az élelmiszereink elsődleges forrása. A mezőgazdasági termelés hozamát a talaj minősége szabja meg.
A talajoknak csak mintegy 20 %-a ad magas hozamokat anélkül, hogy az ember költséges öntözéssel, trágyázással vagy vízelvezetéssel beavatkozna. A sivatagokban, a tundrákon, és a magas hegységekben (a szárazföld 40 %-a) semmiféle termesztés nem lehetséges. A talajok 40 %-a csak mérsékelten termékeny.
A talajtípus kialakulása függ:

- anyakőzet fajtájától
- éghajlattól
- növénytakarótól
- domborzat meredekségétől

A **tipikus talajszelvény** különböző szintekből épül fel, melyeket felülről lefelé haladva A, B és C, D szintnek neveznek. Ld. 17. ábra.

Az A szint többnyire huminsavakban gazdag, ezért gyakran sötétbarna színű. A B, vagy mállási szint gyakran gazdag ásványokban, melyeket a növények felvehetnek. A C szint átmenet az aljzat kőzetei (anyakőzet) és mállási anyaga felé a D szinthez, mely már csak a talaj-kialakulás első jeleit mutatja. Üledékeken vagy a laza kőzetekben a talajképződés igen gyorsan végbemegy.



17. ábra
A talaj szerkezet

Talajtípusok

- tundratalajok: tipikus glejek, sötét lápos A szinttel és szürke B szinttel. Az alatta fekvő mélyen átfagyott talaj megállítja a leszivárgó vizet, ezért a felső talajszint többnyire vízzel telített marad.
- sivatagok/félsivatagok talaja: a mállás nem mélyrehatoló, a csupasz kőzetek egészen a felszínig emelkednek. Az üledékeken kialakult sivatagi talajok jellegzetesen durva szemcséjűek és humusz hiányában világos színűek. Itt hiányzik a szivárgó víz, amely a mészkövekből kalciumot és magnéziumot oldana ki.
- mérsékelt övi talaj: a lomberdők talaja, sötétbarna A szinttel barna B szint fölött. Bőséges a szivárgó víz, ami a szint alsó részét világosra lúgozza. A mélyebb B-szintbe települt humuszanyagok, az agyagásványok, a vas- és alumíniumoxidok barna felhalmozódási szinteket képeznek.
- szavanna talaj: az esős és a száraz évszakok váltakozása a jellemző. A csapadék többnyire nem elegendő ahhoz, hogy a talajt mélyen kilúgozza, még a füvek gyökerei is hozzáférhetnek annak kalciumtartalmához. A humuszanyagok mikrobiológiai bomlása itt korlátozott, ezért humuszban gazdag feketeföldek (csernozjom) képződnek.
- trópusok talaja: az állandóan nedves trópusok talajaiban a szerves humuszanyagok igen gyorsan lebomlanak.

4.2.4. A talaj szennyeződései, károsodásai

A talajba jutó szennyezőanyag eredete szerint beszélhetünk

- ipari szennyezésről
- közlekedési szennyezésről
- mezőgazdasági szennyezésről

– hulladék lerakásból eredő szennyezésről.

4.2.4.1. A talaj szennyező ásványi anyagai

A szennyező anyagok közvetlenül (emisszió) és levegő közvetítésével (transzmisszió) kerülhetnek a talajba.
Közvetlen szennyezés lehet pl.: különböző nehézfém tartalmú vegyszerek talajba jutása (illegális hulladéklerakás), csatornázatlan területek szigeteletlen derítői, vagy fémfeldolgozó üzemek nem kellően szigetelt lerakói révén.
Közvetett (levegő) szennyezés pl. benzinüzemű gépkocsik kipufogógázai révén ólomszennyezés, kohóüzemek révén Cd, Cu, Ni, Zn.
A nehézfémek némelyikére - Fe, Cu, Co, Zn - szervezetünknek nyomelemként (nagyon kicsi mennyiségben) szüksége van.
Ezzel szemben a kadmium (Cd), higany (Hg), és ólom (Pb) valamint az arzén (As) már súlyos problémát okoznak. Folyamatos bevitel esetén a szervezetben felhalmozódnak, és enzimméregként lépnek fel.
A talaj szempontjából legjelentősebb szennyezőanyagokat és ezek emberre gyakorolt veszélyes hatását a 4. táblázat mutatja (táplálékkal történő felvétel).

Szennyező anyagok	**Felvétel a táplálékkal (heti átlagérték)**	**Tartósan tolerálható heti bevitel***	**Hatások (sajátosságok)**
ólom	0,91 mg	3,5 mg	gyermekeknél fokozott felszívódás
kadmium	0,284 mg	0,525 mg	
réz	700 mg-ig	0,5 mg*	halálos adag (rézszulfátból): >8 g/fő
nikkel	2-4 mg	nincs adat	szájon keresztül, szervetlen; mérgezési eset nem ismert
higany	0,063 mg	0,35 mg	metil-higanyra: 0,23 mg
tallium	nincs adat	0,1 mg*	halálos adag: 8 mg/testsúlykg
arzén	0,2-0,3 mg	1 mg	halálos adag: 100-300 mg; rákkeltő

4. táblázat

* A napi bevihető mennyiségekből számítva.

4.2.4.2. Mezőgazdasági eredetű talajszennyezés

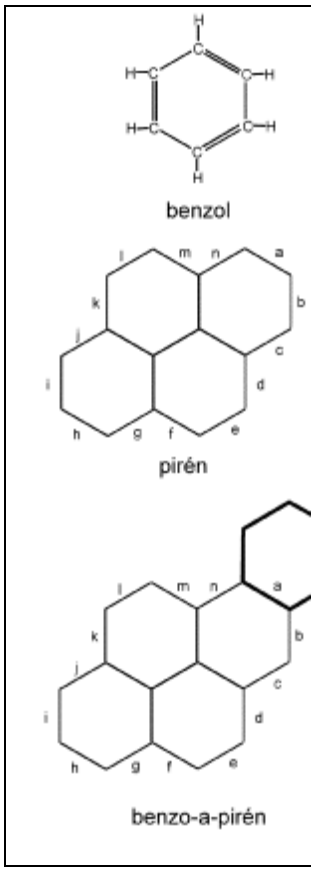
A mezőgazdasági talajszennyezés forrásai a talajjavításra, fertőtlenítésre és a növényi kártevők ellen felhasznált vegyszerek. Ezek veszélyessége abban áll, hogy kimosódhatnak a talajból a lebomlásuk illetve a növényi felhasználásuk előtt, és továbbítják a talajvíznek a szennyeződést, kiterjesztve ezzel a veszélyeztetett környezeti elemeket ill. területeket. Ez a veszély a nem kellően körültekintő adagolással fokozódik.

A kártevők természetes ellenségének megtalálása és alkalmazása, vagy pl. steril hím kártevő rovarok kitenyésztése és a fertőzött területen repülőgépről való szétengedése jó eredményeket hozott Texastól Floridáig megmentve a szarvasmarha-állományt az orsósféreg által okozott rettegett és korábban egész nyájakat kiirtó fertőzésektől. A kitenyésztett, utódnemzésre képtelen steril populációkat készenlétben tartják, és megrendelésre szállítják a fertőzött területekre.

A mezőgazdaság kemizálása és főleg a növényvédelem felborítja a természetes ökoszisztémákat, és ez a veszély súlyosabb, mint a közvetlen szennyezési ártalom. Az ökoszisztémára gyakorolt hatás egyik része előre megtervezett, előnyös, de mindig megjelenik a káros mellékhatás is, sokszor előre fel sem mérhetően. A természetes ökoszisztéma átalakulhat úgy, hogy olyan új kártevők jelennek meg, amelyek elterjedésének feltételeit saját magunk hoztuk létre. Erre figyelmeztet Carson Néma tavasz c. művében, a vegyszeres helyett a biológiai védekezést ajánlva.

4.2.4.3. A talajban előforduló policiklikus szénhidrogének

A policiklikus aromás szénhidrogének (külföldi eredetű rövidítésük PAH, PAK) a fa, szén, fűtőolaj és benzin elégetésekor, valamint sütéskor, grillezéskor, füstöléskor szabadulnak fel. A benzo-a-pirén (18. ábra) rákkeltő hatású. (Ne fogyasszuk el a füstölt élelmiszerek külső héját!)



18. ábra
A benzo-a-pirén

A talajszennyezést okozó PAH-k több forrásból származhatnak. Erdei talajban, emberi településtől távoli helyen 0,1 mg benzpirén/kg mennyiség fordul elő, feltételezhetően az erdőégések eredményeként. Ipari üzemek, gázgyárak, kőolajfinomítók, forgalmas közúti csomópontok és nagyvárosok környékén többszörös értékben találhatók. A szennyező forrásokból a levegőben jelentkező aeroszollal ülepednek le a talajra, és innen vagy a szennyvizekből a talajvízbe szivároghatnak.

A talaj PAH-jai jó öntisztuló képességű talajban nem jelentenek nagyobb veszélyt, mint a baktériumok, vagy másfajta szennyeződések.

Rossz öntisztuló képességű talajban károsodást okozhatnak, és az ivóvízben megjelenve az ember számára is veszélyt jelenthetnek.

4.2.4.4. A talaj detergens szennyeződése.

Detergensek: a felületaktív, szintetikus úton előállított mosószerek. (Detergere = tisztítani(latin))

Vizes oldataik habzanak, mivel már csekély mennyiségük csökkenti a felületi feszültséget. A talaj mélyebb rétegeibe behatolva megjelennek a talajvízben, és a talajvízzel áramlanak (300-500 m/év).

Ezért a talajvíz szennyvíz-szennyezettségi **kémiai indikátorának** tekinthetők. Veszélyességük abban áll, hogy a talajvizet elszennyezve annak minőségét jelentősen

lerontják (íz-, szaghatás, habzás). Ennél is súlyosabb, hogy „vívőanyagként” elősegítik, fokozzák más veszélyesebb szennyezőanyagok vízben való terjedését.

4.2.4.5. Hulladékból és hulladékkezelésből eredő talajszennyezés

Életünk és ipari- mezőgazdasági tevékenységünk nagy mennyiségű hulladéktermeléssel jár. A folyékony hulladékok egy részét, valamint a szilárd hulladékoknak majdnem egészét a talajban helyezzük el.

A **fekália, a házi szennyvíz és szennyvíziszap** elhelyezésénél kórokozó baktériumok és nagy mennyiségű szerves anyagot tartalmazó hulladék kerül a talajba. Az öntisztulás során a baktériumok elpusztulnak, a szerves anyagok mineralizálódnak.

Ahhoz, hogy a talaj az öntisztuló képességét kifejthesse, meghatározott talajrétegre és időre van szükség. Ha a lebomlás feltételei nincsenek meg, nagy mértékben szennyeződhet a talajvíz. Az öntisztulási folyamatok lezajlásához legalább 1,5 m vastagságú szűrőréteg kell. Ezért különös gondossággal kell(ene) eljárni szemétlerakások helyének kiválasztásánál és a talajvízzel való lehetséges kapcsolatának megakadályozásakor.

Az **ipari hulladékok** veszélyessége a házi hulladékhoz képest az azonos hulladékfajták mennyiségében keresendő. Többnyire egy gyártási folyamat végtermékeit rakják le a talajba, ami nem megfelelő körültekintéssel kialakított lerakó esetén koncentrált terhelést jelent a talaj ökoszisztémájára és a talajvízre. A fentieket figyelembe véve feltétlenül törekedni kell a talaj szennyezésének a megelőzésére, tudva azt, hogy a talaj természetes hulladékforgató, és rendelkezik olyan sajátosságokkal, amelyekkel az anyagok bizonyos fajtáját ártalmatlanítani tudja. Erről a lehetőségről a hulladékkezelés során nem kell, de nem is szabad lemondani.

4.2.4.6. A talajerózió és a másodlagos szikesedés

A talaj és környezete közötti egyensúly megbontása olyan emberi tevékenység útján is létrejöhet, amelyik nem szennyező. A talaj károsodása ebben az esetben az **erózió** ill. a **másodlagos szikesedés.**

Erózió: talajpusztulás az emberi tevékenység következményeként, vagy természeti erők okozta károsodás.

– **Vízerózió**

Hegyvidéki erdők kiirtása, helytelen talajművelés következtében a talaj felső, értékes termőrétegének a víz általi elmosása.

(Évente 150 millió tonna, Magyarországon évi 1,7 millió tonna humuszvesztés.)

Védekezés módja: helyes művelési ágak megválasztása (gyeptakaró, szintvonalas talajművelés, csapadékvíz elfolyási sebességének csökkentése).

– **Szélerózió** (defláció)

A szélerózió nemcsak a talajt, hanem közvetlenül a növényeket is pusztítja. A homokverés fizikai sérülést okoz és így „fertőzési kapuk” nyitásával is csökkenti a termést.

A defláció jellegzetessége: főleg tavasszal jelentkezik, amikor még nincs talajtakarás (kultúrnövény).
Védekezési mód:

- fásítás
- füvesítés
- **Másodlagos szikesedés**

Az öntözéssel biztonságossá vált a termelés és növekedett a terméshozam. A kedvező hatások mellett azonban megjelent a hátrány is: a szikesedés.

A talaj erózióval szembeni ellenálló-képessége a talajféleség jellegétől, (főleg homokos talaj) humusztartalmától, növénnyel való borítottságától függ. Hazánkban 1,5 millió ha deflációs terület van. Az összes mezőgazdasági terület 2,8 %-a szorul defláció elleni védelemre. (Bács-Kiskun megye nagy része).

Az öntözéssel elkerülhetetlenül több vizet juttatnak a talajba, mint amit a növény felszívni képes. Így a fölösleges víz elpárolog, visszahagyva a vízben oldott sókat, vagy átszivárogva a talajon kimossa az ásványi sókat, és azok bemosódnak a talajvízbe. Mintegy 200 ezer hektáron a felszínközeli, eredetileg nem sós, nem szikes talajok **másodlagos szikesedése** következett be a megemelkedő és sós talajvíz hatására. Ezeken a területeken a talajvízemelkedés emberi tevékenység (pl.: duzzasztómű-építés, öntözőfürtök helytelen üzemeltetése) eredménye.

- **A talajsavanyodás**

Magyarország teljes területéből 2,3 millió hektáron a talaj savas kémhatása, vagyis alacsony pH-értéke okoz gondot. A **talaj savasodási folyamatai** - kalcium- és magnézium-ionok kimosódása a talajszelvényből - a természetes ökoszisztémákban is létező folyamatok. Azonban **savas kibocsátásokkal** járó emberi tevékenységek, a **terméssel kivont mész** valamint a **műtrágyák** savanyító hatása következtében talajtermékenységet korlátozó mértékűvé válnak. A savas kémhatás kedvezőtlen hatást gyakorol a talaj fizikai, kémiai, hidrológiai és biológiai tulajdonságaira. Megszűnik a talaj kedvező morzsás szerkezete, a kalcium helyett alumínium- és vasoxidok szaporodnak fel benne. A talaj hajlamossá válik a tömörödésre, így csökken a víznyelő és vízvezető képessége. A nyomelemek és nehézfémek oldatba kerülnek, a növényeken mérgezési tünetek jelennek meg, illetve emberre, állatra káros elemek halmozódnak fel a fogyasztási szinteken.

Nemcsak az öntözés, hanem a belvizek is hasonló károkat okoznak. Magyarországon évente 1 millió hektár termőföldet veszélyeztet a belvíz. Az időszakosan vizenyős területek egy részénél különböző ideig tartó vízborítások fordulnak elő a talaj felszínén, máshol pedig a talajvíz közelsége gátolja a mezőgazdasági növények termesztését.

5. A légkör keletkezése, összetétele. Levegőszennyezés

„Nehéz érzelmeket táplálni olyan teljesen személytelen dolog iránt, mint a légkör, pedig ugyanannyira része és terméke az életnek, mint a bor vagy a kenyér.....
Becsüljük meg tehát azért, ami: a puszta méretéért és funkcionális tökéletességéért - az együttműködés messze legnagyszerűbb példája az egész természetben.”

Lewis Thomas

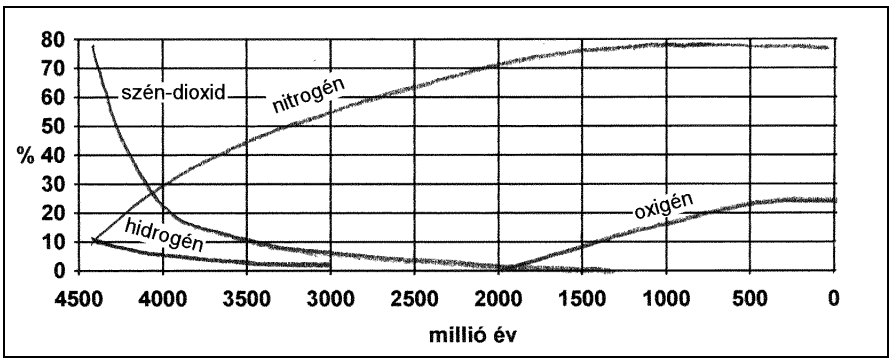
Földünk egyedülálló légkörrel rendelkezik a Naprendszerben.

A légkör kialakulása és a földi élet kifejlődése szorosan összekapcsolódott. Amikor a Föld 4,5 milliárd évvel ezelőtt kialakult, a környező légkört főleg **hidrogén**, **széndioxid, szénmonoxid**, **metán**, **hélium** és **vízgőz** alkotta. A fölfelszín megszilárdulása során új légkör alakult ki azokból a gázokból, amelyek a vulkánok működése révén kerültek felszínre a Föld forró belsejéből. Fő alkotórészeik a **széndioxid**, **kéndioxid**, **nitrogén** és **vízgőz** voltak. A vízgőz a lehűlés következtében erősen savas eső formájában csapódott le, és a Föld szilárd kérgének mélyedéseiben összegyűlve kialakította a tavakat, óceánokat.

A földtörténet első felében szabad oxigén csupán nyomelemként fordult elő a légkörben. A tengerekben kifejlődött első növények életműködésének eredményeként került először a légkörbe. Az erős ibolyántúli sugárzás az oxigénmolekulák egy részét oxigénatomokká alakította, amelyek a kétatomos oxigénmolekulákkal egyesülve megalkották az **ózont**.

$$O + O_2 \rightarrow O_3$$

Az ózon hatékonyan abszorbeálta (elnyelte) az ibolyántúli sugarakat, miközben állandó körforgásban volt a keletkezés és a szétbomlás között. Így a földfelszínre jutó ibolyántúli sugárzás intenzitása csökkent. Ez lehetővé tette az élet nagyobb arányú elterjedését, ami az oxigénszint növekedését eredményezte. A légkör összetételének alakulását mutatja a 19. ábra.



19. ábra A Föld légkörének változása
(*Bolygónk születése* nyomán)

A földkéreg **vörös üledékeiből** tudjuk, hogy az oxigénszint 2 milliárd évvel ezelőtt növekedett meg jelentősen. Ez előtt csak vastartalmú üledékek találhatók az oxidáció jele nélkül. A nagy mennyiségű szénlerakódások, amelyek a mészkőben, kőszénben és kőolajban találhatók, bizonyítják, hogy egykor a **széndioxid-koncentrációnak** jóval nagyobbnak kellett lennie, mint napjainkban.

A korai és a jelenlegi atmoszféra között az a lényeges különbség, hogy a koraiból még hiányzott a szabad oxigén. A **korai atmoszféra** erősen **redukáló** hatású volt, ami az élet

kifejlődésének egyik feltétele. Mihelyt az élet kialakult, létrejött egy jelentős oxigénforrás, és az egyensúly átbillent az **oxidáló** légkör irányába.

A Föld történetének különböző szakaszaiban az atmoszféra összetételét különböző folyamatok alakították.

Közvetlenül a légkör keletkezése után kulcsfontosságúak voltak a **fizikai** és **kémiai** folyamatok, aztán az élet létrejöttével egyre nőtt a **biológiai** tényezők befolyása. A főleg kövületek szolgáltatta bizonyítékok arra mutatnak, hogy az elmúlt 60 millió évben a légkör összetétele megközelítőleg olyan volt, mint ma.

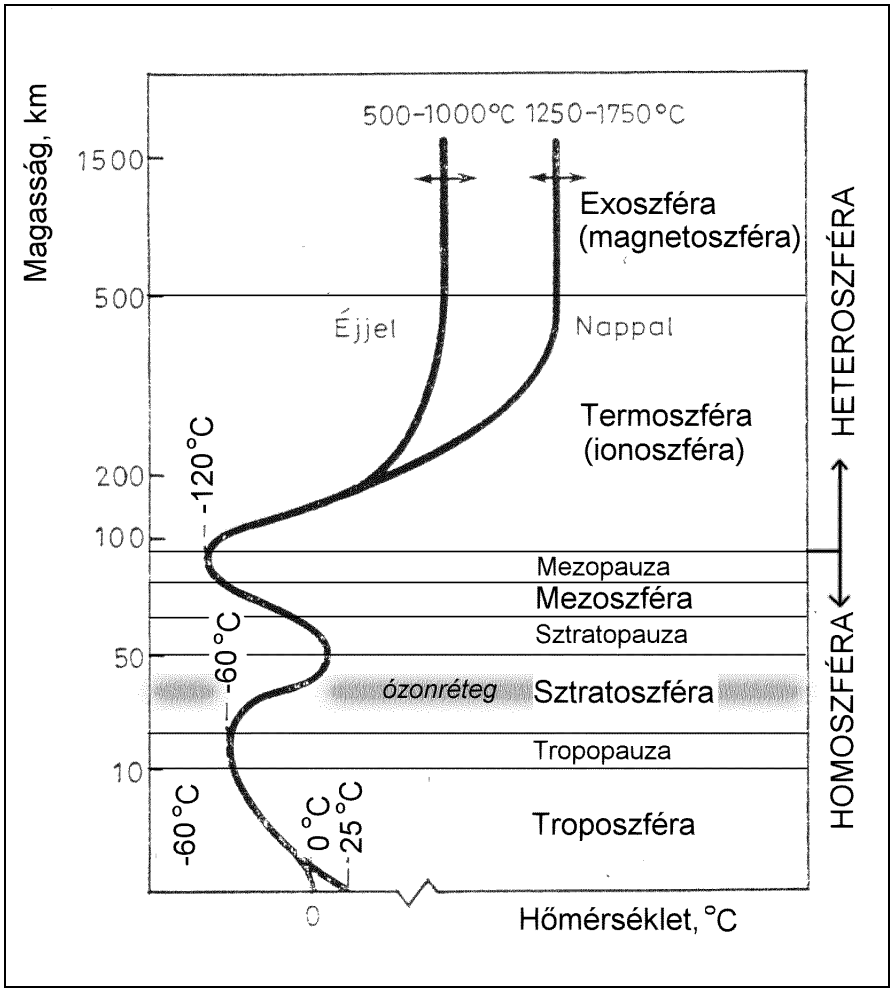
5.1. A légkör szerkezete

A földi légkör (atmoszféra) néhány ezer km magasságig terjed a világűrbe. A kozmikus méreteket tekintve azonban ez a védőburok nem vastagabb, mint az alma héja.

Az atmoszférát fizikai tulajdonságaitól függően osztjuk különböző rétegekre, bár ezek között nincsenek éles határvonalak. A rétegekben a hőmérséklet és a nyomás különbségeit a Nap hőjének eloszlása és a gravitáció hozza létre.

A légkör relatív összetétele kb. 80 km magasságig - a légáramlatok állandó keverő mozgása hatására - állandó, noha a sűrűsége természetesen fölfelé csökken. A légkörnek ezt a részét homoszférának nevezzük.

A homoszféra több sávra különíthető el, elsősorban a hőmérséklet változásainak köszönhetően.
Ezek a következők (ld. 20. ábra).



20. ábra A Föld légkörének szerkezete
(*László ferenc: Környezetvédelem korszerüen* nyomán)

Troposzféra (felhőöv)

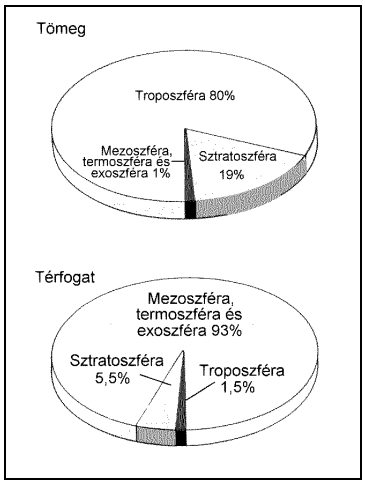
Az élő szervezetek számára a legfontosabb réteg, a földfelszíntől 8-10 km magasságig terjed. Ebben élünk, itt játszódnak le a klimatikus folyamatok. A **nyomás** itt a legnagyobb. Ebben a teljes légkörhöz képest kicsiny sávban tömörül össze a légkör anyagának 80 %-a, amint azt a következő (21.) ábra mutatja.
A hőmérséklet a kezdeti magas értékről fölfelé haladva csökken egészen a tropopauzáig.

Sztratoszféra

A sztratoszféra a tropopauza fölött kb. 50 km magasságig terjed, magában foglalja az ózonréteget. Az ózonréteg 20-40 km magasságban - mint egy védőpajzs - felfogja a Földre a Napból érkező nagy energiájú ibolyántúli sugárzást, így a hőmérséklet a magassággal nő, míg el nem éri a maximális 10 ^{o}C-ot.

Mezoszféra

A sztratopauzától kb. 80 km magasságig terjed. A mezoszférában fokozatosan kb. -120 ^{o}C-ig csökken a hőmérséklet. A mezoszférában nagyon alacsony a levegő sűrűsége, de még elegendő ahhoz, hogy a Föld légkörébe lépő legtöbb meteoritot elégesse.
A mezopauza zárja a homoszféra rétegét. E fölött helyezkedik el a heteroszféra. Rétegei a következők:



21. ábra
A légkör tömeg- illetve térfogatarányos összetétele
(*Bolygónk születése* nyomán)

Termoszféra (kb. 500 km magasságig terjed)

Ez a réteg elnyeli az ultraibolya sugárzás nagy részét, aminek következtében a magassággal nő a hőmérséklet. Kb. 1200 ^{o}C-ot ér el, bár a levegő ritkasága miatt nagyon csekély benne a hőenergia. Ezt a réteget **ionoszférának** is nevezzük, mivel a napsugárzás energiájának hatására vezetőképesség (ionizáció) jön létre az egyes rétegekben. Az ionizáció során a halálos UV sugárzás (175 nm hullámhosszúság alatt) felhasználódik.

A rövid- és hosszúhullámú rádióadásokat az ionoszféra különféle rétegei verik vissza, ennek nagy szerepe van a telekommunikációban. A nagyon magas frekvenciájú rádióhullámok számára azonban az egész atmoszféra átjárható, így a távoli csillagokról érkező rádiójelek is felfoghatók a Föld felszínén.

Exoszféra (magnetoszféra)

500 km felett az elektromágneses jelenségeket mutató külső atmoszféra kezdődik.

5.2. A levegő összetétele

A légköri levegő **aerodiszperz** rendszer, vagyis gáz halmazállapotú, cseppfolyós és szilárd részek keveréke.
A gázfázis egyes komponenseit **alapgázoknak** nevezzük. Ezek aránya a száraz levegőben:

gáz	**térfogat %**
nitrogén (N_2)	78,10
oxigén (O_2)	20,93
argon (Ar)	0,93
széndioxid (CO_2)	0,03
hidrogén (H_2) és nemesgázok	0,01

5. táblázat

Az alapgázokon belül külön említést érdemel a széndioxid, amely a levegőben mint állandó összetevő 0,03 térfogatszázalékban van jelen. Ez az arány a tenger, a légkör és a bioszféra között kialakult egyensúly következtében állandó, az utóbbi évtizedekben azonban az emberi

beavatkozás hatására növekszik. Ez azért fontos, mert a széndioxid a Föld sugárzási mérlegének kialakításában játszik szerepet. A rövidhullámú sugárzást átengedi, de a hosszú hullámú hősugárzást nagy mértékben abszorbeálja, és visszasugározza a földre. Ez az ún. „üvegházhatás” lényege.

A széndioxid növekedése a légkörben tehát felmelegedéshez, csökkenése pedig lehűléshez vezet. A fosszilis tüzelőanyagok égetése miatt századunk eleje óta egyre növekszik a széndioxid mennyisége a levegőben.

Az alapgázokon kívül a természetes levegőben ún. **„vendéganyagok”** is előfordulnak, aminek az az oka, hogy a bioszféra elemei között állandó dinamikus anyagcsere van. A vendéganyagok lehetnek légneműek, illetve cseppfolyós vagy szilárd aeroszol részecskék.

– **Vízgőz**: Az Egyenlítőnél 3-4 %-ban, a mérsékelt égövben kb. 1 %-ban fordul elő. Száraz levegő és vízgőz elegye a nedves levegő. Ha a vízgőz szilárd vagy gáznemű kondenzációs magvakon kicsapódik, felhő vagy köd keletkezik. **A víz így alapvető szerepet játszik a légkör öntisztulásában is, mivel az eső a szennyező anyagokat ilyen módon mintegy kimossa a légkörből.** (Ezzel egyidejűleg viszont szennyeződnek a vízfolyások.)

(Kondenzációs magvak: levegőben lebegő részecskék, por, korom, sókristályok..)

– **Gázok:** Az emberi tevékenységtől függetlenül is számos gáz halmazállapotú vegyületet is tartalmaz a légkör a biológiai, vulkanikus vagy légköri (villámlás) folyamatok eredményeként. Ezek a következők:

CH_4 metán
H_2S kénhidrogén
SO_2 kéndioxid
NH_3 ammónia
NO_x nitrogénoxidok (NO nitrogén-monoxid, NO_2 nitrogén-dioxid)
O_3 ózon

Bár nagy mennyiségben általában ártalmasak a vendéggázok, de kis mennyiségben való természetes jelenlétükhöz az ember már hozzászokott.

Az ózon a magasabb légrétegekben keletkezik és a légkör energiaháztartásában van szerepe (ózonpajzs).

A nitrogénvegyületek közül a dinitrogén-oxid található a légkörben a legnagyobb mennyiségben, majd az ammónia és a nitrogén-dioxid. A kénvegyületek közül a kéndioxid és a kénhidrogén a legjelentősebb. A teljes kénkibocsátás a Földön évente kb. 100×10^6 tonna, és ennek mintegy a fele emberi tevékenység eredménye. A legfontosabb nyomgázok koncentrációit és a légkörben való tartózkodási idejüket a táblázat mutatja.

Tartózkodási idő: *az az idő, amely alatt az adott gáz a légkörből eltűnne, ha nem lenne folyamatos utánpótlása.*

A nyomgázok koncentrációja és tartózkodási ideje a légkörben

Nyomgáz	**Koncentráció**		**Tartózkodási idő**
	térfogat %	mg/m^3	
H_2O	$(0.4\text{-}400)1\times0^{-2}$	$(3\text{-}3000)\times10^4$	10 nap

O_3	$(0\text{-}5)\times10^{-6}$	0-100	2 év
CO_2	3×10^{-2}	6×10^{5}	4 év
CO	$(1\text{-}20)\times10^{-6}$	$(1\text{-}20)\times10^{1}$	0,3 év
N_2O	$(2{,}5\text{-}60)\times10^{-5}$	$(5\text{-}120)\times10^{2}$	8 év
NO_2	$(0\text{-}3)\times10^{-7}$	0-6	3 nap
NH_3	$(0\text{-}2)\times10^{-6}$	0-15	7 nap
SO_2	$(0\text{-}20)\times10^{-7}$	0-50	5 nap
H_2S	$(2\text{-}20)\times10^{-7}$	3-30	40 nap

6. táblázat

– **Szilárd és cseppfolyós vendéganyagok**: A szilárd valamint a cseppfolyós részecskék (méretük: 10^{-2} - 10μm) egy része a föld, illetve az óceánok felszínéről **diszpergálódással**, másrészt **vulkáni kitörések** során kerül a levegőbe. Harmadik részük magában a légkörben keletkezik különböző reakciók eredményeképpen (kénsav, ammóniumszulfát). A háttérlevegő 1 m^3-ében kb. 250-500 millió db aeroszol részecske található. A talaj természetes eredetű radioaktív izotópjai közül a Rn^{222}**Hiba! A kapcsoló argumentuma hiányzik.** nemesgáz, így a talajból a levegőbe jut, ahol további bomlással szilárd termékek keletkeznek. Így magyarázható, hogy a levegő aeroszoljai többnyire kissé radioaktívak (az óceán felett 1-2 nagyságrenddel alacsonyabb a levegő radonkoncentrációja, mint a szárazföld felett).

A fent felsorolt anyagok alkotják a légkör háttérszennyezettségét.

5.3. Légszennyező anyagok

A légszennyező anyagok a levegőbe közvetlenül a szennyező forrásból kerülhetnek **(emisszió).** Ezek az **elsődleges szennyezők.** Keletkezhetnek szennyezőanyagok az elsődleges emisszió anyagaiból kémiai reakciókkal is. Ebben az esetben **másodlagos szennyezőkről** beszélünk.

A légszennyező anyagok koncentrációja függ:
– a levegőbe jutó légszennyező anyag mennyiségétől
– a befogadó légtér nagyságától
– a légkört elhagyó szennyezőanyag mennyiségétől

5.3.1. A levegőszennyezés forrásai és fajtái

Levegőszennyezőnek kell tekinteni származásuktól és állapotuktól függetlenül azokat az anyagokat, amelyek olyan mértékben jutnak a levegőbe, hogy azzal az embert és környezetét kedvezőtlenül befolyásolják, vagy anyagi kárt okoznak.

Bár a **természetes** szennyező források összkibocsátásukat tekintve a **mesterséges** szennyező forrásokat jelenleg még többszörösen meghaladják, a bioszféra szempontjából káros szennyezőanyag-koncentrációk kialakulásához nem vezetnek.

A **mesterséges szennyezőforrások** egyik fő jellegzetessége, hogy általában **területileg koncentráltan** helyezkednek el, ezért a szennyezőanyagokat **korlátolt kiterjedésű térbe** bocsátják ki, és ezek ártalmatlan szintre való **hígulására** már csak a lakott **területen kívül** kerül sor.

A légszennyezés folyamata három jól elkülöníthető szakaszból áll:

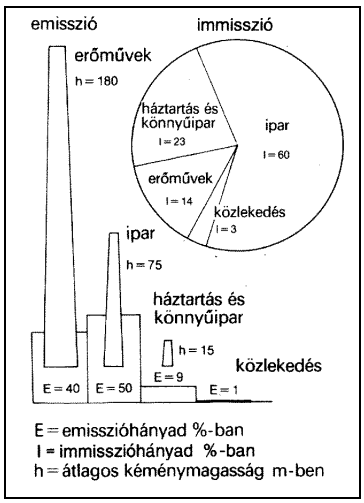
Emisszió alatt a különböző típusú forrásokból időegység alatt a környezeti levegőbe bocsátott szennyező anyag mennyiségét értjük.

- **mértékegysége:** kg/h
- **koncentrációja:** g/Nm^3 a légszennyező anyagoknak a hordozó gáz normál térfogatára vonatkoztatott mennyisége.

Transzmisszió: olyan folyamat, amelynél a levegőszennyező anyagok térbeli helyzete és megoszlása megváltozik a nyílt légkörben való mozgás hatására, vagy további fizikai, kémiai hatások következtében.

Immisszió: a szilárd, folyékony és gázformájú légszennyező anyagok talajközelbe kerülése utáni környezeti levegőminőség.

Az agglomeráció emissziós csoportjainak hatását az immisszió alakulására a 22. ábra mutatja.



22. ábra
Az emisszió és az imisszió összefüggése
(*Ulrich Förstner:* Környezetvédelmi technika nyomán)

A légszennyező források fő típusai:

Pontszerű forrás (kémény, kürtő, szellőző)

A koncentrált paraméterű források (pontforrások) esetében egyértelműen meghatározható:
- a légszennyező anyagok koncentrációja
- a hordozó gázok térfogatárama
- a környezetbe kilépő káros anyagok mennyisége

Az ún. magas pontforrásoknál (erőművek magas kéményei) a légkör természetes hígítóképessége optimálisan tud érvényesülni.

Területi forrás

A szórt paraméterű, **diffúz** forrásoknál meghatározható:
- a szennyező anyagokat kibocsátó felület nagysága

nem határozható meg:
- a hordozó gáz térfogata és áramlási sebessége

csak közvetett mérések és számítások útján következtethető:
- a környezetbe kerülő anyagok mennyisége

Vonalas légszennyező forrás (közút, vasút, légifolyosó, vízi út)

a diffúz források fontos alcsoportjánál meghatározható:
- a rajtuk áthaladó forgalom nagysága
- a járműfajták egyedi kibocsátása

közvetve a fenti adatok segítségével számítható:
- a szennyező hatás mértéke

A légszennyező anyagok csoportosítása

A legegyszerűbb a halmazállapot szerinti csoportosítás, így beszélhetünk
- szilárd

– cseppfolyós
– gáz halmazállapotú légszennyezőkről.

A gáz halmazállapotú szennyezők koncentrációját *(k)* mg/m^3, mg/Nm^3 vagy ppm, (esetleg g/m^3, mg/m^3, ppb) egységekben adják meg.

A **ppm** (parts per million) **térfogatarányban** kifejezett koncentráció, jelentése:

A **ppb** (parts per billion) jelentése:

1 ppm =	*(cm^3) légszennyező anyag* ----------
Hiba! A kapcsoló argumentuma hiányzik.	
1 ppb =	***hiányzik.*** *(mm^3) légszennyező anyag* ---------~~*(m^3) levegő*~~--------
Hiba! A kapcsoló argumentuma hiányzik.	*(m^3) levegő*

A ppm vagy ppb megadás lényege, hogy egységben történő hőmérsékletének és az a gáz változásától nyomásának gyakorlatilag független.

A *k* = mg/m^3 ill. mg/Nm^3 a **tömeg szerinti koncentráció.**

A tömeg szerinti koncentráció és a térfogatarányban megadott koncentráció összefüggése a következő:

[redacted] **Hiba! A kapcsoló argumentuma hiányzik.**

V = légszennyező gáz moláris térfogata, m^3/kmol
M = a légszennyező gáz moláris tömege, kg/kmol
k = a tömeg szerinti koncentráció, mg/m^3

A por- és ködszennyezés mértékét a tömeg vagy részecskeszám szerinti koncentrációval fejezthetjük ki:
– tömeg szerinti koncentráció vagy **porterhelés,** mg/Nm^3
– részecskeszám szerinti koncentráció, db/Nm^3

Ülepedő porok jellemzésére a porszórás megadása szokásos:
– porszórás: a környezet területegységére időegység alatt leülepedő por mennyisége
– mértékegysége: g/(m^2 × hónap)
t/(km^2 × év)

Az aeroszolok

Az aeroszoloknak két fő csoportja van: diszperziós és kondenzációs.

– **diszperziós aeroszolok** szilárd, vagy folyékony anyagok aprítása illetve porlasztása vagy levegőáram révén lebegő állapotba hozása során keletkeznek. Szabálytalan alakúak.

– **kondenzációs aeroszolok** gőzök kondenzációja vagy gázok kémiai reakciója révén képződnek.

A légkörbe jutó idegen anyagok szerencsére nem maradnak meg sokáig változatlanul, mert az komoly veszélyekkel járna. A levegőnek az élő vízhez és talajhoz hasonlóan **természetes öntisztulása van.**

5.4. A levegő öntisztulása

A tisztulási folyamatok három csoportba sorolhatók:
a) a szennyező anyag a légtérből eltávozik
a tisztulás módjai:
- ülepedés (szedimentáció): amellyel a szennyezés durva frakciója távozik az atmoszférából (szilárd, cseppfolyós)
- kihullás (fall out): radioaktív anyagok kikerülése a légkörből
- impakció és precipitáció: a szennyeződések kiválasztása ütközés és tapadás útján
- adszorpció, abszorpció: gáznemű szennyeződések megkötése
- kondenzálódás (rain out): kondenzációs magok, mint szennyező anyagok csapadékképződés alapjául szolgálnak, a csapadékkal kihullanak a légkörből
- kimosódás (wash out): a csapadékhullás „átmossa”, megtisztítja a légréteget.

b) a szennyező anyagok kevésbé ártalmas anyagokká alakulnak át

c) a szennyező anyag koncentrációja csökken, felhígul
- diffúzió

  szelek turbulens mozgásai a szennyező anyag koncentráltságának az enyhítését, a hígulást eredményezik. Az atmoszféra egészére nézve ez azonban közömbös, a szennyezőanyag összmennyisége nem változik.

5.5. A levegő fizikai állapothatározói

A levegő fizikai állapotának fontos szerepe van a levegőszennyeződés elviselésében.

A levegő pillanatnyi állapotainak sorozata maga az **időjárás.** Az időjárás törvényszerűségeinek vizsgálatával a **meteorológia** foglalkozik. Az időjárások összessége a földfelszín egy adott helyén az **éghajlat.** Az éghajlattal a **klimatológia** tudománya foglalkozik.

Az időjárás és az éghajlat jellemzéséhez, megértéséhez szükség van a fizikai állapothatározók ismeretére.

A levegő fizikai állapothatározói:
- léghőmérséklet
- légnyomás
- levegő nedvességtartalma
- felhőzet mennyisége
- látástávolság
- szélsebesség
- szélirány

Léghőmérséklet:

A napsugárzás hatására a talajközeli rétegek felmelegszenek és felemelkednek (függőleges mozgás). Helyükre a hűvösebb terület felől légrétegek áramlanak (vízszintes mozgás). Ezáltal keverik a troposzférát és hígítják a szennyezést.

Inverziós réteg: az légréteg, amelyik melegebb az alatta fekvő légrétegnél, és ezzel megakadályozza a természetes légcserét. (Ld. még 5.6.2.)

Ha az inverziós réteg magassága 700 m, akkor hatása veszélyes, ha 300 m alatti, akkor hatása kritikus.

Felhőzet : leárnyékolja a talajfelszínt, zárórétegként viselkedik, a szennyező anyag alatta reked.

Nedvességtartalom:
- **abszolút**: az 1 m^3 levegőben lévő vízpára grammokban kifejezett mennyisége.
- **relatív:** a tényleges páratartalmat az adott hőmérsékleten a telítési vízgőz százalékában adja meg. Mérsékelt égövi klíma esetén ez átlagosan
  nyáron 40 - 60 %
  télen 70 - 90 %

A levegő nedvességtartalma a bioszféra részére többek között a felhő- és csapadékképződés miatt is nagyon fontos tényező. A csapadék úgy képződik, hogy a levegő lehűlésekor telítődik, és a jelenlévő kondenzációs magokra (füst, korom, porszemcsék, különböző ionok és gázmolekulák) kondenzálódik a vízgőz, így keletkezik a **köd.** A max. 10 μm átmérőjű ködszemcsék felhőket alkotva lebegnek. Amikor a ködszemcsék nagyobb méretűekké „híznak”, a felhajtóerő már nem tudja lebegő állapotban tartani őket, és csapadék formájában lehullanak. Hőmérséklettől függően a csapadék lehet
melegben:
- harmat
- eső

hidegben:
- dér
- hó

hirtelen lehűléskor:
- dara (nincs idő a kristályosodásra)
- jég

Az elmondottakhoz tartozik, hogy több szennyező tényező egyidejű jelenléte súlyosabb következményekkel járhat, mint az egyes hatások összege. **Ez a jelenség a szinergizmus.**

5.6. Légszennyezést okozó emberi tevékenységek

Az egyes országok emissziójának fajtája és mennyisége számos tényezőtől függ. Ezek a tényezők a következők:
- lakosság száma
- az energiatermeléshez és lakossági fűtéshez használt tüzelőanyag fajtája
- ipari termelés mértéke, korszerűsége
- légszennyező anyagok leválasztásának foka
- gépjárművek száma

– személy- és tehergépkocsik műszaki színvonala
– éghajlat

Az évente kibocsátott légszennyező anyagok mennyiségét tekintve az emisszió fele közlekedésből, kb. 1/4-1/4 része pedig az iparból és a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből ered.

A levegő szennyezését tehát elsősorban **égési folyamatok** (oxidáció) okozzák, bárhol mennek is végbe; háztartásokban, hőerőművekben vagy gépjárművek robbanómotorjaiban.

A fosszilis tüzelőanyagok a szénen kívül tartalmaznak más elemeket is, ez kihat a füstgázok összetételére.

Égéstermékek hatása a környezetre

A szén tökéletlen égésekor **szénmonoxid (CO)** keletkezik, ami **nagyon erős méreg.** A tökéletes égés terméke, a **széndioxid (CO_2)** viszont hasznos a növények számára.

A kéndioxid (SO_2) egyike a legkárosabb légszennyező anyagoknak.
A városok kéndioxid- és szilárdrészecske-emissziójának mértéke elsősorban a kommunális fűtés és az ipari hőenergia-termelés tüzelőanyagaitól és berendezéseitől függ.

A kéndioxid-szennyezettséget az átlagkoncentráció csökkenő sorrendjében felsorolt első 10 magyar város esetén a 7. táblázat mutatja.

Sorszám	Település	Kén-dioxid átlagkoncentrációja (mg/m^3)		
		éves	nem fűtési	fűtési
1.	Tatabánya	71,73	21,97	121,53
2.	Dorog	66,18	21,50	110,88
3.	Miskolc	36,60	10,65	62,63
4.	Ózd	32,08	9,93	54,87
5.	Kazincbarcika	30,65	12,92	48,43
6.	Pécs	30,55	13,10	48,07
7.	Komló	29,48	9,52	49,52
8.	Debrecen	28,42	18,53	38,33
9.	Nyíregyháza	24,50	13,77	35,25
10.	Győr	23,87	14,92	32,85

7. táblázat

A pernyekibocsátás csökkentésére mechanikus vagy elektrosztatikus leválasztó-berendezéseket alkalmaznak.

A kéndioxid-kibocsátás csökkentése a szén vagy a füstgázok kéntelenítésével lehetséges.

Többek között a növekvő kéndioxid-kibocsátás is felelős a **savas esők** pusztításáért. A kéndioxid ill. korom, pernye **szinergikus** kapcsolata a hőmérsékleti viszonyokkal okozza a **londoni szmogot** (ld. 5.6.2.).

A gépkocsik légszennyezése

A nagyvárosok járműforgalomból eredő légszennyezése az egyik központi probléma. Ennek értékelésekor ismerni kell az Otto- és dízelmotorok kipufogógázainak eltérő összetételét (ld. 8. táblázat).

Komponens	Otto-motorok	Dízelmotorok	Hatás
nitrogén	74-77 tf%	76-78 tf%	nem mérgező
oxigén	0,1-3 tf%	2-14 tf%	
vízgőz	3-6 tf%	0,5-6 tf%	
szén-dioxid	5-12 tf%	1-6 tf%	
szén-monoxid	0,5-10 tf%	0,01-0,2 tf%	mérgező
nitrogénoxidok	500-3000 ppm	200-5000 ppm	
szénhidrogének	100-10000 ppm	10-500 ppm	
aldehidek	0-200 ppm	0-50 ppm	
korom	0-2 mg/m^3	10-1100 mg/m^3	
benzo-a-pirén	10-20 μg/m^3	0-10 μg/m^3	rákkeltő

8. táblázat

A kétféle motorban eltérő égésfolyamatok játszódnak le, más az üzemanyag is. Az egyes komponensek mennyiségét a motor üzemállapota nagymértékben befolyásolja. Közvetlen egészségártalom szempontjából legveszélyesebb a szénmonoxid, amely már 0,01 % térfogatszázalék koncentráció felett mérgezési tüneteket okozhat azáltal, hogy a vér hemoglobinját hatástalanná teszi (nem tudja megkötni az oxigént). A szennyező hatás értékelésére a robbanómotoroknál elsősorban a szénmonoxidot, a kompressziós gyújtású motoroknál a koromtartalmat, nitrogénoxidokat, szénmonoxidot és kénhidrogéneket mérik.

A **kipufogógáz koromtartalma** max. 550 mg/m^3 lehet.

Elsősorban a közlekedés felelős az ún. **Los Angeles-i szmog** (ld. 5.6.2.) kialakulásáért.

Az emisszió csökkentésének lehetőségei:
- gondos karbantartási tevékenység
- benzin ólomtartalmának csökkentése, ólommentes benzin forgalmazása
- gázolajok kéntartalmának csökkentése

Az ipari szennyezések

Az ipar rendkívül változatos szennyező anyagaival és koncentrált forrásaival tűnik ki. Néhány példa:
- szénbányák (szén-meddőpor kibocsátása)
- cementgyárak (porszennyezés)
- kohászat (szénmonoxid, metán, por)
- foszforműtrágya-gyártás (hidrogénfluorid)
- alumíniumgyártás (hidrogénfluroid)
- szerves vegyipar (klór)
- kénsavgyártás (kéndioxid)

– nitrogénműtrágya-gyártás (nitrogénoxidok)
– salétromsavgyártás (nitrogénoxidok)

Mezőgazdasági tevékenységből származó légszennyezések

Magyarország területének 70 %-a áll mezőgazdasági művelés alatt. Ennek következtében az ország fele fel van szántva, nagy része hónapokig fedetlen, így a szél hatására jelentős a levegő porszennyezése. A vegyszerek mezőgazdasági használatánál nemcsak a műtrágyák pora, hanem biológiailag aktív anyagok egész sora kerül a levegőbe, különösen mióta repülőgépről szórják, permetezik azokat. A **peszticidek** alkalmazása miatt ma már a mezőgazdaság a természet biológiai egyensúlyát nagyon veszélyezteti.

***Peszticidek** (növényvédő szerek) csoportosítása céljuk szerint:*
– *herbicidek (gyomirtó szerek)*
– *defóliánsok (lombtalanítók)*
– *baktericidek (baktériumölők)*
– *fungicidok (gombaölők)*
– *inszekticidek (rovarölők)*
– *akaricidok (atkaölők)*
– *nematicidek (féregölők)*
– *rodenticidek (rágcsálóölők)*
– *molluszkicidek (puhatestűeket pusztítók)*

5.6.1. A savas eső

A levegőszennyező anyagok közül a kéndioxid (SO_2), nitrogénoxidok (NO_x) és a sósav (HCl) felelősek a levegő egyre fokozódó savasodásáért. A károsító anyag
– közvetlenül **(száraz ülepedés)**
– oldatként **(nedves ülepedés = savas eső),** a levegőből kimosódva gyakorolhat hatást az élőlényekre és anyagi javakra.

A csapadék (esővíz) Földünk legtöbb területén természettől fogva savas. Természetes átlagérték: pH = 5,6

A savasság, lúgosság (a kémhatás) jellemzésére a pH-érték szolgál.

A pH számértéke azt mutatja meg, hogy az adott oldat egy literében hány gramm H^+ ion található. Ez az ionmennyiség tízes alapú negatív logaritmusában van kifejezve. Például pH=3 azt jelenti, hogy 1 liter oldatban 10^{-3} g, azaz 0,001 g H^+ ion van. A pH-skála 0-tól 14-ig terjed. A pH=7 érték a semleges kémhatás pH-ja, ettől kisebb értékek a savasodást, a növekvő számok (amik kisebb mennyiségű H^+-iont jelentenek) a lúgosságot jelzik.

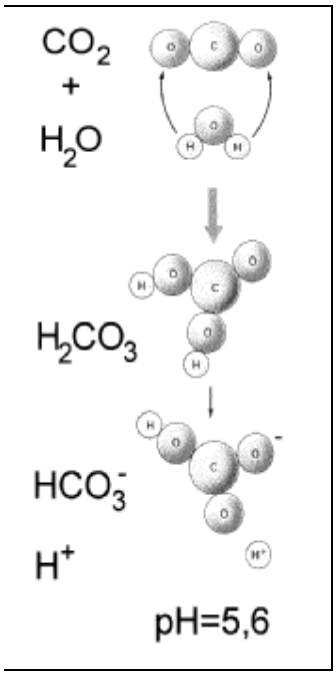
Savnak számít tehát minden olyan **vegyület**, amelyik **hidrogéniont** szabadít fel, ha vízben **oldjuk**.

A H^+-ionnal egyidőben negatív OH^- gyökök is felszabadulnak.

Vagyis **lúgnak** számít minden olyan vegyület, amelyik vízben oldva **hidroxilgyököt** szabadít fel.

Ne feledjük el, hogy a logaritmikus skála miatt pH=4 tízszer olyan savas, mint a pH=5 értékű folyadék. Ezt szem előtt tartva könnyebben megértjük, miért olyan érzékenyek az élőlények a pH-érték változására (savas eső).

Miért savas az esővíz?



23. ábra
Miért savas az esővíz ?
Enviromental Sciencine nyomán)

A tiszta légkörben található széndioxid, ha vízben oldódik, részben enyhe szénsavvá válik. (Ld. 23. ábra.)

A savas eső kialakulása különböző szennyezőanyagok esetén

Kéndioxid (SO_2)

A kéndioxid vízben részben **kénessavvá** oldódik (H_2SO_3). A **troposzférában** lévő **ózon** (O_3) és a **hidrogénperoxid** (H_2O_2) hatására **kéntrioxiddá** (SO_3) oxidálódik, amely vízzel egyesülve **kénsavat** (H_2SO_4) eredményez.

Nitrogénoxidok (NO_x)

A nitrogén-monoxidot (NO) elsősorban az **ózon** (O_3) és az oxigén (O_2) **nitrogéndioxiddá** (NO_2) oxidálják, melyből **salétromossav** (HNO_2) és **salétromsav** (HNO_3) keletkezik.

$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$ $2NO_2 + H_2O \rightarrow \mathbf{HNO_2} + \mathbf{HNO_3}$
$NO + NO_2 + H_2O \rightarrow \mathbf{2HNO_2}$

A SO_2 elsősorban hagyományos erőművekből, a NO_x főleg közlekedésből származik. A SO_2 részesedése a csapadék savtartalmában kb. 50 %. Mivel e gáz élettartama magas, és nagy tömegekben bocsátják ki, még a forrástól 2000 km távolságban is érezteti hatását.

A savas esők elsősorban **erdőpusztulást** okoznak, de károsítják a vízi életet és az épületeket is.

Az épületek károsítása különösen a nagy értékű műemlékek, köztéri szobrok veszélyeztetettsége miatt vált ismertté. A karbonáttartalmú kőzetek, pl. meszes homokkő, márvány, vagy meszes habarcs a kénsavval reagálva gipsszé ($CaSO_4$) alakulnak.

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$$

A gipsz a hajszálrepedésekbe jutva a víz felvétele esetén megduzzad, a feszültség a kőzetet szétfeszíti. A gipsz a felületen gipszkérget, gipszvirágzást okoz, amely a kő felszínét rétegesen leválasztva rombolja azt.

H_2SO_4 hatására tönkremennek a **festett üvegek,** a SO_2 kifakítja, homályossá teszi őket.
A savas eső a talajban is káros hatást fejt ki: a H^+ ionok kicserélik a talaj agyagásványainak K^+, Na^+, Mg^{2+}, és Ca^{2+} ionjait (szilikátpuffer).
Ha a talaj pufferkapacitása kimerül, Al^{3+} ionok szabadulnak fel, amelyek nagymolekulájú alumíniumhidroxid kationok formájában a talajban maradnak. Az Al^{3+} ionok és a velük együtt felszabaduló nehézfém-ionok tönkreteszik a gyökérzetet.

5.6.2. A szmog

A szmog kialakulása tipikus példa a szinergizmusra, vagyis arra, hogy több kedvezőtlen tényező együttes hatása nagyon súlyos következményekkel járhat.

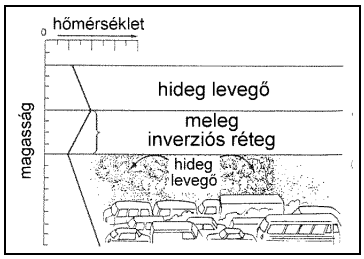
A szmognak két alapvető fajtája ismeretes:

– **téli szmog** (London-típusú)

ez a fajta szmog főleg télen, a következő jellemzők mellett alakul ki:

- magas légnyomás
- magas relatív páratartalom (> 80 %)
- -3 és + 5 ^{o}C közötti hőmérséklet
- szennyezőanyagok feldúsulása (por, SO_2, stb.)
- inverziós légréteg kialakulása
- szélcsend

Az inverziós réteg kialakulása: télen, fűtési szezonban, az éjszaka folyamán sok szennyező anyag kerül a levegőbe az ipari szennyezésen túl a háztartási tüzelések révén is. A reggeli órákban a nagy páratartalom következtében (a szennyezőanyagok kondenzációs magként működnek) nagy köd (füstköd) keletkezik. A gyenge napsütés a felső tisztább réteget hamarabb átmelegíti, így ez az inverziós réteg lezárja az alsó hidegebb réteget, ahol ennek következtében a szennyező anyagok koncentrációja egyre nagyobb lesz. (Ld. 24. ábra) Ha az inverziós réteg elég alacsonyan alakul ki (300 m alatt), az komoly veszélyeket rejt magában, légszennyezési katasztrófához vezethet.



24. ábra
Az inverziós réteg kialakulása
(*Enviromental Sciencine* nyomán)

A **London-típusú** szmog **redukáló** sajátosságokkal rendelkezik.

A keletkező H_2SO_4 és SO_2 a lúgos kémhatású szájnyálkahártyán semlegesítődik. A $\mathbf{SO_2}$ azonban porszemcsékre abszorbeálódva, a higroszkópos **kénsav** pedig aeroszolt képezve bejuthat a **tüdőbe** és szétmarhatja a kapillárisok falát, asztmát, tüdőödémát, halálos betegséget okozva.

Londonban 1952 decemberében csaknem 1000 ember halt meg egy ilyen típusú szennyeződési helyzet kialakulásakor, amikor is az inverziós réteg több napon át elzárta szennyezőanyagok távozásának az útját. Azóta nevezik a szinergizmusnak ezt fajtáját ***Londoni szmognak.***

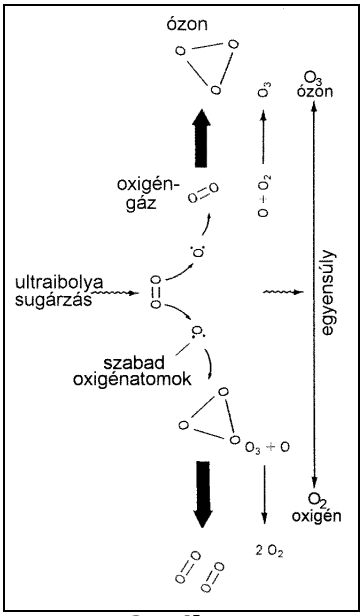
– **fotokémiai szmog** (Los Angeles-típusú)

Forgalmas nagyvárosokra jellemző jelenség, elsősorban Kaliforniában lép fel. A szinergizmus alkotóelemei:

- 25-35 ^{o}C hőmérséklet (főleg déli órák)
- alacsony páratartalom
- kis szélsebesség (< 2 m/s)
- szennyezőanyagok, elsősorban autók kipufógázai (NO_x, aromás szénhidrogének)
- nagy forgalom
- inverziós réteg

Az inverziós réteg kialakulása:
A tengeri levegő (hideg) a meleg stacionárius levegő alá áramlik. A hideg légréteg hőmérséklete a talajtól felfelé csökken, majd a meleg légrétegbe érve ismét emelkedik.
A két légtömeg határán nem jöhet létre gázcsere.

A nagy forgalom hatására a szennyezőanyagok már reggel felszaporodnak, és a napfelkelte után az UV-sugárzás hatására a NO2 fotolitikus úton NO+O-né alakul. Az atomos oxigén a molekulával (O2) egyesül ózonná (O + O2 ® O3), de reagál a szénhidrogénekkel is. A szénhidrogénekből származó gyökök (OH-, HO2-) a NO-t NO2-dá oxidálják, és fokozzák az ózonszintézist. Az ózonból UV-sugárzás hatására gerjesztett O-atomok hasadnak le, melyek a vízzel OH- gyököket képeznek:



25. ábra
Az ózonpajzs működése
(*Enviromental Sciencine* nyomán)

$$H_2O + O^- \rightarrow 2OH^-$$

Az OH- gyökök elősegítik a szénhidrogének lebontását, melynek során O2, NO és NO2 részvételével különböző reaktív szerves gyökök, végül peroxi-alkil-nitrátok keletkeznek. A peroxi-acetil-nitrát (PAN) izgatja a nyálkahártyát. Az O3 káros az egészségre és a PAN-hoz hasonlósan károsítja a levelek szerkezetét.

5.6.3. Az „ózonlyuk”

Az előzőekben volt már szó az ózonréteg elhelyezkedéséről és szerepéről. A **tiszta légkörben** ez a kb. 15-40 km magasságban húzódó „védőpajzs” elnyeli a nagy energiájú UV sugarakat, és így megvédi annak káros hatásától a bioszférát. Ennek a folyamata a következő: (ld. 25. ábra)

Ha az ibolyántúli sugarak elérnek egy O_2 molekulát, két szabad oxigénatom keletkezik, melyek mindegyike O_2-molekulával egyesülhet és így ózont képezhet.

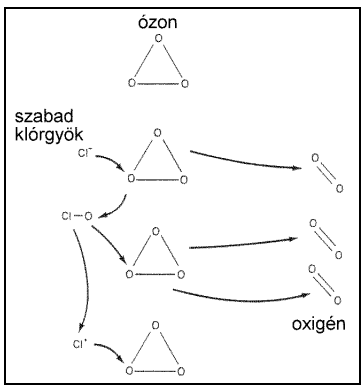
UV $O_2 \rightarrow O + O$ $O + O_2 \rightarrow \mathbf{O_3}$	UV $O_3 \rightarrow O_2 + O$ $O + O_2 \rightarrow \mathbf{O_3}$ $O + O \rightarrow \mathbf{O_2}$

A létrejött ózon ismét képes ibolyántúli sugárzást elnyelni, és O_2-re valamint aktív O-atomra hasadni.

A felszabadult O vagy másik O-atommal találkozva O_2 molekulát, vagy O_2 molekulával találkozva O_3-t hoz létre. A reakciók láncolata során természetes egyensúly jön létre.

A hetvenes években végzett kutatások azt mutatták, hogy a fokozódó környezetszennyezés megzavarta az érzékeny egyensúlyt az atmoszférában. A kloro-fluoro-karbonok (CFC) vagy más néven freonok hatására elvékonyodott az ózonréteg az Antarktisz felett.

A freonok földközelben ártalmatlan, nem mérgező, kevéssé reakcióképes gázok. Ezért hosszú ideig megmaradnak a földfelszín közelében, és csak nagyon lassan (évek alatt) érik el a sztratoszférát. Ott viszont 65-130 éven



26. ábra
A freonok hatása
(*Enviromental Sciencine* nyomán)

át fejtik ki romboló hatásukat, míg valamilyen szerves vegyületből származó hidrogénnel HCl-dá egyesülve ki nem mosódnak a légkörből (ld. 26. ábra).

A freonok a hűtőszekrények hűtőfolyadékaiként, a habosított műanyagok buborékképző anyagaiként, és a spray-k hajtógázaiként ismertek. Sok freonszármazék ismeretes, a legegyszerűbb a triklór-fluor-metán. (CCl_3F) a freon 11.

Minél több ózon bomlik el, annál több UV sugárzás éri el a Földet. Az ózonréteg folyamatos elvékonyodását az Antarktisz, és újabban az Arktisz felett is, „ózonlyuknak” nevezzük. **Az ózonréteg vastagságát Dobson-egységekben mérik.** 100 Dobson egység 1 mm vastag (0^oC hőmérsékleten és 1 atm nyomáson), csak ózont tartalmazó atmoszférarétegnek felel meg. Az „ózonlyuk” vastagsága kb. 150 Dobson, míg más helyeken kb. 400 Dobson az ózonpajzs.

Ha a CCl_3F-molekul ibolyántúli sugárzás éri, eg klóratom lehasad. A szaba klóratom egy ózonmolekuláb elragad egy oxigénatomot, klórmonoxidot képez. (ClO Visszamarad egy O_2 molekul Ha a ClO oxigénatomm találkozik, akkor O_2 keletkezi és a Cl atom ismét felszabadu hogy az egész folyam kezdődhessen elölről. Ez reakció korlátlan számba megismétlődik a freon 65 évt tartózkodási ideje alatt.

A kutatók csak 1985-ben fedezték fel, hogy nem mindenütt, hanem csak az **Antarktisz felett** vékonyodott el az ózonréteg. Azt is megfigyelték, hogy az **évszaktól függően** változik a vastagság. 1992-ben az **Arktisz felett** is észlelték ezt a jelenséget. Az ózonréteg elvékonyodása **tavasszal** kezdődik. A jelenségnek a következő a magyarázata:

A sztratoszféra alsó ritka, hideg rétegében, -80 ^oC hőmérsékleten, a sarkvidéki tél idején jég- és NO_x-kristályokból álló felhők képződnek **(sztratoszféra felhők).** Ezekben a légrétegekben a kémiai folyamatok leállnak. A felszaporodó ClO molekulák akkor kezdik el rombolni az ózonmolekulákat, amikor a tavaszi Nap újra a **sarkvidék** felett süt, elegendő energiát adva az ózon rombolásához. A sztratoszféra-felhők ekkor még „fagyosak”, nem keverednek el az ózonban dús rétegekkel. Erre akkor kerül sor, amikor a Nap felolvasztja a **NO_x-kristályokat**. Ekkor a nitrogénvegyületek az ózont „mentesítve” reakcióba lépnek a ClO-dal, és ennek hatására az ózonritkulás csökken, az „ózonlyuk záródik”.

Káros hatások:

A λ = 242 nm alatti hullámhosszúságú, nagy energiájú sugárzás szintjének megemelkedése megtámadja a bőrt és a szemet. Az ózontartalom 1 %-os csökkenése a bőrrák előfordulásának 5 %-os növekedését eredményezi.
A növények terméshozama csökken.
Az UV sugárzás egyre több növényi planktont pusztít el az óceánokban. A planktonok nagyon sok széndioxidot használnak fel, pusztulásuk esetén nő a széndioxid mennyisége. Az **ózonlyuk** és az **üvegházhatás** között ilyen módon is **összefüggés** van.

5.6.4. Az üvegházhatás

Ha a légkörben nem lenne vízgőz és széndioxid, a Föld -18 ^{o}C-os évi középhőmérsékletű jéggömbbé dermedne. Ezek és még más gázhalmazállapotú anyagok abszorbeálják a hosszúhullámú földi sugárzást, ezáltal évi + 15 ^{o}C hőmérsékletet biztosítanak. A CO_2 növelésével azonban nemkívánatos hatások várhatók.

Az üvegházhatású gázok:

vízgőz	H_2O	\
széndioxid	CO_2	elsősorban természeti folyamatok
metán	CH_4	/
nitrogénoxidok	NO_x	közlekedés, ipar
freonok	CFC	ipar

A jelenlegi tendenciát alapul véve a jövőben a nitrogénoxidok mennyisége a légkörben 50 %-kal nőhet, a légkör metántartalma pedig 100 %-kal.

Az üvegházhatásban a **vízgőz** 67 %-ban részes, a **széndioxid** 25 %-ban.

A széndioxid-mennyiség növekedésének oka:
- fosszilis tüzelőanyagok égetése (40 000 t/perc)
- trópusi erdők felégetése (700 t/ha)
- hiányzó növényzet hiányzó fotoszintézise

A széndioxid-mennyiség alakulása:

100 000 éven át	180-280 ppm
ma:	350 ppm
2030-ban	560 ppm

Ez 2-5 ^{o}C hőmérséklet-emelkedést jelent a bolygónkon.

Miért okoz felmelegedést a CO_2-gáz?

A napenergia
- infravörös sugárzás
- látható fény
- ibolyántúli sugárzás formájában jut a Földre.

Egyharmada visszaverődik a világűrbe (légkör 25 %, földfelszín 5 %).
Egynegyedét elnyelik a felhők, 45 % jut le a Földre.

A földfelszínről kisugárzó infravörös sugárzás az atmoszférában abszorbeálódik, és ennek 88 %-át az atmoszféra visszasugározza a Földre, ezzel globális felmelegedést okoz.

A globális felmelegedés

Ha a Föld hőmérséklete valóban lényegesen emelkedne, a sarkvidékek erősebben felmelegednének, mint a trópusok. Főleg a tavaszi, őszi időszakban lenne szembetűnő a változás. Ennek eredményeként

- felmelegednének az óceánok
- a trópusi forgószelek intenzitása, iránya megváltozna
- az esőt hozó ciklonok a sarkok irányába tolódnának el
- az aratási hozamok az USA-ban, a volt SZU-ban és Európában csökkennének
- Alaszkában, Kanadában, Skandináviában és Szibériában kedvezőbbek lennének a termesztési feltételek
- az északi Jeges-tenger jégmentessé válna
- a hegységek gleccserei, az antarktiszi és grönlandi jég elolvadna
- megemelkedne a tenger szintje
- nagy kultúrterületek, világvárosok víz alá kerülnének.

5.7. A levegőszennyezés elleni védekezés műszaki eszközei

A légszennyezés csökkentésére több alternatív lehetőség is ismeretes:
energiahordozók struktúrájának megváltoztatása

- tüzelőanyagok kéntelenítse
- füstgázok kéntelenítse
- porleválasztás
- magas kémények építése
- zárt technológiák alkalmazása
- gáztisztízás
- üzemek áttelepítése
- gépkocsik emissziójának szabályozása

A helyhiány miatt itt csak röviden felsoroljuk az **alapvető gáztisztítási eljárásokat,** mivel az újonnan telepítendő ipari létesítményeknél az új környezetvédelmi törvény szigorúan előírja a levegőtisztítási normák betartásához szükséges technológia, védőberendezések használatát. A meglévő létesítményeknél is fokozatosan el kell érni a levegőszennyezettség csökkentését új gáztisztítási berendezések, technológiák bevezetésével.

Rendkívül fontos az, hogy a gáztisztításra a legmegfelelőbb, olcsó és hatékony technológiát találjuk meg, mivel a tisztítás mértékét sosem **gazdasági** megfontolások, hanem levegőtisztaság-védelmi **előírások** határozzák meg. Tudni kell, hogy a tisztítási hatásfok növelésével az eljárás **költsége exponenciálisan** nő. A módszer kiválasztásakor nem elegendő azt vizsgálni, hogy a tisztítandó gázból a káros komponensek a megfelelő mértékben eltávolíthatók-e, arról is dönteni kell, hogy mi legyen a leválasztott komponensekkel a **tisztítás után.**

A tisztítási eljárások elve a következő lehet:

- szennyező anyagok ártalmatlanítása átalakítással (pl. szénhidrogének égetéssel való átalakítása széndioxiddá és vízzé)
- szennyező anyagokat hasznosítható anyaggá alakítjuk és újra felhasználjuk
- tisztítás során a szennyező anyagok dúsítása és végleges elhelyezéséről való gondoskodás (pl. dolomitos füstgáz kéntelenítésnél a magnézium- és kalcium-szulfát elhelyezése)

A tisztítási módok lehetnek:

– száraz eljárások: a szennyező anyagok fizikai tulajdonságai alapján történik a szétválasztás. **Feltétele:** a tisztítandó levegőből gőzök ne kondenzálódjanak.
– nedves eljárások: a gázok és porok valamilyen ún. mosófolyadék alkalmazásával együttesen távoznak a füstgázból. **Feltétele:** a korrózióveszély kiküszöbölésére és a keletkező, visszamaradó mosófolyadék kezelésére megfelelő technológia alkalmazása.

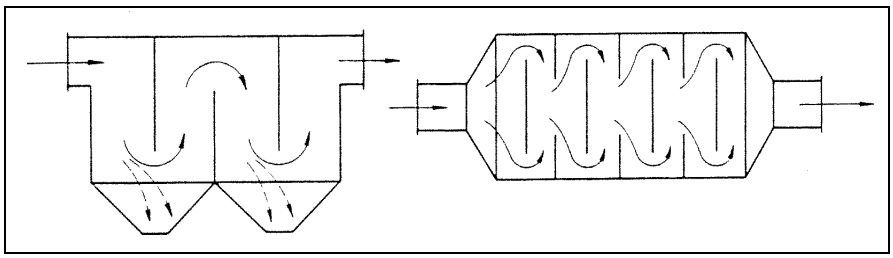
A tisztítási módok kombinálhatók, több lépcsőben végezhetők (pl. durva porleválasztás után nedves gáztisztítás).

5.7.1. Száraz eljárások

Porleválasztás

A megfelelő berendezés kiválasztásához ismerni kell
– a porterhelést
– a tisztítás mértékét
– a por szemcseeloszlását
– a vivőgáz tulajdonságait

A porleválasztás mechanikus eszközei (leválasztási szemcsenagyság 50-100 μm): porkamrák ld. 27. ábra.



27. ábra Porkamrák
(*Moser Miklós-Pálmai György: A környezetvédelem alapjai* nyomán)

Az ábrából jól látható az ütköztetéses eljárással (légáramba benyúló terelőfal) működő porkamra működési elve.

Elektrosztatikus leválasztók

Ezeknek a berendezéseknek az **elve** az, hogy a gázt elektromos erőtéren vezetik keresztül, miáltal a részecskék feltöltődve az **ellenkező töltésű elektród** felé vándorolnak, annak **felületén lerakódnak,** ahonnan a port bizonyos időközönként **eltávolítják.**

Porszűrők

A szűrés általánosan alkalmazott módszer a porok, ködök és füstök gázáramból történő leválasztására.

A szűrés elve: a tisztítandó gázt pórusos anyagon vezetik át, amelyen a porok visszamaradnak. Ennek oka a

- szűrőréteg rácshatása
- tehetetlenségi erők
- elektromos erők
- diffúzió következtében fellépő tapadás

A szűrés előrehaladtával megnő a szűrőréteg ellenállása, ezért a szűrőrétegből a port időnként el kell távolítani, vagy a szűrőréteget cserélni kell.

5.7.2. Nedves gáztisztítás

A nedves gáztisztítás különösen a kohászatban és vegyiparban használatos eljárás, ahol a porok mellett gázhalmazállapotú szennyezők egyidejű eltávolítása is szükséges.

A por elválasztása nedves eljárással:

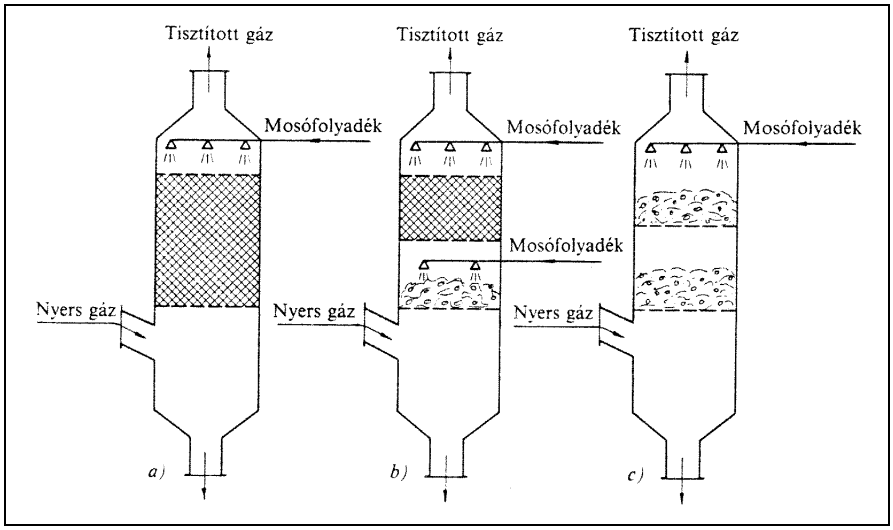
A porszemcséket folyadékkal nedvesítik, azok a mosófolyadékhoz kötődve a gázfázisból eltávoznak.

A nedvesítés háromféle módon történhet:

- átbuborékoltatással
- hűtéssel, a keletkező kondenzvíz eltávolításával
- ütköztetéssel, mosófolyadék beporlasztásával, vagy a gáz vékony folyadékfilmmel való szembeáramoltatásával

Leggyakoribb berendezések

- permetező mosók
- töltetes tornyok (ld. 28. ábra)
- nedves dinamikus berendezések
- tányéros tornyok
- nedves centrifugális berendezések
- Venturi-mosók



28. ábra Töltetes tornyok
(*Moser Miklós-Pálmai György: A környezetvédelem alapjai* nyomán)

Gázok elnyeletése a mosófolyadékban

A szennyező gázok elnyeletésére a gázabszorpció alapvető összefüggései érvényesek. **Fizikai** oldódás esetén a folyadékban oldott gáz **koncentrációja** arányos a gáz parciális nyomásával. A hatásfok növelésére tehát a gázt és az elnyelető folyadékot **ellenáramban** célszerű vezetni. A **hatásfok** tovább növelhető, ha a szennyező gázkomponens és a mosófolyadék között **kémiai reakció** játszódik le.

6. A víz. A víz körforgása, vízszennyezés, vízvédelem

Ha a tudósok megvizsgálnak egy bolygót valahol a Naprendszerben, arra keresve választ, hogy kifejlődhetett-e rajta az élet, az első tényező, ami után kutatnak, a víz. Víz nélkül ugyanis nem létezhet élet. A Földön rengeteg víz van (a hidroszféra $1{,}34\times10^9$ km^3 vizet tartalmaz), a földfelszín kb. 70 %-át víz borítja, de ennek nagy része sós. Minden szárazföldi ökoszisztéma, beleértve az emberét is, természetesen az édesvíz használatán alapul. (Édesvíz sótartalma: < 0,01 %.) Ez a fajta vízkészlet már jóval korlátozottabb mértékben van a Földön, kevesebb, mint 1 %-a a teljes vízkészletnek.

A Földön minden víz a tisztítás és újrafelhasználás körforgásán megy keresztül.

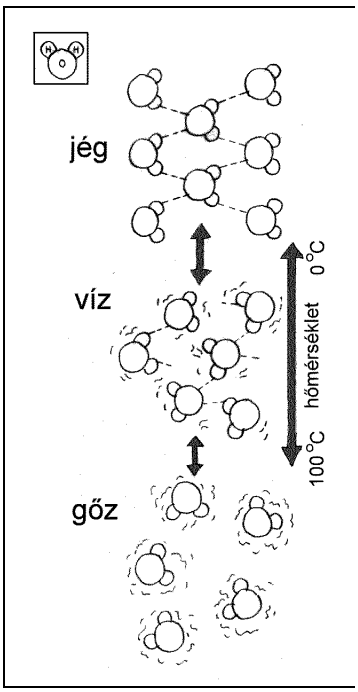
6.1. A víz fizikai állapotai

A mindennapi életünk során a víz három fizikai állapotával találkozunk:
- folyékony (víz)
- szilárd (jég)
- légnemű (vízpára, vízgőz)

Ez a három fázis a vízmolekulák közötti kölcsönhatás eredménye. A kölcsönhatásban alapvetően két tényező játszik szerepet: (ld. 29. ábra)
- hidrogénkötés
- kinetikus energia

A hidrogénkötés révén az egyik vízmolekula hidrogénatomja kötődik a másik molekula oxigénatomjához, szilárd szerkezetet alkotva. A hidrogénkötés ereje **állandó.**

A mozgási energia a molekulákat összetartó erő ellen hat. Nagysága arányos a **hőmérséklettel.**



29. ábra
A víz fizikai állapotai
(*Environmental Science* nyomán)

A molekulák közötti összetartó erő nagysága, és így a víz halmazállapota a két hatás egyensúlyának az eredménye. A szilárd - folyékony - légnemű halmazállapotok átalakulása visszafordítható folyamat, és ez a lényege a víz körforgásának és tisztulásának a bioszférában.

6.2. A víz körforgása

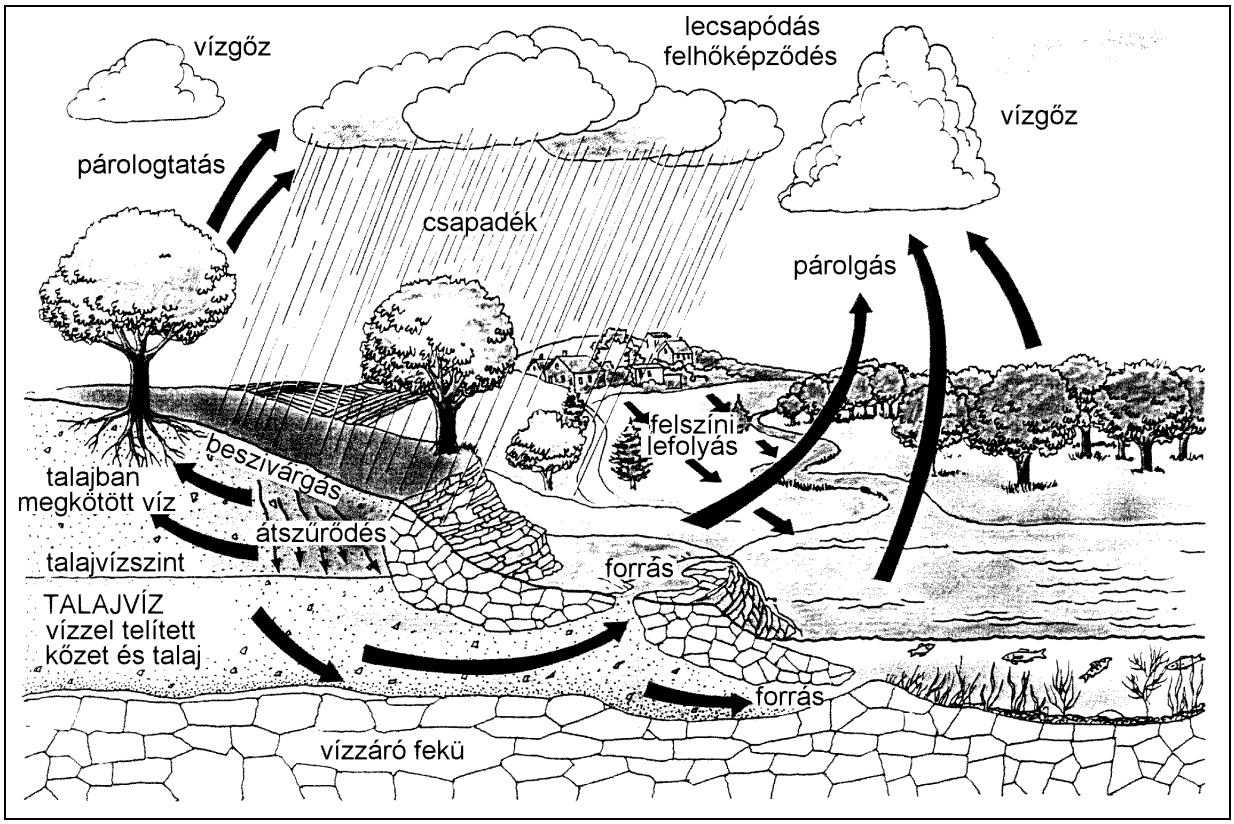
A víz légneművé válása, majd visszaalakulása újra folyadékká magába foglalja a desztilláció folyamatát, ami egy nagyon fontos tisztítási (tisztulási) eljárás. Amikor ugyanis a víz elpárolog, csak a vízmolekula hagyja el a felszínt, a sók és más oldott anyagok visszamaradnak. Így az újra kondenzálódó víz már tiszta lesz. Ez a víz természetes tisztulásának egyik módja. Ipari méretekben ez nagyon költséges eljárás.

Mivel a Földfelszín legnagyobb része víz, természetes, hogy az óceánok felszínéről történő **párolgással** kerül az atmoszférába a legtöbb vízpára. Ugyanígy párolog a vizes föld, a kisebb folyók, tavak. A zöld növények a talajból felvett víz egy részét az életfolyamataik során (sejtlégzés) párologtatással juttatják vissza a légkörbe.

A légkörben lévő pára mennyisége a nedvességtartalom (ld. 5.5.).

A víz a körforgása során tehát a vízpárából csapadékká alakulva (1. sz. tisztulási pont) lehullik. Egy része lefolyik a földfelszínen és bejut a legközelebbi **befogadóba** (folyó, tó, tenger, épített környezetben víznyelő).

Másik része beszivárog a talajba, ahol a talaj összetételétől, a csapadék mennyiségétől függően rövidebb-hosszabb szivárgási idő alatt (2. tisztulási szakasz) lejut a talajvíz felszínéig és a talajvizet gyarapítja.



30. ábra A víz körforgása
(*Environmental Science* nyomán)

A szivárgás során a víz nemcsak tisztulhat, hanem gyarapodhat is néha értékes, máskor veszélyes anyagokkal azáltal, hogy kioldja a talajból a benne lévő sókat, elemeket. A leszivárgó víz nagy részét a növények gyökere veszi fel, illetve egy része a talajban megkötődik, a talaj szerkezetétől függő mennyiségben (ld. 30. ábra).

Ahol a talajvíz a felszínre kivezető nyílást talál, forrás formájában folytatja útját, mígnem elér egy befogadó folyót, vagy tengert és a körforgás kezdődik elölről. Vízzáró réteg felett a víz a felszín alatt is eljuthat egy befogadóba.

Összefoglalva tehát a víz körforgása mindig
- párolgásból
- kicsapódásból (kondenzáció)
- csapadékképződésből áll.

3 fő körforgási út létezik:

óceán - légkör - óceán
óceán - légkör - szárazföld - óceán
szárazföld - légkör - szárazföld

6.3. A természetes vizek osztályozása előfordulási helyük szerint

A vizek természetes előfordulásuk szerint lehetnek:

– felszíni vizek
– felszín alatti vizek

6.3.1. Felszíni vizek

Hosszú, nagy folyóink átfolyó vízkészletét és vízjárását döntően az országon kívüli meteorológiai körülmények, továbbá a hazai domborzati viszonyok határozzák meg.

Folyók

(Csak a két legnagyobb folyót említjük.)
Magyarország teljes egészében a Duna vízgyűjtőterületéhez tartozik. A **Duna** Közép-Európa legnagyobb folyója.
Hossza: Magyarországon 410 km (2850 km-ből)
Közepes vízhozama (KÖQ): Pozsonynál 2080 m^3/s
Mohácsnál 2330 m^3/s

(Közepes vízhozam: valamely hosszabb időszak középvízhozamainak számtani átlaga.)

Vízszintkülönbsége a Magyarországi szakaszon 49 m az alábbi, 9. sz. táblázat szerinti elosztásban.

a Duna esése			
Pozsonytól	Komáromig	26,33 m	(26,2 cm/km)
innen	Esztergomig	2,83 m	(5,8 cm/km)
innen	Budapestig	4,93 m	(5,8 cm/km)
innen	Bajáig	12,86 m	(6,9 cm/km)
innen	Mohácsig	1,72 m	(5,0 cm/km)
innen	a Dráva torkolatáig	4,14 m	(5,0 cm/km)

9. táblázat

A **Tisza** az ország második legnagyobb folyója.
Hossza: Magyarországi szakaszán 500 km (966 km-ből)
Vízszintkülönbsége: 35 m
Esése: Vásárosnaménynál ~ 10 cm/km
Csongrádnál ~ 3 cm/km

Mindkét folyónak két (esetleg három) árvize van évente:
- tavaszi árvíz
- kora nyári
- téli (jeges) ár

Tavak

Balaton
Felszíne: ~ 600 km^2
Átlagos mélysége: 3 m

Felületéről több víz párolog el, mint amennyi csapadék hull rá évente. Vízpótlója a csapadékon kívül a Zala folyó. Ennek a hordalékát hivatott visszatartani a Kis-Balaton. A Kis-Balaton régi, természetes vízszűrő rendszerének visszaállításával, a Balatont tápláló Zala folyó vízgyűjtő területének védelmével, a Keszthelyi-öböl szerves üledékének kotrásával, valamint a Balaton környéki települések infrastruktúrájának a javításával próbálják a Balaton vízminőségét helyreállítani.

A **Velencei-tó**
Felülete: kb. 25 km^2. Ebből 12 km^2 náddal borított hínáros, a mocsarasodás jeleit mutatja.
Legnagyobb mélysége: 2 m

A **Fertő-tó**
Felülete: 337 km^2, amelyből 87 km^2 tartozik Magyarországhoz. Ennek 98-99 %-a náddal borított, mocsaras jellegű. Sekély vizű, 60-70 cm mély közepes vízálláskor.

A többi felszíni vizünkkel terjedelem hiányában nem foglalkozunk.
Magyarország évente megújuló vízkészlete 172 km^3/év.
- Ebből 66 % külföldi vízgyűjtőkből származik.
- 34 %, azaz 58 km^3 az évi átlagos csapadékmennyiség. Ebből 52 km^3 elpárolog és csak 6 km^3 jelentkezik lefolyásként a vízfolyásokban, vagy beszivárgásként a felszín alatti

vizekben. Ez a tény is arra figyelmeztet, hogy nem gazdálkodhatunk meggondolatlanul a vízkészletünkkel.

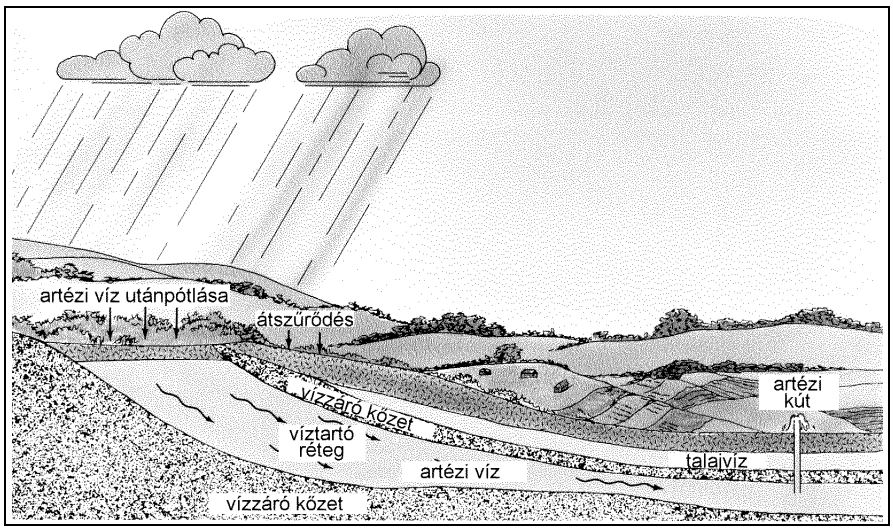
6.3.2. Felszín alatti vizek

– **Talajvíz**

Az első nagy vízzáró réteg fölött elhelyezkedő felszín alatti víztömeg, amely a víztartó porózus réteg hézagain keresztül közvetlenül érintkezhet a szabad levegővel és a felszín alá szivárgott esővízzel. A **talajvíz felszíne „**nyílt" vízfelszín, amire a légköri nyomás hat. A talajvíz a nehézségi erő irányába mozog a víztartó rétegben.

– **Rétegvíz, artézi víz**

Egy második vízzáró réteg felett és az első vízadó réteg alatt elhelyezkedő víztömeg. A talajvíztől vízzáró réteg választja el (ld. 31. ábra), ezért nincs közvetlen kapcsolatban a beszivárgó csapadékvízzel, sem a talajvízzel (kivétel a Szigetköz, ahol nincs meg ez az összefüggő védőréteg), és így a rétegvíz szennyezésmentessége biztosítható. Általában nyomás alatti víz, aminek következtében a szintjéig lefúrt kútban felemelkedik a víz. Ha a felszín fölé jön, pozitív artézi kútról, ha a felszín alatt marad a csőben, negatív artézi kútról beszélünk.



31. ábra Természetes vizek előfordulási helye
(*Environmental Science* nyomán)

– **Parti szűrésű víz**

Ivóvíz-kivételi helyek céljára a folyók partja mentén fúrt kutak vize, amelyben a folyó oldaláról érkező szennyezéseket az általában kavicsos talajréteg kitűnő szűrőhatása tartja távol

– **Karsztvíz**

A víztartó réteg alapján elnevezett víz. A karsztvíztartó mészkő vagy dolomit, amelyben repedések keletkeznek és a leszivárgó víz oldó hatására ezek tágulnak, így kialakul egy összefüggő víztartó-vízvezető rendszer. A rétegnek **szűrőhatása nincs.**

– **nyílt karszt:** felszínközeli, szennyeződésre fokozottan érzékeny
– **fedett karszt:** felszínközeli szennyeződésre érzékeny,
– **sekély karszt:** felszínközeli szennyeződésre érzékeny,
– **mélykarszt:** nem szennyeződésérzékeny, általában jó minőségű ivóvíz

– **Hévíz**

A felszín alatti víznek a hőmérséklet alapján megkülönböztetett csoportja (26-90 ^{o}C).

Hőfokát a mély előfordulási helyének hőjéből nyeri. Magas oldott ásványianyag-tartalma általában gyógyhatásúvá teszi. Magyarország gazdag hévizekben (pl. Bük, Harsány, Hévíz).

6.4. Vízgazdálkodás

A vizek természetes körforgásába, a lejátszódó körfolyamatokba való, az **emberi élet** számára **szükséges beavatkozások** összessége a **vízgazdálkodás.**
A vízgazdálkodásnak két alapvető iránya van:

- a **passzív vízgazdálkodás** feladata a vizek kártételeinek elhárítása érdekében végzett munkák megszervezése (pl. árvízvédekezés, belvízrendezés);
- az **aktív vízgazdálkodás** a vizek hasznosítására irányul (pl. vízi utak kialakítása, energiahasznosítás, ipari- és ivóvízellátás).

A **vízgazdálkodás** nagyon összetett feladat, és a hidrológia tudományának alapvető ismeretére épül. A vízgazdálkodás szakterületei:

- vízrendezés
- árvízmentesítés
- folyamszabályozás
- mezőgazdasági vízhasznosítás
- ivóvízellátás
- csatornázás
- szennyvíztisztítás
- ipari vízgazdálkodás
- vízminőség-védelem
- hévízhasznosítás

A felsorolásból is kiderül, hogy az élet minden területén alapvető fontosságú a víz, de az is szemléletesen látszik, hogy hányféle céllal történhet beavatkozás a természetes vízkörforgásba.

Ennek a beavatkozásnak két lényeges pontját említjük itt meg, mert ez a kettő az, amelyik alapvetően meghatározza a vízkörforgalom egyensúlyának helyzetét.

Az első, amikor a körforgásból elvesszük valamilyen vízhasználati céllal a vizet: a **vízkivétel,** vízkinyerés. A második az, amikor a vizet **használat** után visszaadjuk a körforgásnak valószínűleg szennyezettebben, mint ahogyan megkaptuk; ezért ez többnyire a **szennyvízkibocsátás, szennyvíztisztítás** témakörébe tartozik.

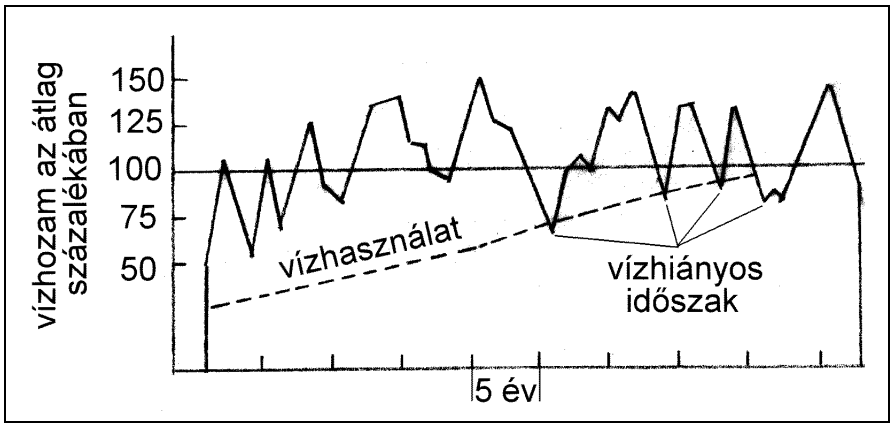
Az első esetben alapvetően a **vízmennyiség** az, ami gondot okozhat a természetes rendszerben, míg a második esetben a **vízminőségi** kérdéseken van a hangsúly.

6.4.1. A vízhasználat

A vízzel való gazdálkodás, a **vízkészlet-gazdálkodás** feladata a **vízkészlet** és **vízigény** összevetése alapján a **vízmérleg** egyensúlyának biztosítása. A Föld vízkészlete, ahogy erről már szó volt, 1,34 milliárd km^3. Ebből édesvíz: 37 millió km^3.

A vízigények kielégítésekor **felső korlátként** mindig a várható legkisebb **vízhozam** értékét kell választani. Ez az a vízmennyiség, amelyik akadálytalanul a rendelkezésünkre áll (természetes úton pótlódik, ezáltal nem csökkentjük a vízkészletet).

Ha ezt az elvet nem tartjuk be (és ez sajnos nagyon sokszor előfordul), akkor ez a vízkészletek csökkenésével és súlyos következményekkel (aszály stb.) jár. Ld. 32. ábra.



32. ábra A vízhasználat és a vízhozam összefüggése

Az ábrán azt mutatjuk be, hogy a természetes körforgásban is vannak olyan évek, amikor nem hullik elegendő csapadék, és a szárazság miatt időszakos vízhiányok lépnek fel. Ezek általában meghatározott rendben követik egymást és az értékek egy **átlagos vízhozam** körül ingadoznak. A vízhasználat fokozott növelésével ezek a vízhiányos periódusok egyre sűrűbben jelentkeznek, és a vízkészlet a köztes időben nem tud megújulni.

A vízhasználat célja meghatározza a vízkivétel (vízkinyerés) helyét és a felhasználni kívánt víz minőségét is.

Vízkivétel a következő célokra történhet:

6.4.1.1. Ivóvízellátás

Ivóvíz az a víz, amit a szervezetünk folyadékszükségletének kielégítésére közvetlenül megiszunk vagy az elkészített ételekkel elfogyasztunk, illetve mindaz az ivóvíz-minőségű folyadék, amit más célokra (fürdés, mosás, takarítás stb.) használunk fel.

Az ivóvíz minősége
A **vízszennyező anyagok** egészségkárosító hatásai 100 éve ismertek. A fertőző betegségeknek több mint a fele a víz útján terjed.

Az ivóvíz nem tartalmazhat az egészséget bármilyen módon károsító anyagot.

Az ivóvíznek tartalmaznia kell a legfontosabb sókat, amelyekre a szervezetnek szüksége van. Az ivóvíznek ezenkívül átlátszóan tisztának, jó ízűnek és szagtalannak kell lennie.

Valamely víznyerőhelyről vett vízminta vizsgálata dönti el, hogy a víz ivóvíz-minőségű-e. A vizsgálatokat szabványok szabályozzák és előre megadott határértékek jelentik a korlátokat.

A minősítés fizikai, kémiai és bakterológiai vizsgálat alapján történik. A 10. táblázatban a fizikai-kémiai ivóvíz-minősítés határértékeit mutatjuk be.

Jellemzők	Határérték	
	megfelelő	**tűrhető**
hőmérséklet (^oC)	20	30
íz- és szagerősség, higítási viszonyszám, P	4	8
lebegőanyag (g/m^3)	1	2
pH	7,0-8,0	6,8-8,5
összes sótartalom (g/m^3)	1000	1200
fajlagos elektromos vezetőképesség 20 ^oC-on (µS/cm)	1350	1500
összes keménység (CaO, mg/l)	150	350
szulfát (g/m^3)	200	300
vas (g/m^3)	0,2	0,3
mangán (g/m^3)	0,1	0,2

Jellemzők	Határérték	
	megfelelő	**tűrhető**
réz (g/m^3)	0,2	1,0
cink (g/m^3)	0,2	1,0
ammónia-detergens (g/m^3)	0,2	0,5
fluorid (g/m^3)	0,9-1,7	
fenolok (g/m^3)	0,002	0,02
kőolaj (g/m^3)	0,01	0,3
metántartalom 0 ^oC-on, 1 bar nyomáson (dm^3/m^3)	0,8	

10. táblázat

Ivóvíznyerő helyek

Az ország ivóvízellátásának több, mint 90 %-át **felszín alatti vízkészletből** fedezzük. Az utóbbi 50-60 évben a vízkivétel kezdte meghaladni a számítható utánpótlás mértékét. Évente kb. 1 km^3 felszín alatti vizet használunk el ivóvízként.

Az ország legjelentősebb ivóvízbázisai a **parti szűrésű** vízkészletek. (Pl. Duna, Rába törmelékkúpja a Kisalföldön, a Duna ártéri és teraszkavicsainak vízadói a vízfolyás mentén, a Sajó és a Hernád törmelékkúpjai.)

A vízkivétel létesítményei

A felszín alóli vízszerzés létesítményei a kutak. A kutak készülhetnek

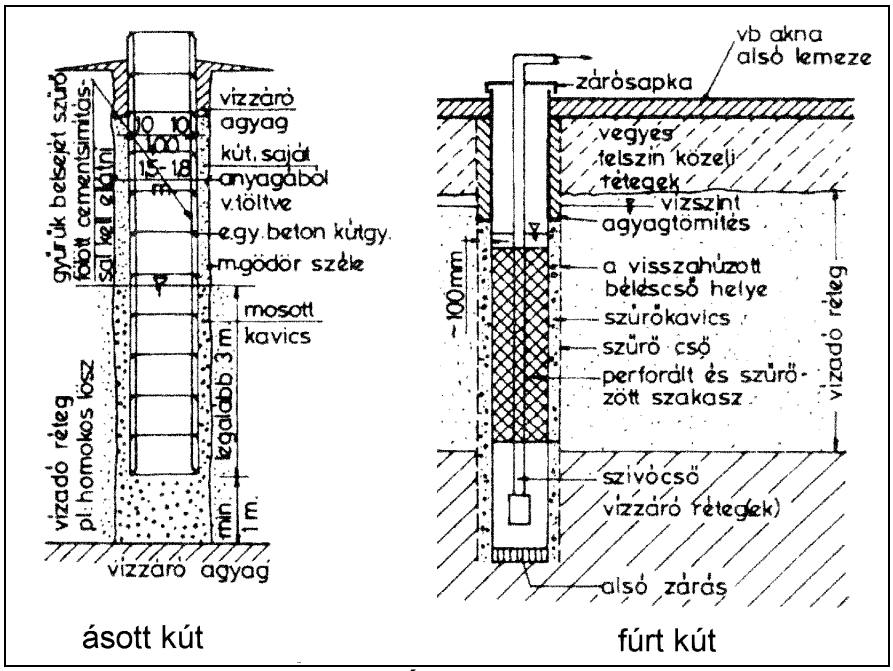
- ásott
- süllyesztett
- vert

– fúrt kivitelben.
– **Ásott kút**

Kis vízigény kielégítésére alkalmas (0,5 - 5 m^3/d).
Mélysége általában 12 méterig terjed, és az első vízadó réteg talajvizének megcsapolását teszi lehetővé.
Általában előregyártott beton kútgyűrűket süllyesztenek a többnyire kézi erővel kiásott kútba.

– **Fúrt kút**

A fúrt kutakat (csőkút) általában 30 m mélységig fúrják, de több száz méterre is lefúrhatók, ha szükséges. Készítése egyszerű, mivel átmérője kicsi (~ 250 ~ 350 mm). Rendszerint acél béléscső védelme mellett fúrnak le a tervezett mélységig. Ennek elérése után helyezik be a műanyag szűrőcsövet, amelynek az alsó része a vízadó réteg vastagságában perforált. A béléscső kihúzása előtt a béléscső és a szűrőcső közé tiszta apró szemű kavicsot szórnak (a két cső átmérőjének különbsége kb. 50-200 mm), hogy a vízadó réteg apró szemcséinek a szűrőcsőbe való bejutását megakadályozzák. A szűrőcsövet alul lezárják, így csak a perforált részeken oldalról juthat be a víz. A kis átmérő miatt az ilyen kútban csak kevés víz tározódik, a víznyeréshez tehát folyamatos szivattyúzás kell. (Ld. 33. ábra.)



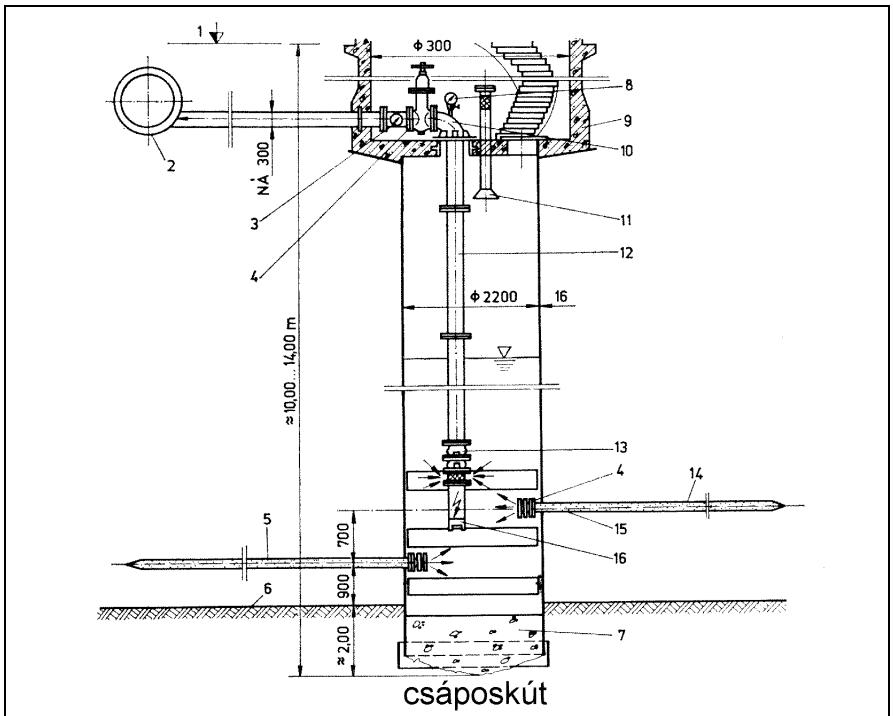
33. ábra Ásott és fúrt kút
(*Varga László: Vízvédelem* nyomán)

– **Csápos kút**

A parti szűrésű víz kitermelésének a berendezése. A parti szűrésre a lassú szűrés, azaz a természetes - fizikai, kémiai és biológiai - részfolyamatok együttes hatása jellemző. A vízkészlet felszíni víz, általában folyóvíz, amelynek a minősége a partiszűrés jövője szempontjából alapvető jelentőségű, hiszen a szemcsés közeg tisztítóképessége véges kapacitású.

A csápos kút lényegében egy nagy átmérőjű (2,2 - 5 m) akna, amelyet a vízadó réteg alatti vízzáró rétegig lesüllyesztenek. Az aknából sugárirányban vízszintes acél **csápokat** (160-220 mm átmérő) sajtolnak ki a vízadó rétegbe. A csápok perforáltak, ezek a tulajdonképpeni

víznyerő csövek. A vízadó réteg vastagságától, vízhozamától függően több szinten (1-3) szintenként 5 vagy 7 perforált cső biztosítja a napi 2000-5000 m^3 vízhozamot. A vizet természetesen itt is szivattyúzással hozzák a felszínre. (Ld. 34. ábra.)



1 terepszint; *2* gyűjtőcső; *3* vízmennyiségmérő; *4* tolózár; *5* alsó csápsík; *6* agyagfekü; *7* fenékbeton; *8* nyomásmérő; *9* alépítmény; *10* függesztőkönyök; *11* vízmintavevő és szellőzőcső; *12* nyomócső; *13* búvárszivattyú; *14* felső csápsík; *15* réselt acél szűrőcső; *16* elektromotor

34. ábra Csápos kút
(*Mérnöki kézikönyv* nyomán)

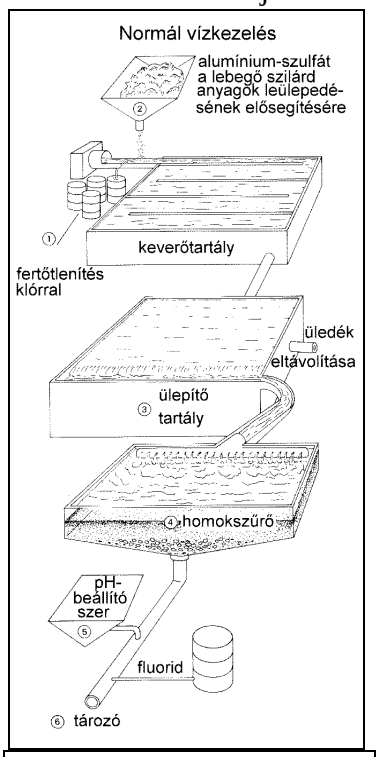
A víznyerő helyek védelme

Az ivóvízhálózatra termelő műtárgy (pl. parti szűrésű kutak) felső felülete **nem lehet szabad.** Illetéktelenek elől elzárt helyen kell lennie. Nemcsak a műtárgyakat kell azonban védeni, hanem azt a területet is, ahonnan az ivóvízellátásra szolgáló vizet nyerjük. Ez a **vízvédelmi terület.**

A vízvédelmi terület ivó- vagy gyógyvíz nyerésére, tárolására, kezelésére kijelölt terület és környezete, amelyen csak olyan tevékenység folytatható - hatósági engedéllyel - amely a víz mennyiségét és minőségi megóvását nem zavarja. A vízvédelmi területnek 3 övezete van:

– **belső védőövezet**
  Bekerített, lezárt terület; idegeneknek tilos a belépés. Csak a vízkitermelés létesítményei találhatók itt.
– **külső védőövezet**
  A belső védőövezet szélétől számított kb. 100 m szélességű sáv. Erre a területre belépni vagy szennyezést nem okozó tevékenységet folytatni csak hatósági engedéllyel és korlátozottan lehetséges.
– **hidrogeológiai védőövezet**

Kiterjedése a víznyerő hely környezetének geológiai adottságaitól függ, és kilométeres nagyságrendű is lehet. Területén mezőgazdasági művelés, bányaművelés, erdőirtás csak hatósági engedéllyel lehetséges.



35. ábra
Vízkezelés, -tisztitás
(*Environmental Sciencie* nyomán)

A vízvédelmi terület mélységi kiterjedését is magába foglaló tér a **védőidom,** a víznyerő helyet közvetlenül védő terület határához tartozó földtest, melyben tilos bármely vízhozamot vagy minőséget befolyásoló létesítményt elhelyezni.

Ha a vízvétellel nyert víz a minősítési vizsgálatok szerint nem megfelelő minőségű, akkor **vízkezelési** eljárásokkal lehet javítani rajta. A kezelés tisztítás jellemző mozzanatait mutatja a 35. ábra.

Az ábrán nem szerepel az esetleges felszíni kivétel esetén szükséges **szűrési** folyamat, ami a nagyobb vízben úszó szennyeződésektől szűri meg a vizet (gereb, szita).

Az apró szemű lebegő szuszpendált anyagokat vízhez kevert vegyszerek segítségével lehet eltávolítani. A leggyakrabban alumíniumszulfátot adunk koagulációs anyagként. Ennek hatására ülepedőképes pelyhek képződnek (flokkuláció). Ez a folyamat a **derítés.**

A következő fázis a derítőből is továbbjutott szennyeződések **szűrése**. A szűrés a víz szemcsés közegen történő átáramoltatásával történik. Lehet:

– homokanyagú gyorsszűrő (1 m vastag, átáramlási sebesség 4 m/h, szemcseméret 0,8 - 1,2 mm)
– homokanyagú lassúszűrő (0,8-1,2 m vastag, szivárgási sebesség 0,2 m/h, szemcseméret 0,3 - 0,8 mm)
– aktívszén szűrő (1-3 m vastag, áramoltatási sebesség 7-10 perc a teljes keresztmetszeten át)

(Koaguláció: a folyadékban oldott, vagy diszpergált anyagok tömörülése, szilárd fázisúvá alakulása.)

Fertőtlenítés

A víz csírátlanítása általában klórgázzal történik, de ibolyántúli sugarakkal is lehet fertőtleníteni, ennek is megvan már a kidolgozott technológiája.

A kezelési eljárások során lehet beiktatni az egyes íz- és minőségjavító anyagok hozzáadagolását is.

Ezután a tározókba kerülhet az ivóvíz, ahonnan az ivóvízellátás kialakult rendszerein keresztül a napi ivóvízszükségletnek megfelelő mennyiség eljut a fogyasztóhoz.

6.4.1.2. Mezőgazdasági vízhasznosítás

Nagy folyóink vízhozamát öntözőbázisként is figyelembe kell venni. Az Alföld folyóinak szabályozása és a vízrendezés során megépültek azok a nyitott csatornák, amelyek a nagyobb folyók vizét az Alföldre vezetik, és ott öntözőcsatornákba juttatva osztják szét. Ezek a csatornák, nem egyszer az öntözőcsatornák is, befogadóként is szolgálnak és szerepet kapnak a belvíz és a szennyvíz elvezetésében is. A sófelhalmozódás fő forrásai az ipari és szennyvizek, a mezőgazdasági eredetű szennyeződés, valamint az utak sózása. Az alföldi vízfolyások sótartalmát tovább növeli a belvízhasznosítás során keletkező vizek bejutása a vízbázisokba.

A mezőgazdaság az elsődleges termékeket a természeti erőforrásokból állítja elő. Éghajlati adottságaink között általában kétirányú szabályozásra van szükség ugyanazon a területen; bizonyos időszakokban

– káros vízfelesleg ellen, **vízelvezetés**
– káros vízhiány ellen, **vízpótlás, öntözés**

A mezőgazdasági hasznosítású vizeknek nem olyan szigorú a minőségi előírási rendszere, mint az ivóvízé, de a nálunk jelenleg használatos öntözési technológiák öntözésre **kémiailag** jó minőségű, **ipari** szennyeződésektől mentes vagy alig terhelt vizeket igényelnek. **Nitrátra,** általában tápanyagokra vagy oldott **szerves** anyagokra **nem** érzékenyek, **bakteriális** szennyezettségük azonban **nem kívánatos,** a nagy **sótartalom** pedig egyenesen **hátrányos.**

A mezőgazdaság öntözéssel használja el a legtöbb vizet, de más felhasználási területek is vannak.

Pl. tógazdaságok vízhasználata
állattenyésztésben itatásra és tisztogatásra használt vizek

6.4.1.3. Ipari vízhasználat

Az iparban a vizet közvetlenül a termelési folyamatban vagy közvetve segédanyagként használják. A felhasználni kívánt víz minősége a termelési céltól és az alkalmazott technológiától függ. Néhány iparág vízminőségjellemzőjét mutatja a 11. táblázat.

11. táblázat

Az ipar teljes vízigénye, vízszükséglete az a vízmennyiség, amelyet az ipar egy esztendő alatt termékei előállítása során elhasznált ill. hasznosított. Ennek csak egy hányada a frissvízigény. A teljes vízigény és a frissvízigény különbözetét iparáganként a 12. táblázat mutatja.

Vízminőségi jellemző	Élelmiszeripar			
	Erjedéses iparok (élesztő-, szesz- stb.)	Tej-, tejtermék-, konzervgyártás	Cellulóz- és papírgyártás	Gyógyszer-, vegyszergyártás
összes oldott tartalom (mg/l)	<200	<200	<200	<200
összes keménység (CaO, mg/l)	<8	<200	<8	<8
vas (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,2	0
mangán (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,1	0
pH	~ 7	7-7,8	7-7,8	7-7,8
nitrit (mg/l)	~ 0	~ 0	~ 0	0
KOI (mg/l)	<2	<2,5	<3	<6

A magyar iparra 1980-ban jellemző vízfogyasztás			
Iparág	**friss-**	**többszörös**	**teljes**
	vízfelhasználás (millió m^3)		
bányászat	44	17	661
kohászat	138	414	552
gépipar	99	44	143
építőanyag-ipar	24	65	89
vegyipar	185	453	638
könnyűipar	133	208	341
élelmiszeripar	118	139	257
villamos-energia-ipar	2385	2482	4867
egyéb ipar	8	3	11

12. táblázat

A mezőgazdasági és ipari vízhasználat többszöröse a lakossági vízhasználatnak.

6.4.1.4. Vízminőségi kategóriák

Bár a gyakorlatban a víz minősítését mindig azoknak a paramétereknek a mérésével végezzük, amelyek a vízhasználat célja szempontjából fontosak, a **felszíni vizeinknek** a vízi ökoszisztéma viszonylagos stabilitását biztosító és egyidejűleg a mértékadó vízhasználat (ivóvíz, öntözés, ipari vízellátás) igényeit kielégítő **integrált követelményrendszer alapján minősítjük**.

I. osztály: tiszta víz
- ökológiai feltételeket kielégíti
- víztisztítással ivóvíz

II. osztály: kissé szennyezett víz
- nincs káros hatással az ökológiai rendszerre
- bonyolultabb víztisztítási technológiával tisztítható, hasznosítható

III. osztály: szennyezett víz
- ökoszisztéma károsodik
- vízhasználatra nem alkalmas

A felszíni vizek fenti kategóriába sorolását országos törzshálózati mintavételi rendszer mérései (évi 26 alkalom) alapján végzik el. A mérések alapján a víz:
I. osztályú: ha a mérések 80 %-a I. osztályú
II. osztályú: ha a mérések 80 %-a I-II. osztályú
III. osztályú: ha a II. osztály feltételei nem teljesülnek

A 13. táblázat a minősítés alapjául szolgáló komponensek határértékeit mutatja.

vízminőség megítéléséhez ıtos a víz oldott ígéntartalma (mg/l) ami az rob baktériumok, halak, stb. tlehetőségeinek lkülözhetetlen feltétele.
)I$_5$ = biológiai oxigénigény, *az oxigénmennyiség ami egy nnyvíz* ***biológiai tisztításához*** *5 nap alatt 20 -on szükséges. értékegysége mg/l, g/m^3.*
A tiszta folyóvíz BOI$_5$ értéke 1-3 mg/l
erősen szennyezett folyóvíz BOI$_5$ értéke 5-8 mg/l
települési szennyvíz BOI$_5$ értéke 200-350 mg/l.

szerves anyagok gyors és téletes meghatározása pl. lium-dikromáttal való ídálással lehetséges. Ezt az éket, mint ***KOI****-t (=* ***kémiai igénigényt****) adják meg. értékegysége mg/l.*
agos települési szennyvíz:)I = 600 mg/l
ıri szennyvíz: KOI = több r mg/l

Komponensek	Kívánatos hatásértékek I. osztály	Tűrhető határértékek II. osztály
vízhőmérséklet (^oC)	25	30
fajlagos vezetőképesség 20^oC (mS/cm)	800	1600
összes oldott anyag (mg/l)	500	1000
pH	6,5-8	6,5-8,5
oldott oxigén (mg/l)	6	4
KOI (eredeti, mg/l)	25	40
BOI$_5$ (mg/l)	5	10
Összes keménység (CaO, mg/l)	150	350
lúgosság (mmol/l)	2-15	<2, >15
magnéziumion (mg/l)	50	100
ammóniumion (mg/l)	1,0	2,5
nitrition (mg/l)	0,1	0,3
nitrátion (mg/l)	20	40
ortofoszfátion (mg/l)	0,3	2,0
kloridion (mg/l)	100	200
szulfátion (mg/l)	100	250
ásványolajok (mg/l)	0,02	0,2
fenolok (mg/l)	0,005	0,02
anionaktív detergens (mg/l)	0,2	0,5
nátrium (mg/l)	35	45
mangán (mg/l)	0,5	1,0
vas (összes, mg/l)	0,5	2,0
olajfedettség (%)	0	10
Pantle-Buck-index	2,5	3,5

13. táblázat

A BOI$_5$-tel való meghatározás elsősorban a könnyen lebontható, oldott anyagokra pl. a háztartások és kisipari üzemek természetes anyagaira terjeszthető ki. Bizonyos kémiai termékeket a baktériumok csak lassan, vagy egyáltalán nem képesek lebontani. Ezért fontos az értékelésbe ezeket az adatokat is bevonni.

6.5. Szennyvizek

A szennyvíz háztartási, mezőgazdasági, kézműipari és ipari használat következtében elszennyezett használt víz. Tágabb értelemben a tetőfelületekről, az udvarokról, utakról lefolyó víz, tehát a településekre hulló és gyűjtőn át a befogadóba jutó víz is szennyvíznek számít.
A szennyvizeket csatornahálózatba összegyűjtik és (jó esetben) a szennyvíztisztító telepre (kedvezőtlenebb esetben egyből a befogadóba) juttatják.

A csatornahálózat lehet:

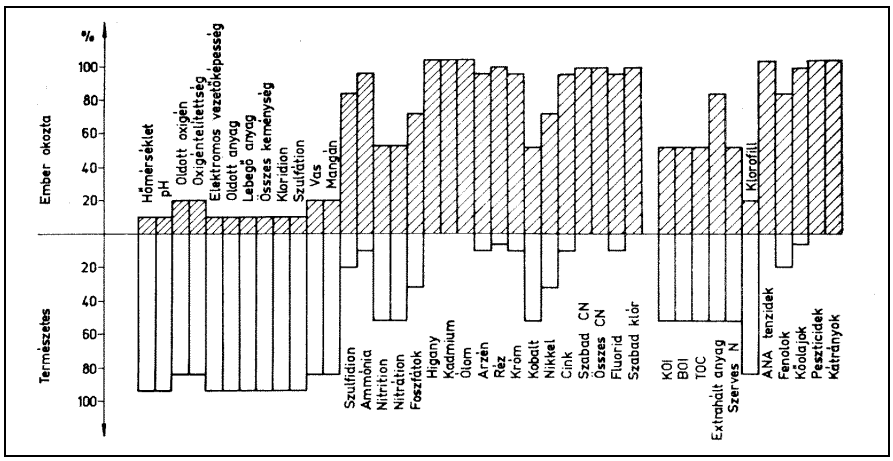
- egyesített rendszerű (mindenféle szennyvizet egy vezeték szállít el)
- szétválasztott rendszerű (egyik vezeték a csapadékvizek, a másik az összes többi szennyvíz elvezetésére szolgál).

6.5.1. A szennyvíz hatása az élővizekre

Az ipari szennyvizek szennyezőanyag-tartalma igen változatos attól függően, hogy milyen iparágból és milyen technológia használatából származik.

Az ipari szennyvizeket az ipartelepeken történt előkezelés nélkül nem lehet a városi szennyvizeket vivő csatornahálózatba engedni.
A befogadóba kerülő szennyezőanyagok összetétele, koncentrációja különféle fizikai, fizikai-kémiai és biológiai hatások következtében változhat, de egyben a befogadó eredeti vizének minőségét is rontja. A vízminőség-szabályozás (tisztítási eljárások) hatékonysága elsősorban attól függ, hogy az egyes vízminőségi jellemzők befogadókban mért koncentrációja milyen mértékű.

A vízminőségi jellemzők értékeit természetes és mesterséges tényezők határozzák meg. A természetes és az emberi tevékenység okozta hatások átlagos százalékos megoszlását a legfontosabb vízminőségi jellemzőkre a 36. ábra szemlélteti. (TOC = Total Organic Carbon, összes szerves széntartalom; ANA tenzidek = anionaktív tenzidek.)



36. ábra Az emberi tevékenység hatása a vízminőségre
(*Mérnöki kézikönyv* nyomán)

A nem kellően, vagy egyáltalán nem tisztított szennyvíz közvetlen bevezetése egy adott élő befogadóba (elsősorban tó) nem kívánatos gazdag szervesanyag-tartalmánál fogva megváltoztatja a tó ökoszisztémáját. Ez a jelenség az eutrofizáció.

6.5.1.1. Az eutrofizáció

Az eutrofizálódás megértéséhez a legegyszerűbb, ha egy eredetileg tiszta vizű, **oligotróf** tó alapvető működését ismerjük meg.

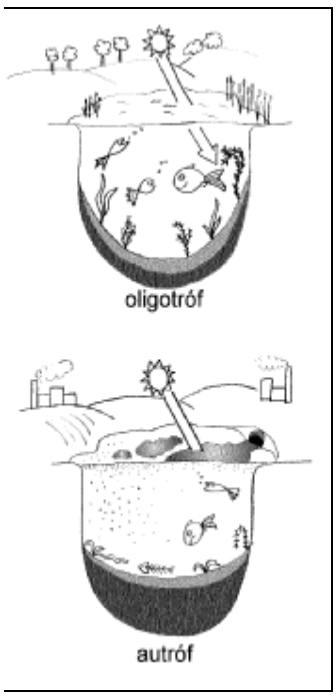
Az **oligotróf** (tápanyagban szegény) tó oldott oxigénmennyisége magas, a víz átlátszósága jó, a vízi növények mélyen is megélnek benne a bejutó napfény hatására. A tóban alapvetően két típusú növény él:

– **gyökeres vízi növények** amelyeknek az a sajátossága, hogy gyökerükkel a tó talajába kapaszkodnak, táplálékukat - foszfor és nitrogén - a tó üledékéből nyerik, de erősen függnek a víz fényáteresztő képességétől, mert a fotoszintézishez elegendő fényre van szükségük. Ezért a legmélyebb tó, ahol még ezek a növények megélnek, ha a vize tiszta, kb. 30 m.
– **fitoplanktonok,** aljzat nélküli, lebegő, apró növények, algák. A fotoszintézishez szükséges fényt a felszínen vagy közelében úszva akkor is megkapják, ha a tó vize nem eléggé átlátszó. Mivel azonban gyökerük nincs, csak a vízben oldott szerves anyaggal tudnak táplálkozni.

Természetes körülmények között kevés szerves anyag mosódik be talajerózióval, vagy talajból való kioldódással a tóba, így a tavak természetes állapota oligotróf, egyensúlyt tartva a kétféle növénytípus növekedésében. A gyökeres vízinövények fotoszintézisük révén azonnal oldódó oxigént juttatnak a vízbe, ami a légkörből csak nagyon lassan jutna be. Ezzel megfelelő életfeltételeket teremtenek a vízi állatoknak. A fitoplanktonok ugyanakkor a víz felszínén úszva a fotoszintézissel termelt oxigént buborékok formájában a levegőbe juttatják, és nem járulnak hozzá a tó oldott oxigénszintjének növeléséhez.

Mi történik, ha a tóba tápanyagdús víz (szennyvíz) ömlik?
– a víz zavarossá válik, nincs elég fény mélyen
– a lebegő tápanyagok a fitoplanktonok elszaporodásának kedveznek (a víz felszínét egyre sűrűbb rétegben borítják)
– a gyökeres vízi növények nem jutnak elég fényhez, elpusztulnak
– ezáltal az elpusztult növényi biomasszával még több lesz a tóban a szerves anyag
– az elpusztult vízinövények miatt nem termelődik az oldott oxigén
– az oxigén hiánya miatt a halak és egyéb vízi állatok elpusztulnak tovább növelve a víz szervesanyag-tartalmát, ami a fitoplanktonoknak kedvez
– elszaporodnak a lebontó szervezetek

Lassanként a tó teljes ökoszisztémája átalakul.
Az így kialakult ökoszisztéma sokkal gazdagabb, de az **ember** számára az **autróf** (eutrofizálódott) tó az oligotrófhoz képes értéktelenebb.



37. ábra
Eutrofizáció

Az a folyamat, amíg az **oligotróf** vízből **autróf** tó válik, az **eutrofizáció.** Ld. 37. ábra.

Végül a természetes vizekre ható szennyeződéseknél említést kell tenni olyan szennyező anyagokról, amelyek felhalmozódnak a táplálékláncban, és így hosszú időn keresztül veszélyeztetik az egészséget. Ilyen szennyezőanyagok a kadmium, a higany, a szerves halogénvegyületek, a szerves ónvegyületek és a kőolajszármazékok.

6.5.2. Szennyvíztisztítás

A kommunális szennyvíz tisztítása több fokozatból áll:
– mechanikai
– biológiai
– kémiai

Minden szennyvíztisztítás mechanikai tisztítással kezdődik.

Mechanikai tisztítás

Célja: durva szennyezések eltávolítása

Eszközei:

- durva és finom rács,
- gépi ill. kézi tisztítású ívszita
- dobszűrő

Második fokozat mindig a biológiai tisztítás.

Biológiai tisztítás

Célja:

- szervesanyag-eltávolítás
- nitrifikáció

Eszközei:

- csepegtetőtest + utóülepítő
- levegőztető medence utóülepítő recirkulációval
- fakultatív stabilizációs tó
- fűtött rothasztó

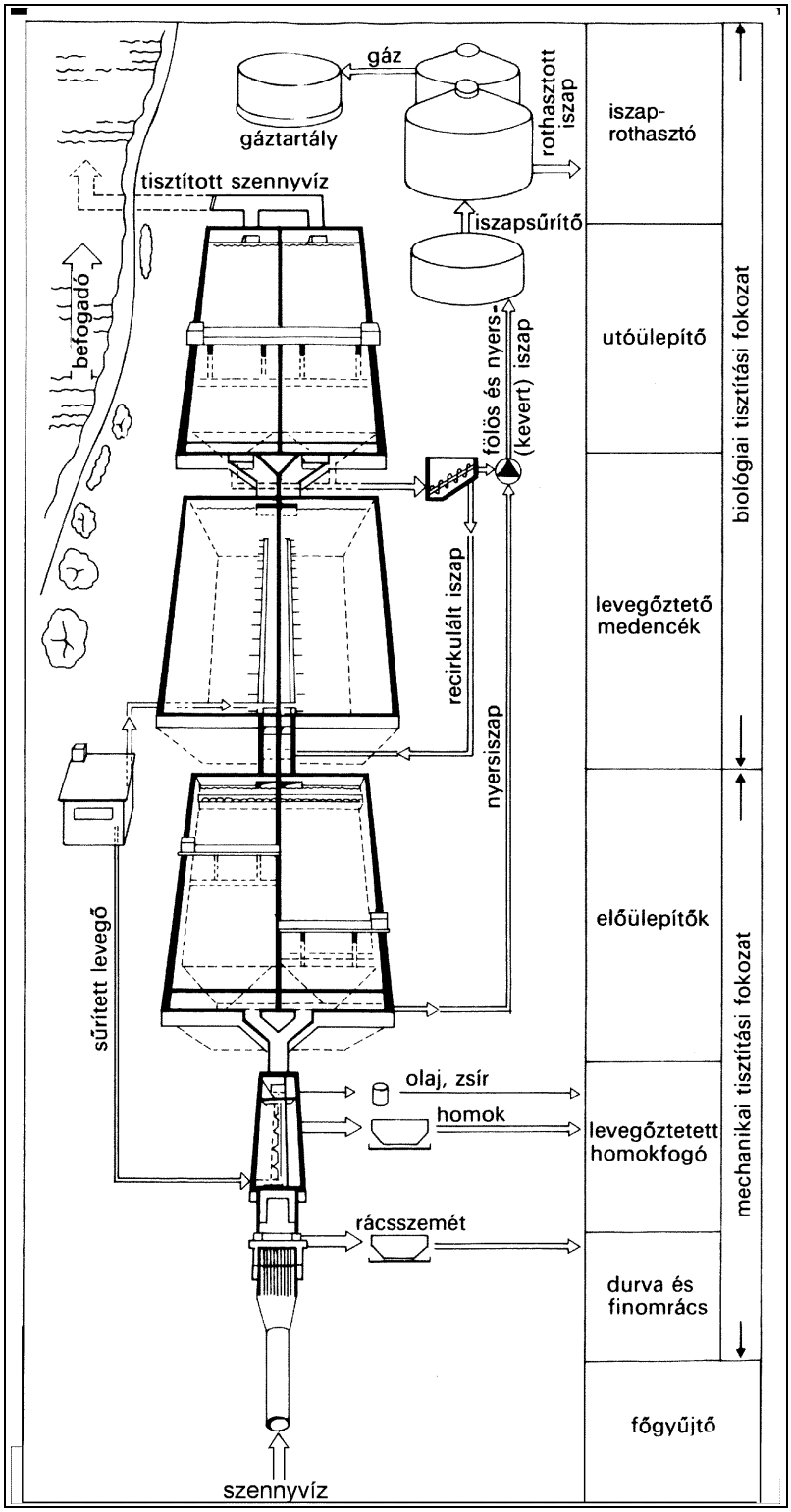
Nitrifikáció: *a nitrogén mikroorganizmusok révén történő újrahasznosítása, a nitrit*
(NO_2^-) oxidálódásával.

$2NO_2^- + O_2$ ® $2NO_3^-$
-146kJ/mol
Az így keletkezett nitrát (NO3-) értékes növényi tápanyag.

Fakultatív tó: *a tavo szennyvíztisztítás egyik típus Két rétegű:*
a felsőn 40-60 cm fri szennyvíz folyik át aero tisztulással,
az alsó rétegben az ülepe anyagok ásványosodnak.

Harmadik fokozatú tisztításra (fizikai-kémiai) akkor van szükség, ha az első két fokozat után a tisztított víz minősége nem megfelelő, vagy a befogadó terhelése nem engedi meg, hogy a két fokozat utáni szennyvizet vezessük bele (pl. Balaton). A befogadó előírásaihoz igazodóan speciális tisztítás lehet.

A 38. sz. ábra egy kétfokozatú szennyvíztisztító telep folyamatábráját mutatja.



38. ábra A szennyvíztisztitás folyamata
(*Ulrich Förstner: Környezetvédelmi technika* nyomán)

Fizikai-kémiai tisztítás

Célja:

- finom lebegőanyag eltávolítása
- nitrogén kivonása
- sótalanítás
- vírus eltávolítása stb.

Eszköze:

- vegyszerbekeverő + ülepítő
- anaerob csepegtetőtest
- sótalanító berendezés
- klórgáz adagoló stb.

A biológiai tisztítás után szükség lehet még **utókezelésre** (pl. szennyvíziszap víztelenítése stb.), **fertőtlenítésre** (klórgáz átbugyborékoltatása a tisztított szennyvízen a befogadóba történő beengedés előtt, az esetleg bennmaradt fertőző anyagok ártalmatlanítására).

7. Az épített környezet védelme

Az emberi civilizáció fejlődésének, a népesség alakulásának, társadalmi szokásainknak van egy nagyon jó mutatója, és ez a **hulladék.** Abból, hogy egy társadalom mennyi és milyen hulladékot termel, meg lehet ismerni a gazdaságát, társadalmi fejlettségét. A hulladék ebből a szempontból nagyon értékes lehet a régészeknek, hiszen letűnt korok életét tudták megeleveníteni a talált hulladékok vizsgálatával. Mit fognak tartani rólunk a jövő régészei? „A huszadik század embere hulladéklakó volt.” Lesújtó vélemény. Mi ennek az oka?

7.1. A hulladék

Az egész emberiséget foglalkoztató hulladékgondok arra a helytelen szemléletre vezethetők vissza, amely egyrészt nem számolt a rohamosan növekvő hulladéktömeg környezetre ártalmas következményeivel, másrészt nem vette figyelembe a veszendőbe ment értékes anyagok gazdasági következményeit, vagyis a korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló nyersanyagok pazarlásának hatásait. A növekvő fogyasztás következménye, hogy egyre nő a maradék, a szemét, a csomagolóanyag. A termelőeszközök korszerűsítése azt eredményezi, hogy egyre gyakrabban cserélnek le fizikailag még nem is elhasznált, csupán "erkölcsileg" elavult termékeket. Még a túl gyorsan változó divat hatása is sietteti használati tárgyaink selejtezését.
A hulladékkal hovatovább már nem tudunk mit kezdeni. Ahány település, annyi hulladékhegy az országban. Hulladékhegyek között, hulladékhegyeken élünk.

7.1.1. A hulladék fogalma, osztályozása

A természeti folyamatokban a hulladék fogalom ismeretlen, azt az emberi tevékenység hozta létre. A hulladék által előidézett környezetszennyezés a civilizáció megjelenésével kezdődött.

Hulladék az az anyag, termék, maradvány, amelyet tulajdonosa az adott műszaki, gazdasági és társadalmi feltételek között sem felhasználni, sem értékesíteni nem tud ill. nem kíván, és ezért kezeléséről - a környezetszennyezés megelőzése érdekében - gondoskodni kell.

A hulladékok csoportosítása

Közös jellemző tulajdonságaik alapján 3 **hulladéktípust** különböztetünk meg.
Mindhárom lehet

- szilárd
- folyékony
- iszapszerű
- **Termelési hulladék**

Termelési hulladék a kitermelő, feldolgozó és szolgáltató tevékenységből származó **technológiai** ill. **amortizációs** hulladék.

Eredet szerint:

- technológiai
- amortizációs
- javító, szolgáltató ipar hulladéka
- adminisztratív és szociális létesítmények és üzemépületek takarítási hulladéka
- üzemi, közterületi hulladék

Az utolsó kettő a kommunális hulladékkal együtt kezelhető.

Az előző három csoport nagy része **veszélyes hulladék,** és külön kezelendő.

Fajtája szerint:

- ipari hulladék
- mezőgazdasági hulladék
- közlekedési hulladék

- **Települési (kommunális) hulladék**

A lakossági fogyasztási, intézményi, kiskereskedelmi és vendéglátó tevékenységből, valamint közterületek tisztán tartásából származó hulladék.

Eredet szerint:

- települési szilárd hulladék
- települési folyékony és iszapszerű hulladék (szennyvíztelep)

Fajtája szerint:

- háztartási
- intézményi
- kerti
- közterületi
- víztelenített szennyvíziszap
- szennyvíztisztítási szennyvíziszap
- csatornaiszap
- rácsszemét

- **Veszélyes hulladék**

A termelés, a szolgáltatás, az elosztás és a fogyasztás során egyaránt keletkezhet különleges kezelést igénylő veszélyes, fertőző, mérgező hulladék (veszélyes hulladék).

Fajtája szerint:

- mérgező hulladék (toxikus)
- fertőző
- korrozív
- tűz- és robbanásveszélyes
- lakossági fogyasztásból visszamaradó
- radioaktív

7.1.2. A hulladék mennyisége, minősége

A műszaki, technikai fejlődés, a gyorsuló urbanizáció, az életmód és az életszínvonal változásának eredményeként a termelés, a szolgáltatás és a fogyasztás területén jelentős mértékben nő a hulladék mennyisége, úgy, hogy a mennyiségi változással együtt a minőségi jellemzők is változnak.

Ez a változás a következő okokra vezethető vissza:

- gazdasági növekedés (termelés nő, nő a hulladékmennyiség)
- termelés szerkezete, az alkalmazott technológia jellege
- gyorsuló városodás
- műszaki haladás (termékek korszerűtlenedése gyorsabb, mint a fizikai avulásuk)
- csomagolástechnika fejlődése, csomagolásra felhasznált anyagok mennyiségének a növekedése

A hulladékok mennyiségéről ld. a 14. táblázatot.

Települési szilárd hulladék		
Változók	**Jellemzők**	**1992-es állapot**
Hulladékképződés	A képződő hulladék mennyisége	$2,5\text{-}3\times10^6$ t/év
Hulladékhasznosítás	A hasznosított hulladék mennyisége	$0,05\times10^6$ t/év
Hulladék-ártalmatlanítás	Égetéssel ártalmatlanított hulladék	$0,35\times10^6$ t/év
	Szabályosan lerakott hulladék	$0,2\times10^6$ t/év
	Szabálytalanul lerakott hulladék	$1,2\text{-}1,7\times10^6$ t/év

14. táblázat

7.1.3. A hulladék káros környezeti hatása

Az emberi tevékenység - a megváltozott szükségletek kielégítése érdekében - egyre nagyobb mértékben alakítja át a természetből kiemelt anyagokat, a természetes anyagoktól eltérő összetételű termékeket állítva elő.

Ezeknek következtében:
- a hulladék vagy nem alkalmas arra, hogy bekapcsolódjék a természetes körfolyamatokba
- vagy ha bekapcsolódik, olyan zavarokat okozhat, aminek a hatását a természetes körfolyamatok már nem képesek ellensúlyozni
- közvetlenül vagy közvetve a természeti elemeken keresztül veszélyezteti magát az embert is.

A **hulladék**
- szennyezi valamelyik környezeti elemet (víz, levegő, talaj), ezáltal nagy népességet érint, és hatása sok esetben időben elhúzódik
- egyes alkotórészei beépülnek állati, növényi szervezetekbe és a táplálékláncon keresztül végül is az embert károsítják
- egyes termelési/települési hulladékok fertőző betegségek okozói lehetnek
- új természeti erőforrással helyettesítendő, tehát a természeti erőforrások igénybevétele felgyorsul.

A hulladék veszélyes alkotórészeinek kioldódását fizikai és kémiai körülmények befolyásolják.
Például:
- Ha a szennyező anyag megkötődik a talajban, gátolhatja a szerves és szervetlen vegyületek vándorlását.
- A fenol jól oldódik vízben és könnyen kilúgozható, így igen veszélyes talajszennyező.
- Baktériumok okozta biológiai lebomlás következtében igen veszélyes anyagok is képződhetnek, pl. a triklór-etilén, vagy egyéb rákkeltő anyagok.

7.1.4. Hulladékgazdálkodás

A hulladékok káros környezeti hatása elleni védelem megvalósítását segíti a hulladékgazdálkodás.
Eszközei:
- hulladék keletkezésének megelőzése
- hulladék mennyiségének csökkentése
- hulladékkezelés

Szabályozása:
- jogi (törvények, rendeletek)
- műszaki (szabályzat, szabvány, műszaki előírás)
- gazdasági (bírságok, támogatások, Környezetvédelmi Alap termékdíj betétdíj stb.)

7.1.5. Hulladékhasznosítás

A háztartási hulladék nagyon sok hasznosítható anyagot tartalmaz, amint azt a 15. táblázat adatai mutatják.

A háztartási huladékba kerülő hasznosítható anyagok számított mennyisége hazánkban (ezer t)				
Hulladékkomponens	**1975**	**1980**	**1985**	**1990**
fém	28	39	54	90
üveg	43	57	73	112
műanyag	36	63	95	145
papír és karton	160	252	368	545
egyéb szerves anyag	432	461	499	590

15. táblázat

A hulladéknak bármilyen technológiában való hasznosításához mindig kapcsolódik környezetvédelmi elvárás, kötelezettség, érdek, felelősség.

A technológiák költségei és eredményei többnyire kiegyenlítik egymást, de sokszor a hasznosítás költségei nagyobbak, mint a gazdasági előnyök.

7.1.5.1. A hulladékhasznosítás minőségi kérdései

Két fő irányzat szerint rendezhetők:
- **minőség változása** az anyagkezelés során (pl. papírhulladék többszörös visszaforgatása során az elemi szálak aprózódnak, ez a további hasznosítás akadálya; vas és acél hulladék esetén a bevitt ötvözőanyagok kedvezőtlenül hatnak a termék végső anyagösszetételére, ezért nem használhatók újra 100 %-ban)
- a hasznosítási eljárással kapott anyag, mint **új termék**, és a **hagyományos termék minőségének viszonya** (pl. hasznosítás során jobb termék: zománcipari hulladék, tűzálló kerámia bevonat, rongyhulladékból tűnemezelt szőnyeg; de sokszor az ellenkezője igaz, vagyis az új termék szilárdsága, minősége nem éri el a hagyományos termékét)

7.1.6. Hulladékártalmatlanítás égetéssel

Hulladékégetésnél a fő célkitűzés a hulladék térfogatának a csökkentése.
- A **térfogatcsökkenés:** salakfelhasználás nélkül 80 %, salakfelhasználás és -feldolgozás mellett eléri a 95 %-ot.

– A **súlycsökkenés:** 60-70 %.

Az égetésnél nemcsak a térfogatcsökkenés, de a nyert hő hasznosítása is lehet szempont.

A hulladék-égetőmű társadalmi elfogadottsága általában csekély, ennek a füstgázszennyezésektől való félelem az oka.

A hulladékégetés megoldandó feladatai:

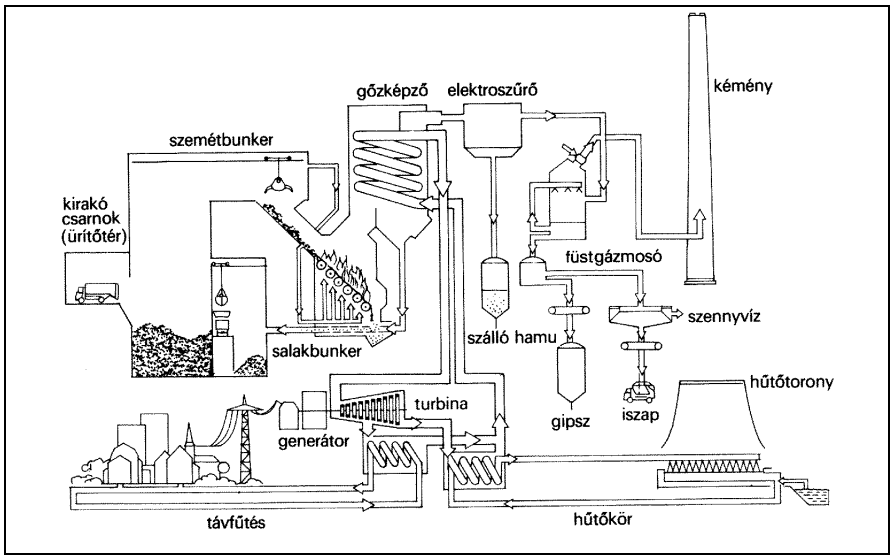
– a **gáz** halmazállapotú emissziókat a minimumig kell csökkenteni
– a **szilárd** maradékokat (salak, pernye) úgy kell kondicionálni, hogy azokat értékesíteni, vagy környezetkárosítás nélkül tárolni lehessen
– a lehető **legkisebb maradékban** kell a szervetlen káros anyagokat koncentrálni, azokat újra visszanyerni, vagy változatlanul veszélyes hulladékként tárolni.

Hulladékégető berendezések:

beszélhetünk:

– veszélyeshulladék-égető műről (Dorog)
– kommunálishulladék-égető műről (Budapest)

A 39. ábra mutatja egy kommunális égetőmű alapvető munkafázisait.



39. ábra A kommunális hulladékégető munkafázisai

A települési szilárd hulladék rendkívül heterogén és időben változó összetétele, fizikai-kémiai tulajdonságai miatt tüzeléstechnikai szempontból igen nehezen kezelhető anyag. Elégetésére csak speciális, külön erre a célra szolgáló tüzelőberendezések alkalmasak.

A hulladékégetőmű egységei:

– **Szemétbunker**

Az égetőműbe szállított hulladékot mérlegelés után tárolóbunkerbe ürítik. A gépjárműből kiürített hulladék vagy rézsűn vagy speciális adagoló berendezéssel kerül be a bunkertérbe. A szemétbunker kapacitását az égetőmű óránkénti **teljesítménye**, az **üzemidő**, a **hulladék térfogatsúlya** határozza meg. (Minimum 3 napos feldolgozási teljesítménynek megfelelő hulladékmennyiségnyi tárolókapacitás az előírt.)

A nagydarabos hulladékokat tüzeléstechnikai és adagolási okokból a bunkerbe töltés előtt aprító berendezéssel darabolni kell.
A szagszennyeződés megakadályozására a bunker ajtaját zárni kell. Az égetéshez szükséges levegőt a bunkertérből szívják el, csökkentve ezáltal a szaghatást is.

– **Égetőtér**

A hulladékégetők legfontosabb része a tüzelőberendezés, ami lehet rostélyos vagy forgódobos kemence. A települési hulladékégetőben a szokásos égésihőmérséklet-tartomány 800-900 ^{o}C.
A legáltalánosabban alkalmazott rostálytípusok:

- hengerrostély (Budapesti Égetőmű)
- visszatoló rostély
- előtoló rostély
- lépcsős vándorrostély
- billenő rostély

A forgó dobkemence, forgó rostély általában a veszélyes hulladékok égetésére szolgáló tüzelőberendezéseknél használatos. Ebben az esetben az égetési hőmérséklet magasabb (1200 ^{o}C).

A tüzelőberendezéssel szemben támasztott követelmények:

- szagmentes füstgáz (CO-tartalom < 0,1 tf%)
- a hulladék tökéletes kiégetése (szervesanyag-tartalom < 0,25 tömeg%)
- maximális üzembiztonság

A fenti követelményeket az égetőtérben a **hulladék haladási sebességének** helyes megválasztásával (forgó hengerek sebessége), égéságyba ill. égéstérbe a rostély alóli **primér levegő** bevezetésével, valamint az égéstérbe felülről ill. oldalról történő **szekunder levegő** befúvásával biztosítják. Ugyancsak nélkülözhetetlen az égetendő anyag ingadozó fűtőértéke miatt az ún. **támasztótüzelés**, amit olaj- vagy gázégőkkel biztosítanak.

– **Füstgázhűtő** (hőhasznosítással)

A hulladékégető füstgázai a tűztérből 900-1000 ^{o}C-on vagy ennél nagyobb hőmérsékleten távoznak, és azokat 250-300 ^{o}C-ra le kell hűteni a következők miatt:

- tisztítóberendezések hőtűrőképessége (felső korlát)
- harmatponti korrózió (alsó korlát)

A füstgáz hűthető

- közvetlen módszerrel (hideg levegőbefúvás, vízbepermetezés)
- közvetett módszerrel (hőcserélők, melegvíz- és gőzkazánok)

A hőhasznosítás fűtőműves, vagy erőműves változatú lehet, az első esetben a termelt kis nyomású gőzt távhő-szolgáltatásra hasznosítják. A második esetben a keletkezett gőz turbinát hajt, és villamos áramot termel. 1 t hulladékból max. 350-450 kWh villamosenergia nyerhető.

– **Kisalakoló** berendezés

A salak eltávolítására szolgál. A salakot a tűztér végén kialakított nedves rendszerű salakeltávolítóban hűtik le, és hordják ki a salakbunkerbe vagy átmeneti tárolóba.

– **Füstgáztisztító** berendezés

Környezetvédelmi szempontból a hulladékégetés egyik legjelentősebb problémája a kibocsátott füstgázok által okozott légszennyezés, és annak a megengedett érték alá csökkentése. Régebben arra törekedtek, hogy ezek a szennyező anyagok -főként a nehézfémek- a salakban koncentrálódjanak. Ma viszont azt kívánják elérni, hogy az illékony

komponensek a füstgázba kerüljenek; így viszonylag ártalmatlan keletkezik, a füstgázt pedig nagy hatékonyságú berendezésekkel a kívánt mértékig meg tudják tisztítani. A füstgáztisztításról az 5.7. fejezetben már volt szó.

7.1.7. Hulladéklerakás

A hulladéklerakás a hulladékártalmatlanítás legáltalánosabb formája Magyarországon.

A lerakóhely területi adottságai közül a geológiai, hidrológiai és hidrogeológiai jellemzők az alapvetőek. Az adottságok egyes helyeken lehetővé teszik a **műszaki védelem nélküli** lerakásokat, máshol ennek kiépítésével kell elérni, hogy a terület a hulladék fogadására alkalmas legyen.

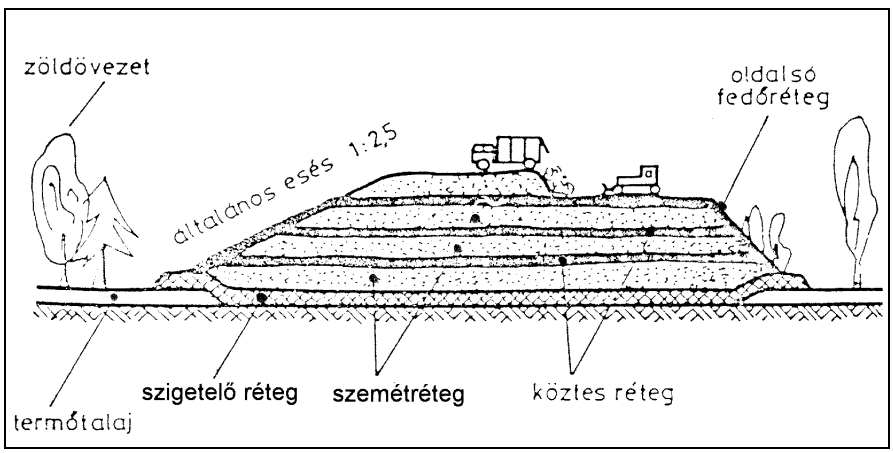
A hulladéklerakó létesítéséhez ismerni kell:
- a tervezett terület réteg- és talajtani leírását
- a kőzetek műszaki földtani tulajdonságait
  (Lerakóhely csak k= 10^{-8} m/s-nál kisebb szivárgási tényezőjű vízzáró rétegre telepíthető.)
- a vízzáró rétegek elhelyezkedését, vastagságát, mélységét
- a lerakóhely körzetében tapasztalható dinamikus geológiai és eróziós folyamatokat
- a terület hidrogeológiai viszonyait, vízháztartásának jellemzőit.

A **területalkalmassági vizsgálat** során elemezni kell a lerakóhely meteorológiai viszonyait (uralkodó szélirány, szélerősség, légszennyező anyagok várható terjedése, csapadékviszonyok stb.)

Meg kell vizsgálni a kiválasztott terület értékét mező- és erdőgazdasági szempontból.

A lerakó működtetéséhez tömörítőberendezés, szállítóeszköz szükséges. Gondoskodni kell a hulladék réteges elterítéséről és napi földtakarásáról. A lerakóra hulló és a beszivárgott csapadékvizeket egységes rendszerben össze kell gyűjteni és elhelyezését megoldani. A képződő biogáz ellenőrzésére ill. hasznosítására gázkutakat kell létesíteni. Végül a lerakóhely megtelése után a depóniát le kell zárni, földdel befedni és a rekultivációját megoldani.

A 40. ábra egy alakuló hulladékdepóniát mutat.



40. ábra A hulladékdepónia vázlata
(*Mérnöki kézikönyv* nyomán)

7.2. A zaj

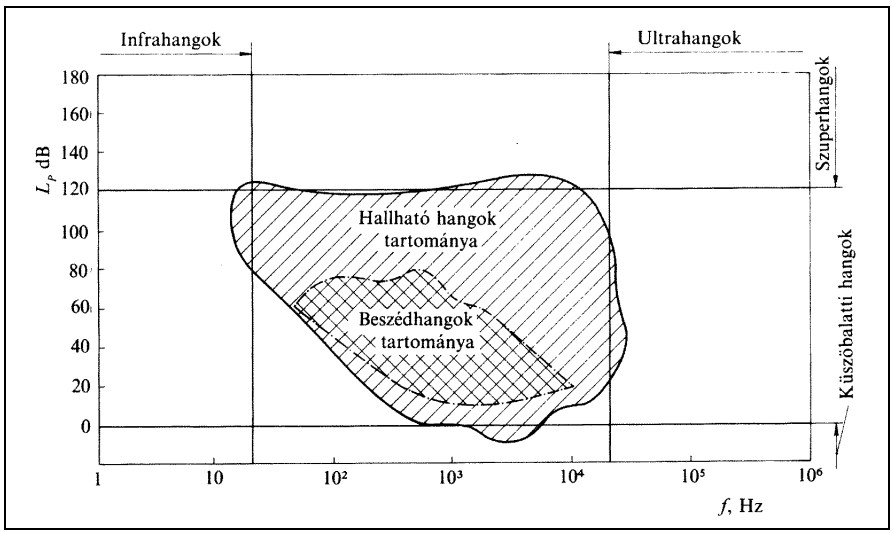
A hulladék után a másik igen jellemző urbanizációs tünet a zaj. A technika hozta magával, hogy körülöttünk egyre több rezgés és hangforrásként szereplő gép működik. Az embert a zaj idegileg és mechanikailag is megviseli.

A zaj tulajdonképpen **hang**. A hang fizikai fogalomként rugalmas közegben terjedő, mechanikus rezgőrendszer által keltett hullám, amely az emberben **hangérzetet** kelt.

Ily módon a zaj (mint hangfajta) keletkezése és terjedése pontosan meghatározott mennyiségekkel és fizikai törvényekkel leírható. A hallható hangok tartományát a 41. ábra mutatja.

A hanghatáshoz kötődő zaj megítélése ugyanakkor erősen szubjektív. Ezért a zaj fogalmát tágabb értelemben kell meghatározni:

A zaj olyan nemkívánatos vagy túl hangos hangjelenség, amely az emberre kellemetlenül hat, életfunkcióit, munkáját vagy pihenését zavarja.



41. ábra A hallható hangok tartománya

A **környezeti zaj** többféle lehet:
- ipari
- lakásokon belüli
- közlekedési

A zajterhelés évről évre nő. Becslések szerint a nagyvárosok zaja évente 1 dB növekedést mutat.

Környezeti rezgés minden olyan rezgési jelenség, amely során lakó-, üdülő- vagy középületekben az emberre nézve kellemetlen „egész testre ható rezgések” keletkeznek.

Környezeti zaj- és rezgésvédelem tevékenységi körébe a fenti zajok, rezgések keletkezésével (**emisszió**), terjedésével (**transzmisszió**) és terhelésével (**immisszió**) kapcsolatos ismeretek, mérések, minősítések és a csökkentésre tett intézkedések, módszerek tartoznak.

7.2.1. Zajártalmak, rezgések

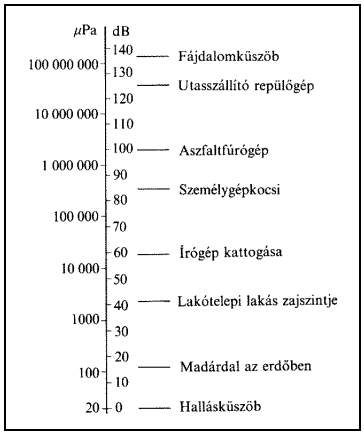
A zaj élettani hatása függ a

- zaj erősségétől
- frekvenciájától
- időbeli változásától
- zajhatás időtartamától

- Tartósan ható 85 dB feletti zajszint maradandó halláskárosodást okoz.
- 65 dB - 85 dB vegetatív idegrendszeren keresztül egyes szervek állapotát befolyásolja
- 30 dB - 65 dB zavarja az alvást

Összehasonlításul:

halk televízió	- 40 dB
beszéd	- 50 - 60 dB
légkalapács	- 100 dB
sugárhajtású repülő	- 140 dB
„halálos adag”	- 175 dB



42. ábra
Hangnyomás és hangintenzitásszint

A rezgés élettani hatása

Rezgéstani szempontból az emberi test bonyolult rendszer, külső gerjesztő rezgés hatására rezgésbe jön. Az egyes szervek rezonanciafrekvenciái különbözők:

3-6 Hz	= csípő - váll - fej
5-9 Hz	= máj - lép - gyomor
7 Hz	= agy
9-15 Hz	= száj - torok
60-90 Hz	= szemgolyó
100-200 Hz	= állkapocs

Rezgések következtében gerincbántalmak, légzési panasz, szívritmuszavar, szédülés léphet föl, ízületi, csont- és érrendszeri elváltozások várhatók.

Alapfogalmak

A fizika című tárgyból az alapfogalmak ismertek már, itt egy rövid összefoglalást adunk.

– **Hangtér**

A hang rugalmas közeg rezgéséből keletkezik,

  – léghang
  – folyadékhang
  – testhang

– **Hangnyomás**

A levegőben a hanghullámok terjedése a levegőmolekulák sűrűsödése és ritkulása révén jön létre, ez a levegőben nyomásingadozást okoz, ez a hangnyomás**.**

A hangnyomás jele: **p**, mértékegysége *[Pa]* (Pascal).

– **Hanghullámok**

A hanghullámok három egymással összefüggő mennyiséggel jellemezhetők. Ezek a következők:

  – *l* hullámhossz, ciklus *[m]*
    két szomszédos, azonos fázisú hullám távolsága
  – ***f*** frekvencia *[Hz] = [1/s]*
    egy adott ponton másodpercenként áthaldó teljes hullámok száma
  c terjedési sebesség *[m/s]*
    a hullámhossz és a frekvencia szorzata (c = l · f)

– **Hangintenzitás**

a terjedés irányára merőleges egységnyi felületen áthaladó energia (**I**) mértékegysége *[W/m^2]*

[redacted] **Hiba! A kapcsoló argumentuma hiányzik.** *r = sűrűség [kg/m^3]*

– **Hangteljesítmény**
a hangforrást körülvevő zárt felületen időegység alatt átáramló hangenergia, jele: **W**, mértékegysége *[W]* (Watt).

$$W = I \acute{} S \; [W] \qquad S = felület \; [m^2]$$

Az átlagos emberi fül érzékenysége miatt a hangnyomás értékei 6 nagyságrendet, a hangintenzitás és hangteljesítmény 12 nagyságrendet fognak át. Ezt a széles tartományt a számításoknál nehéz lenne kezelni, ezért logaritmikus összefüggésekkel számolunk.

A **szint** két azonos mértékegységű jellemző mennyiség hányadosának logaritmusa. Mértékegysége a Bel ill. ennek tizedrésze a decibel, jele *[dB]*. A használatos **szintek:**

– **Hangintenzitásszint:**

[redacted] Hiba! A kapcsoló argumentuma hiányzik. $I_o = 10^{-12} \; W/m^2$ *(alapszint)*

– **Hangteljesítményszint:**

[redacted] Hiba! A kapcsoló argumentuma hiányzik. $W_o = 10^{-12} \; W$

– **Hangnyomásszint:**

Hiba! A kapcsoló argumentuma hiányzik.

$$L_p = 10 \lg (p/p_0)^2 = 20 \lg (p/p_0) \; dB$$

$$p_0 = 2x10^{-5} \; Pa$$

Eredő hangnyomásszint meghatározása:

[redacted] Hiba! A kapcsoló argumentuma hiányzik.

A környezeti zaj- és rezgésterhelések határértékeit rendeletekben adták meg. Az építési munkából eredő zaj határértékei a 16. táblázatban láthatók.

16. táblázat

Sorszám	Területi funkció	Megengedett egyenértékű A-hangnyomásszint, L_{Aeq}, dB Ha az építési munka időtartama					
		£1 hónap		>1 hónap, <1 év		≥1 év	
		nappal 6-22 h	éjjel 22-6 h	nappal 6-22 h	éjjel 22-6 h	nappal 6-22 h	éjjel 22-6 h
1.	üdülőterület, üdülőhely, gyógyhely, kórházi, szanatóriumi negyed, védett természeti terület	60	45	55	40	50	35
2.	lakóterület és intézményterület laza beépítéssel	65	50	60	45	55	40
3.	lakó- és intézményterület tömör, városias beépítéssel	70	55	65	50	60	45
4.	iparterület lakóépületekkel és intézményekkel vegyesen	70	55	70	55	65	50

8. Energia, energiaforrások

Az emberi történelem során hosszú ideig a legjelentősebb **energiaforrás** az **ember kétkezi munkája** volt. Később állati munkát is felhasználtak, majd kezdetleges gépeket.

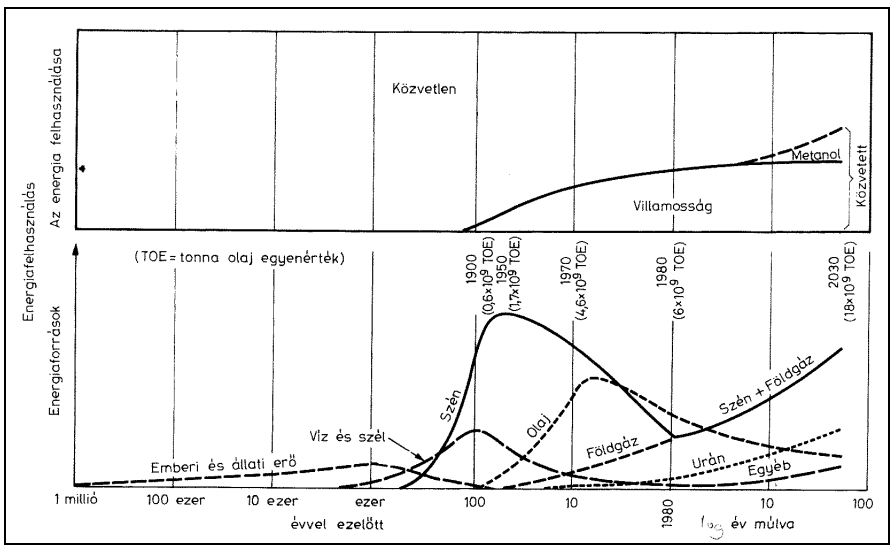
A **gőzgép** feltalálása adott lendületet az új típusú energiahasznosításnak. Az első gőzgépek üzemanyaga a **fa** volt. Az energiaigény növekedésével erdők ezer hektárjait irtották ki, de az sem volt elég, ekkor tértek át a **szénre.** 1920-ban már a fő energiahordozó a szén volt (80 %).

A szén
- bányászata veszélyes üzem
- szállítása, kezelése sok szennyezéssel jár
- elégetése szennyező

Az 1800-as évek végén elkezdődött az olajkutatás, az olajkútfúrási és olajfinomítási technológiák kifejlesztése. Így aztán a belső égésű motor szolgáltatta az alternatívát. Hamar kiszorította a gőzgépet, mivel sokkal tisztább üzemanyagúnak bizonyult, nem volt **látható salakanyaga,** mint a szénnek a hamu.
Az **elektromos energia** az 1900-as években kezdett tért hódítani. Az elektromos energia **másodlagos** energiaforrás, mivel előállításához másféle energia kell.
Az 1960-as években az **atomenergia** is színre lépett.

8.1. A bőséges és olcsó energia korszaka

A 20. századot az energia-felhasználás gyors növekedése, valamint az **elsődleges energiaforrások** és az energia-felhasználási módok arányainak gyors változása jellemzi. Ld. 43. ábra.



43. ábra Az energiafelhasználás alakulása
(*Bolygónk véges türelme* nyomán)

A Föld természetes energia-körforgása két alapvető energiaforrást kínál az ember számára:
- a fosszilis energiaforrásokat (elsődleges energiahordozók)
    - szén
    - kőolaj

  - földgáz
- és a megújuló energiaforrásokat
  - napsugárzás
  - szélenergia
  - gravitáció (bolygók tömegvonzása, ár-apály jelenségekben rejlő energia)
  - vízenergia
  - geotermikus energia

Az elsődleges energiahordozók mellett megjelennek a tömeges felhasználásra alkalmassá tett **alternatív energiaforrások:**

  - nukleáris energia (hasadásos, fúziós)
  - gravitációs energia
  - napenergia
  - szélenergia
  - geotermikus energia

Századunk 50-es és 70-es éveiben a szénfelhasználás aránya viszonylag gyorsan csökkent, és ezt a korszakot az olaj és földgáz részarányának gyors emelkedése kísérte. 1950 és 70 között a teljes energia-felhasználás csaknem megháromszorozódott. Ennek a gyors növekedésnek és az olaj előtérbe kerülésének fontos következményei voltak. Már gazdasági kérdésként is felmerült az **energiaforrások** véges volta. Ez a felismerés újabb energiaforrások utáni kutatásra ösztönzött. Így jelent meg az atomenergia ill. az atomerőmű.

Az atomerőművekben a 235 tömegszámú urán izotóp (U^{235}) hasadásakor felszabaduló energiát felhasználva nyernek elektromos energiát. A **többletenergia** a keletkező 236 tömegszámú közbenső mag (U^{236}) valamint a láncreakció során keletkezett leánymagok (X, Y) közötti tömegkülönbségből adódik.

$$U^{235} + n \rightarrow U^{236} \rightarrow X + Y + x \cdot n + \mathbf{E}$$

Az U^{235} láncreakciója során keletkező elektromos energia mennyisége kb. 210 MeV (mega-elektronvolt, 1 MeV = $1{,}6 \cdot 10^{-13}$ J).

Egy másik lehetséges energiaforrás a **fúziós energia**, a nukleáris energiának ma még békés célokra fel nem használt formája. Ez azon az elven alapszik, hogy nem csak a **nehéz magok hasadása** jár energia-felszabadulással, hanem a **könnyű magok egyesülésekor** is energia szabadul fel. Például:

$$H^2 + H^3 \rightarrow He^4 + n + \mathbf{E} \qquad E = 17{,}6\ MeV$$

Az erőművi termelés megvalósítása komoly technikai gondokkal küzd. A fenti magreakció **tömegesen** csak néhány **millió ^{o}C** hőmérsékleten megy végbe. A technikai jellegű problémák megoldása csak az ezredforduló után várható.

8.2. Jelenlegi helyzet, környezeti hatások

Az olajat termelő országok megpróbálták az olaj eladási árának a piacmechanizmustól függetlenített szempontok szerinti szabályozását. Ez felébresztette ill. kiterjesztette és

felgyorsította az **új** (azokon belül elsősorban a napenergia és más folyamatosan **megújuló)** energiaforrások, valamint a takarékos energia-felhasználás iránti érdeklődést és kutatást.

Ezek, valamint a jelentős mennyiségű **új olaj- és földgázkészletek** felfedezése fokozatosan tompította a gyors készletapadás veszélyét, viszont új, sürgető gondok jelentkeztek.

Az 1980-as évek elejétől rendkívüli módon felgyorsultak a légköri szennyezések. Mint arról már az 5.6. fejezetben is szó volt, a légköri szennyezéseket elsősorban az égési folyamatok okozzák, tehát a túlzott energiahasználat jelentős veszélyforrás.

Az üvegházgázok feldúsulása is aggodalomra adott okot ugyanúgy, mint az egyre nagyobb számban épülő atomerőművek üzemi biztonságával kapcsolatos aggályok, amelyeket a Three Mile Island és hasonló erőművek balesete idézett elő, végül pedig az 1986-ban Csernobilban bekövetkezett katasztrófa.

8.3. A jövő

Ha a hatékony környezetvédelem által megkívánt magasabb tisztítási határértékeket pontosan részletezett és szigorúan ellenőrzött hatósági előírások fogják megszabni, az **energiaellátás költségeinek** óriási mértékű növekedése előreláthatóan néhány évezreden belül újabb **forradalmakat** fog elindítani az energetika területén. Hogy melyik lesz a jövő század energiaforrása, nem lehet előre megjósolni. Lehet, hogy mégis az atomerőmű. Ernst F. Schumacher: Small is beautiful (A kicsi szép) könyvében így vélekedik erről:

„Az atomenergia békés felhasználása igen komoly, nemcsak a ma élő embereket, hanem az összes eljövendő nemzedékeket érinti, bár az atomenergiát mindeddig csak statisztikailag jelentéktelen mértékben használták. Az ipari fejlődés még hátravan, s ez olyan méreteket fog ölteni, amilyet csak kevés ember tud elképzelni. Ha ez valóban megtörténik, a radioaktív anyagok folytonosan közlekednek majd a „forró” kémiai üzemek és az atomerőművek között oda-vissza, az erőművektől a hulladék-feldolgozó üzemekbe, végül onnan a lerakóhelyekhez. Bármely komoly baleset akár a szállításban, akár a gyártásban nagyarányú szerencsétlenséget okozhat, és a sugárzási szintek nemzedékről nemzedékre kérhetetlenül növekedni fognak az egész világon. Ha csak a ma élő genetikusok egytől-egyig nem tévednek, ugyanilyen könyörtelenül, bár kétségtelenül némiképp megkésve fog növekedni a káros mutációk száma.”

Ezek a megfogalmazott aggodalmak reális veszélyről tudósítanak. Csak akkor válhat az atomerőmű a jövő alapvető energiatermelőjévé, ha a biztonságos termelés ill. hulladékmegsemmisítés megoldódott.

Vagy a „szelídebb” energiák közül kerül ki a győztes, és sikerül a **folyamatosan megújuló** és **kimeríthetetlen** bőségben előforduló természeti erőforrásokra alapozni a jövőt?

Ezek ugyanis környezeti hatásaikat tekintve az élővilág számára meghatározó jelentőségű anyagok és folyamatok biokémiai ciklusait érdemben nem befolyásolják, vagyis ilyen szempontból **hulladékmentesek** vagy legalábbis **hulladékszegények.**

9. Természet- és tájvédelem

Az élővilág folyamatosan fejlődő, harmonikus rendszert képez. Alapvető érdekünk e rendszernek oly módon történő befolyásolása, hogy ne károsodjék annak kialakult összhangja, de ugyanakkor a lehető legnagyobb mértékben elégítsük ki az emberiség egyre növekvő igényeit.

A 19. századi és a 20. századi természetvédelmi mozgalom legszembetűnőbb vonása az érintetlen természettel való törődés. Az emberi népesség gyarapodása és a technika fejlődése a természet rovására ment végbe.

A vadon élő állatok igen sok hátrányt szenvedtek el az embertől, de tömeges irtásuk csak nemrégiben kezdődött.

A modern társadalmak ma már alapvető feladatukként ismerik el azon értékek megőrzését, amelyek az emberiség számára **pótolhatatlanok** és **megismételhetetlenül egyediek**. Ezek az értékek -bár gyakran látszóla nincs közvetlen anyagi hasznuk- elválaszthatatlanul hozzátartoznak az emberi léthez és életünk minőségéhez.

A természetvédelem feladata

- a természet evolúciósan kialakult, gazdaságos és hulladékmentes működési, termelési és megújulásra képes rendjének fennmaradását fenntartani
- az élő és élettelen környezet természetközeli állapotát megőrizni
- a meglévő ternészeti értékeket megóvni
- a természetes regenerációs folyamatokat elősegíteni illetve biztosítani

A természetvédelem és környezetvédelem kapcsolatát a **komplementer elv** alapján lehet helyesen megítélni.

Komplementer elv: a környezetvédelem és a természetvédelem két egymást kiegészítő, egymásnak alá nem rendelhető terület, amelyeknek tevékenységét, stratégiáját és intézkedési tervét -a mellérendeltség és egyenrangúsá szigorú tiszteletben tartásával- szorosan össze kell hangolni, mert a két terület tevékenysége kölcsönösen hat a másikra.

A természetvédelem egyik alapvető feladata a **genetikai erőforrások** védelme. A genetikai erőforrások védelmére létrehozott, illetve a kialakítandó nemzetközi, regionális és nemzeti génbankoknak, csíra és plazmaközpontoknak rendkívül nagy jelentőségük van a növekvő számú emberiség fenntartásában.

9.1. A növényvilág védelme

A növényvilág az ember környezetének szerves része. Az ember és az állatok táplálékát közvetve, vagy közvetlenül a növények szolgáltatják.

Védik a talajt a víz- és szélerózió káros hatásaitól. Pótolják a levegő oxigénveszteségét.

A növényeket számtalan tényező károsíthatja.
A sok, az előbbi fejezetekben felsorolt példa mellett a nem kellő körültekintéssel végzett növénynemesítés is vészes gyorsasággal ritkítja a genetikailag változatos fajokat.

Annak érdekében, hogy a növényvilág változatossága (biodiverzitás) fennmaradjon, valamennyi természetes növénytársulásból megfelelő méretű védett területet kell létrehozni. Csak a megfelelő kiterjedésű élőhely-együttes tesz eleget annak a követelménynek, hogy ugyanazon **szukcessziós hálózat** tartalmazza az összes stádiumot, megadva az egymásba átalakulás lehetőségét. Ha a hálózat hiányos, akkor csak a **klimax állapotok** fennmaradása várható. Sajnos a Földön sok olyan, a biodiverzitás szempontjából nélkülözhetetlen terület van, ahol a politikai, gazdasági viszonyok (háború, nélkülözések) nem teszik lehetővé a szükséges védett területek létrehozását. Ilyenkor a génállomány átmentésével kell megoldást találni.

A géntartalékok megőrzése a Föld még meglévő ökológiai környezetének és élővilágának védelmével oldható csak meg.
A géntartalékok megőrzése történhet:
- génbankokkal (kultúrnövények genetikai adatainak összegyűjtése)
- vegetatív anyagok gyűjteményének (gumók, gyökerek, hagymák) szántóföldi viszonyok közötti megtartásával

A génbankok szervezésének világméretű munkájában Magyarország is részt vesz.

9.2. Az állatvilág védelme

Az utóbbi évek termelési és értékesítési viszonyainak gyors változásai, és az új feltételeknek megfelelő állattípusok kitenyésztésére irányuló törekvések közben őshonos állatfajtáink értékes típusai csaknem eltűntek.

Az állatvilág diverzitásának megőrzése elválaszthatatlan a növényzet és a táj védelmétől. Világosan kell látni, hogy nem elég védetté nyilvánítani egy állatfajt, arra kell törekedni, hogy a **védett területek** magukba foglalják valamennyi életterét.

Az állatvilág diverzitásának alapvető szerepe van a növényzet sokféleségének a fenntartásában is. A fauna pusztításában különösen a gazdálkodás két területe veszélyes:
- monokulturális gazdálkodás (szegényíti a tápanyagot, növeli a kártevők tömeges elszaporodásának veszélyét, csökkentve a hasznos sokféleséget)
- túllegeltetés, túlzott terület-kihasználás (az anyagforgalmat zárja rövidre, így a táplálkozási hálózatok elszegényednek)

A fent leírtak a háziasított állatokra is érvényesek.

Felismerve a pusztulóban lévő őshonos háziasított állatfajtáink genetikai leromlásának veszélyét, 1973-ban megalakították a Domesztikált Állatok Génbankját.

A nagy tenyésztői figyelmet igénylő fajta megőrzésének célja, hogy a kialakított tenyészetek helye, az állománynagyság hosszú ideig állandó legyen. Az egyes állományokat lehetőleg védett területen, olyan nagyságrendben kell tartani, hogy az adott terület optimálisan hasznosuljon. (Pl.: magyar racka juh, Fertő-Hanság Nemzeti Park).

9.3. A táj védelme

A táj a természeti környezet területileg elhatárolt része, specifikus **természeti** és **kultúrális** elemeivel, sajátságaival tűnik ki.

A **táj** szabályos fejlődésének és állapotának feltétele, hogy a **természeti** és az **antropogén** jellegű tájformáló tényezők kölcsönös viszonyban legyenek. Ez az állapot jellemző a **biológiailag** kiegyensúlyozott tájon. Sok esetben olyan - a természetben nem tapasztalható - pusztító anyagokat használnak, amelyek a meglévő ökológiai rendszereket nemcsak megzavarják, de lehetetlenné teszik.

Az **elpusztított** szabályozó, elhárító élő szervezetek hiányát pótolni kell a táj **gondozásával.**

A gondozási igény annál nagyobb, minél kevésbé érvényesülhetnek a természetes állományok ökológiai lehetőségei.

A **táj védelme** azokra a területekre, természeti tájakra és tárgyakra terjed ki, amelyek megőrzése és fenntartása tudományos, kulturális, vagy más közérdekből szükséges. Védelmükről akkor is gondoskodni kell, ha ott különböző létesítmények helyezkednek el.

9.3.1. Természetvédelmi terület

Nagysága nincs előírva, segíti a növény és állatfajok élőhelyének megtartását.

Jellege szerint lehet:
- földtani (Tatai Kálváriadomb)
- víztani
- növénytani
- állattani
- tájképi
- kultúrtörténeti

9.3.2. Tájvédelmi körzet

Az a táj, amelyiket tájképi jellegzetessége és kultúrtörténeti értékeinek köszönhetően védetté nyilvánítanak.

Területén több, különböző jellegű nemzeti érték megtalálható, művelt területet is magába foglalhat (Pannonhalmi Dombság)

Rendeltetése:
- természetes és mesterséges elemek egyensúlyban tartása
- természeti, kultúrtörténeti értékek fenntartása
- tudományos kutatások
- oktatás, ismeretterjesztés
- üdülés, turizmus

9.3.3. Nemzeti park

Az egész országra jellemző kevéssé módosított táj védetté nyilvánítva.

Egy vagy több érintetlen ökológiai rendszert tartalmaz.

A területnek nem lehet más célú hasznosítása (Kiskunsági Nemzeti Park).

Rendeltetése:
- jellegzetes, szép, karakteres táj megőrzése
- park területén kultúrtörténeti emlék megóvása
- kutatás - oktatás
- természettudományos ismeretterjesztés
- turizmus

10. Ellenőrző kérdések

1. fejezet

1. Mi a bioszféra?
2. Csoportosítsa a környezeti elemeket!
3. Mire keres választ az ökológia?
4. Sorolja fel az ökológia négy alaptörvényét!

2. fejezet

1. Nevezze meg a legfontosabb abiotikus ökológiai tényezőket!
2. Miért fontos a széndioxid, mint ökológiai tényező?
3. Mit tud a szavannáról?
4. Mi a tápláléklánc? Említsen néhány példát!
5. Milyen módon nőhet a talaj nitrogéntartalma?
6. Miért nem tartható el nagy tömegű biomassza a tápláléklánc végén?

3. fejezet

1. Mi az a populáció?
2. Említsen öt okot a biodiverzitás csökkenésére!
3. Miért veszélyesek a monokultúrák?
4. Milyen problémái vannak a fejlődő országoknak?

4. fejezet

1. Hogyan keletkeznek a metamorf kőzetek?
2. Mi a különbség a biológiai és a kémiai mállás között?
3. Mi határozza meg a talajhőmérsékletet?
4. Írja le a mérsékelt övi talajt!
5. Mi okozza a másodlagos szikesedést?
6. Milyen káros következményekkel járhat a talajsavanyodás?

5. fejezet

1. Hasonlítsa össze az őslégkört a maival!
2. Milyen a légkör szerkezeti felépítése?
3. Mik a mesterséges szennyezőforrások jellegzetességei?
4. Hogyan lehet ezeket a szennyezőforrásokat csoportosítani?
5. Miért veszélyes az emberre a CO-szennyezés?
6. Milyen élettani hatásai lehetnek a London-típusú szmognak?
7. Milyen üvegházhatású gázokat ismer?
8. Sorolja fel a nedves gáztisztítás módszereit!

6. fejezet

1. Mit nevezünk talajvíznek és artézi víznek?
2. Miért van szükség vízvédelmi területekre?
3. Hasonlítsa össze az ipari víz és az ivóvíz vízminőségi határértékeit!
4. Mi az eutrofizáció?
5. Mi a célja a fizikai-kémiai szennyvíztisztításnak?

7. fejezet

1. Milyen fajtái vannak a veszélyes hulladéknak?
2. A hulladékártalmatlanítás milyen arányban történik szabálytalan lerakással Magyarországon?
3. Mit tud mondani a háztartási hulladék mennyiségének alakulásáról 1975-től napjainkig? Mi lehet ennek az oka?
4. Milyen tényezőket kell figyelembe venni hulladéklerakó létesítésekor?
5. Milyen károsodást okozhatnak az emberi szervezetben a rezgések?
6. Mi a hangintenzitás?
7. Minek a mértékegysége a Bel illetve deciBel?
8. Milyen területen a legkisebb az építési zaj megengedett határértéke?

8. fejezet

1. Sorolja fel a Föld természetes energiaforrásait!
2. Mit nevezünk megújítható energiaforrásnak?
3. Miért veszélyes a túlzott energia-felhasználás?
4. Mik a nukleáris energia használatának megoldandó kérdései?

9. fejezet

1. Mit takar a *komplementer elv* kifejezés?
2. Milyen módszerek ismeretesek a növényvilág diverzitásának megőrzésére?
3. A mezőgazdaság mely két ágazata veszélyes különösen a faunára? Miért?
4. Milyen céllal létesítik a nemzeti parkokat?

Ábrajegyzék

1. A Napból eredő sugárzás (*Kárász Imre: Ökológiai és környezetvédelmi alapismeretek* nyomán)
2. A producensek működése (*Environmental Science* nyomán)
3. Elton-féle piramis (*Kárász Imre: Ökológiai és környezetvédelmi alapismeretek* nyomán)
4. Az élőlények alkalmazkodóképessége (*Environmental Science* nyomán)
5. A szén körforgása (*Environmental Science* nyomán)
6. A nitrogén körforgása (*Moser Miklós - Pálmai György: A környezetvédelem alapjai* nyomán)
7. A foszfor körforgása (*Environmental Science* nyomán)
8. Fehérjetermelés (*Environmental Science* nyomán)
9. Populáció-életfák (*Kárász Imre: Ökológiai és környezetvédelmi alapismeretek* nyomán)
10. A Föld népességének alakulása (*Environmental Science* nyomán)
11. Népességi korfák (*Environmental Science* nyomán)
12. Demográfiai átmenet (*Environmental Science* nyomán)
13. A földkéreg szerkezet (*Papp Sándor - Rolf Kümmel: Környezeti kémia* nyomán)
14. A kontinensek keletkezése (*Bolygónk születése* nyomán)
15. A kontinensvándorlás bizonyítékai (*Understanding Earth* nyomán)
16. A szemeloszlás háromszögdiagramos ábrázolása (*Szepesházi Róbert: Geotechnika II.* nyomán)
17. A talaj szerkezete
18. A benzo-a-pirén
19. A Föld légkörének változása (*Bolygónk születése* nyomán)
20. A Föld légkörének szerkezete (*László Ferenc: Környezetvédelem korszerűen* nyomán)
21. A légkör tömeg- illetve térfogatarányos összetétele (*Bolygónk születése* nyomán)
22. Az emisszió és az immisszió összefüggése (*Ulrich Förstner: Környezetvédelmi technika* nyomán)
23. Miért savas az esővíz? (*Environmental Science* nyomán)
24. Az inverziós réteg kialakulása (*Environmental Science* nyomán)
25. Az ózonpajzs működése (*Environmental Science* nyomán)
26. A freonok hatása (*Environmental Science* nyomán)
27. Porkamrák (*Moser Miklós - Pálmai György: A környezetvédelem alapjai* nyomán)
28. Töltetes tornyok (*Moser Miklós - Pálmai György: A környezetvédelem alapjai* nyomán)
29. A víz fizikai állapotai (*Environmental Science* nyomán)
30. A víz körforgása (*Environmental Science* nyomán)
31. A természetes vizek előfordulási helye (*Environmental Science* nyomán)
32. A vízhasználat és a vízhozam összefüggése
33. Ásott és fúrt kút (*Varga László: Vízvédelem* nyomán)
34. Csápos kút (*Mérnöki kézikönyv* nyomán)
35. Vízkezelés, -tisztítás (*Environmental Science* nyomán)
36. Az emberi tevékenység hatása a vízminőségre (*Mérnöki kézikönyv* nyomán)
37. Eutrofizáció
38. A szennyvíztisztítás folyamata (*Ulrich Förstner: Környezetvédelmi technika* nyomán)
39. A kommunális hulladékégető munkafázisai
40. A hulladékdepónia vázlata (*Mérnöki kézikönyv* nyomán)
41. A hallható hangok tartománya
42. Hangnyomás és hangintenzitásszint
43. Az energiafelhasználás alakulása (*Bolygónk véges türelme* nyomán)

11. Irodalomjegyzék

1. Árvai József (főszerk.): Hulladékgazdálkodási kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1993.
2. Barótfi István (szerk.): Környezettechnika kézikönyv, KTM, Eger, 1991.
3. Bay Zoltán - Dénes Gábor - Nagy Ferene - Wisinger István: Szent-Györgyi Albert, Akadéimiai Kiadó, Bp., 1989.
4. Bolygónk születése - A Föld enciklopédiája, Helikon, Bp., 1991.
5. Bora Gyula- Kulcsár Dezső et al.: Magyarország természeti erőforrásai és gazdaságföldrajzi adottságai (BKE jegyzet), Aula Kiadó, Bp., 1991.
6. Carson, Rachel: Silent Spring, Fawcett Crest World Library, New York, 1970.
7. Dávidné Deli Matild: Környezetvédelem (kézirat), Tankönyvkiadó, Bp., 1989.
8. Ferry, Luc: Új rend: Az ökológia, Európa Könyvkiadó, Bp., 1994.
9. Förstner, Ulrich: Környezetvédelmi technika, Springer Hungarica, Bp., 1993.
10. Garami László: Képes Útikalauz - Védett természeti értékeink, Panoráma, Medicina Könyvkiadó, Bp., 1993.
11. Imhof, Arthur E.: Elveszített világok, Akadémiai Kiadó, Bp., 1992.
12. Kárász Imre: Ökológiai és környezetvédelmi alapismeretek, KTM Oktatásfejlesztési Osztály, Bp., 1990.
13. Képes világatlasz - A Föld és a természet, Officina nova, Bp., 1994.
14. King, Alexander - Schneider, Bertrand: Az első glogális forradalom
15. Környezet és fejlődés - Tájékoztató-tanácsadó szemle, IV/3-4, V/9
16. Környezetvédelmi lexikon, Akadémiai Kiadó, Bp., 1993.
17. László Ferenc: Környezetvédelem korszerűen, Vízügyi Dokumentációs Szolgáltató Leányvállalat, Bp., 1988.
18. Lovelock, J. E.: Gaia - A földi élet egy új nézőpontból, Göncöl Kiadó, Bp.
19. Magyarország környezeti jövőképe, MTA Társadalmi Konfliktusok Kutatóközpontja, Bp., 1994.
20. Moldova György: Magyarország szennybemenetele, Dunakanyar 2000, Bp., 1993.
21. Moser Miklós - Pálmai György: A környezetvédelem alapjai, Tankönyvkiadó, Bp., 1992.
22. Munkavédelem - Szellőzés, világítás, zajelhárítás, Táncsics Könyvkiadó, Bp., 1978.
23. Nebel, Bernard J.: Environmental Science - The way the world works, Prentice Hall, USA, 1990.
24. Palotás László (szerk.): Mérnöki kézikönyv III. kötet, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1985.
25. Papp Sándor - Kümmel, Rolf: Környezeti kémia, Tankönyvkiadó, Bp., 1992.
26. Pellant, Chris: Kőzetek és ásványok, Panem Kft., Bp., 1993.
27. Press, Frank - Siever, Raymond: Understanding Earth, Freeman and Company, New York, 1994.
28. Schumacher, Ernst F.: A kicsi szép, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Bp., 1991.
29. SH atlasz - Ökológia, Springer Hungarica, Bp., 1994.
30. Szent-Györgyi Albert: Válogatott tanulmányok, Gondolat, Bp., 1989.
31. Szepesházi Róbert: Geotechnika II. - Talajmechanika (KTMF jegyzet), Tankönyvkiadó, Bp., 1986.
32. Szesztay Károly - Sz. Gábor Margit: Bolygónk véges türelme, Akadémiai Kiadó, Bp., 1992.
33. Tájékoztató az Észak-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség tevékenységéről, Győr, 1995.
34. Tardy János (szerk.): Természetvédelem 1994, KTM Természetvédelmi Hivatal, Bp., 1994.

35. Thomas, Lewis: Hány élete van egy sejtnek?, Európa Könyvkiadó, Bp., 1988.ű
36. Tölgyessy, Juraj (szerk.): Chemistry and Biology of Water, Air and Soil - Environmental Aspects, Elsevier, 1993.
37. Varga László - Szalay Zoltán: Környezetvédelmi alapismeretek, SZIF, Győr, 1992.
38. Varga László: Vízvédelem (SZIF jegyzet), MTM Soft Mérnökiroda Kft., Győr, 1994.