

## ALAPFOGALMAK

### Bioszféra, környezet

A **bioszféra** (ökoszféra) a szerves élet elterjedésének területe (az élet színtere) a Föld felületén. Becslések szerint a Föld 4.5 milliárd éves, de közel 1 milliárd évig csak élettelen anyagokból állt. Ismereteink szerint az élet kb. 3.5 milliárd évvel ezelőtt jelent meg a Földön, ahol az élő anyag megjelenése három lényeges változást idézett elő: (1) megváltozott a légkör összetétele; (2) a kőzetöv (a litoszféra 10-40 km vastagságú szilárd felső rétege) legkülső élettelen rétegén megjelent a szárazföldi élet (növények) és létrehozta a talajtakarót (pedoszféra), majd (3) az élővilág elterjedt és létrehozta a bioszférát. Élőlények az élet keletkezésének hagyományos elmélete szerint először a hidroszférában szaporodtak el (bár az utóbbi egy-két évtizedben más elméletek is megjelentek), majd a szárazföldön és végül a légkör alsó rétegében (troposzféra). Így tehát a bioszféra

- a **földkéregnek** (litoszféra)
- a **vizeknek** (hidroszféra) és
- a **légkörnek** (atmoszféra)

azt a részét foglalja magában, melyet az élő szervezetek benépesítenek, vagyis az élőlények lakóhelye, amit élőlények hoztak létre élőlények számára. Így tehát a **bioszféra** lényegében a **földfelszín körül kialakult vékony burok**, amely a földkéreg felső részéből, a légkör földfelszínnel érintkező néhány km-es alsó övezetéből és a Föld vizeinek összességéből áll, **vastagságát 15-16 km-re becsülik**. Rövidebben fogalmazva a bioszféra a szilárd földkéreg, a levegő és a vízburok élővilága. Az élővilág fejlődése, az egész Föld benépesítése, ehhez a légkör átalakítása (pl. a szén-dioxid koncentráció csökkenése, ill. az oxigénkoncentráció fokozatos növekedése és a mai szint elérése) és a talajtakaró kialakulása becslések szerint 3.5 milliárd év alatt ment végbe. Ez nem volt zökkenőmentes folyamat, minthogy időközben öt kihalási időszak is fellépett, de ezek alapjaiban nem veszélyeztették a földi életet, tehát a létrejött földi rendszer már akkor eléggé állandó (stabilis) volt. A bioszféra szervezetsége fokozatosan fejlődött az élet megjelenésétől napjainkig. *Megjegyzés: egyszerűen azt is mondhatjuk, hogy a bioszféra a földnek azok a zónái, vízszintes és függőleges tagozódásban, amelyekben élet van.*

Az ember számára az említett változások közül az egyik legfontosabb a **talajtakaró (pedoszféra) kialakulása**, hiszen ez teszi lehetővé és határozza meg a növényi és állati életet, és ezek révén az ember létezését. A talaj két alrendszerből áll: az élő szervezeteket magában foglaló biológiai alrendszerből, továbbá a szerves és szervetlen vegyületeket tartalmazó élettelen alrendszerből. A **talaj többfázisú rendszer**, az átlagos talajban a térfogat 50 %-át a szilárd, 20-30 %-át a folyékony, és ugyancsak 20-30 %-át a gázfázis teszi ki. A szilárd fázis **szervetlen és szerves összetevőkből áll**: a szerves vegyületek a talaj 1-5 %-át alkotják, melyek a talajon élő szervezetek elhalt maradványaiból származnak, a szervetlen komponensek összetételét alapvetően négy elem határozza meg: O<sub>2</sub>, Si, Al és Fe. A talaj gázfázisú része a „**talajlevegő**”, melynek összetétele jelentősen **eltér az atmoszférikus levegőtől**, minthogy 1-10 %-ban tartalmaz szén-dioxidot, és csak 5-10 %-ban oxigént. A talaj folyékony fázisú része víz, mely számos kioldott iont (kationt, aniont), továbbá lebegő állapotban szervetlen és szerves részecskéket tartalmaz, de talajrészecskéket is magával hordozhat.

Tudományosan bizonyítottnak vehetjük, hogy a **világegyetem** az ún. **ősrobbanás** (Nagy Bumm; Big Bang) során keletkezett, kb. 13.7 milliárd éve (de: a létező bizonytalanságok okán mind a világ keletkezésével, mind jövőjével kapcsolatban nem beszélhetünk teljes **bizonyosságról**, hanem csak **valószínűségről**). A **Nap** kb. 5 milliárd évvel ezelőtt jött létre és azóta sugározza szét fényét és hőenergiáját, felszíne (a fotoszféra) 5500 °C felett izzik, belsejében 15 millió °C hőmérséklet ualkodik. Középe körül kevésbé forró, sötétebb napfoltok

találhatók, melyek általában csoportosan fordulnak elő, és a felszínen mozognak. Számuk változó, és úgy vélik, hogy minden tizenegyedik évben jelenik meg a legtöbb. A tudósok egy része szerint a napfoltok felelősek a hűvösebb, viharos időjárásért a Földön. A napfoltokat először Galileo Galilei pillantotta meg (1564-1642). A **Naprendszer** (benne a Föld is) mintegy 4.5 milliárd évvel ezelőtt keletkezett a csillagközi gázokból és porokból. A **Föld** a Naprendszer **egyetlen** bioszférával rendelkező, ún. **lakható bolygója**, melyen az élet keletkezését a Földnek a Naptól mért távolsága és a bolygó nagysága tette lehetővé. Kialakulásához hosszú időre volt szükség. Úgy becsülik, hogy a Föld kialakulása már 5 milliárd évvel ezelőtt elkezdődött, s kb. 0.4 milliárd évet vett igénybe. A fejlődés során kb. 4 milliárd évvel ezelőtt jöttek létre az óceánok és a szárazföldek, 3.5-3.8 milliárd éve jelentek meg az **első** egysejtű **élőlények**, a **baktériumok**. A baktériumok az óceánokban több mint 2.5 milliárd éven keresztül az egyedüli élőlények voltak, ahol az első puhatestűek csak 1 milliárd évvel ezelőtt keletkeztek. A „**forradalmi**” **változások kb. 600 millió éve kezdődtek**, amikor kialakultak az első szilárd vázas élőlények. A létrejött fotoszintetizáló élőlények anyagcseréje eredményeként a légkörben egyre növekedett az oxigén koncentrációja, s majd mintegy **400 millió éve** az oxigénből keletkező **ózon kiszűrte a Nap sugaraiból a halálos hullámhosszúságú sávokat** (l. később), mely **lehetővé tette a szárazföldi élet kialakulását**. Az első szárazföldi élőlények a **növények** voltak (mohák, harasztok), majd hamarosan a rovarok és a gerincesek is megjelentek. A Földet több százmillió éven keresztül a hüllők uralták, melyek az első kétlábú gerincesekből származtak, s minden bizonnyal az emlősök és a madarak ősei voltak. **65 millió évvel ezelőtt** a hüllők nagy része (pl. a dinoszauruszok) kihalt és **fejlődésnek indultak az emlősök**. Ezzel egyidőben a növényvilágban uralkodóvá váltak a virágos növények, melyek szaporodásában meghatározó szerepet játszanak a rovarok. Az **emberszabásúak** (főemlősök) **6-7 millió évvel ezelőtt alakultak ki**, ezek fejlődése révén kb. 2 millió éve Kelet-Afrikában megjelentek az ember-elődök (előemberek), majd **mintegy százezer éve** a mai, bölcs vagy gondolkodó ember, a **Homo sapiens sapiens**. Az emberi faj legidősebb maradványát Afrikában találták meg, korát kb. 130000 évre becsülik. **Mintegy 12000 évvel ezelőttig az ember Afrikából kiindulva már valamennyi kontinensre eljutott** (legkorábban Ázsiába és Európába, hiszen 40000 éve Eurázsia majdnem minden szegletében jelen volt, kb. 50000 éve Ausztráliába, 15000 éve Észak-Amerikába, majd 12000 éve Dél-Amerikába is). Becslések szerint **12000 éve már 5 millió ember** élhetett a Földön, az **időszámítás kezdetére ez 200-250 millióra** növekedett, **napjainkban pedig jóval közelít a 8 milliárd fő felé**. A bölcs ember fából, kőből, állati nyersanyagokból eszközöket, fegyvereket készített, vadászó-gyűjtögető életmódot folytatott, mellyel hosszú időszakon keresztül alapvetően nem zavarta a természeti környezet működését. **Megjelenése** azonban mindenképpen új helyzetet teremtett, tevékenysége során **környezetalakító „tényezővé” vált**, a kezdetekben és az első ókori társadalmakban csak helyi, legfeljebb regionális léptékben, de ma már **globális veszélyt jelent** arra a **környezetre**, melynek kialakulását és életét köszönheti. E rövid összefoglalóban leírt számok „szédítőek”, nehezen felfoghatók! Így a könnyebb elképzelhetőség érdekében a következő hasonlatot adjuk: ha a Föld 4.6 milliárd éves történetét napjainkig egyetlen évbe sűríténénk, akkor a Homo sapiens megjelenése december 31-én (szilveszterkor) mintegy 700 másodperccel, Jézus születése (időszámítás kezdete) 14 másodperccel éjfél előtt következett be. (Kerényi, 2003. ; Mészáros, 2002. ; Papp és Kümmel, 1992.)

**Litoszféra:** a Föld szilárd kérge. Sokféle, szilikát tartalmú kőzetfajtából áll. Felső része a kontinenseket alkotó, kisebb sűrűségű sial (főleg szilícium és alumínium tartalommal), alsó része a sima (szilícium és magnézium tartalommal). Átlagos vastagsága kb. 100-150 km, az óceánok alatt vékonyabb, a szárazföld alatt vastagabb, átlagos sűrűsége 2800 kg/m<sup>3</sup>. A legfontosabb földtani és földrajzi folyamatok itt játszódnak le.

A **bioszféra** az alábbi **természetes és mesterséges alkotóelemeket** tartalmazza:

- **a föld** (alapkőzet, ásványvagyon; barlangok, termőföld és talaj, domborzat);
- **a levegő** (belső légkör: troposzféra, sztratoszféra; felső vagy külső légkör);
- **a víz** (felszíni vizek: óceánok, tengerek, folyóvizek, tavak; felszínalatti vizek);
- **az élővilág (állatvilág:** védett, ill. nem védett vadon élő állatok és háziállatok;  
**növényvilág:** erdők, gyepek, nádasok, mezőgazdasági növények; **gombák;**  
**mikroorganizmusok);**
- **a táj** (természetes táj, kultúrtáj, védett és nem védett táj);
- **az épített környezet** (lakóterületek, ipartelepek, mezőgazdasági települések, közlekedési útvonalak stb.).

Ezek közül az első öt a bioszféra természetes alkotóelemei, míg az épített környezet az ember által létrehozott mesterséges alkotóelem. Az elemek közül az **élővilágot** gyakran **szárazföldi bioszféraként** említik.

A bioszférát csak harmonikusan működő élővilág képes fenntartani. Ezt a harmóniát, vagyis az élővilág illetve a bioszféra egyensúlyi viszonyait azonban az emberi beavatkozás

megváltoztatta. Ebben fontos szerepet játszott a letelepedéssel együtt járó **mezőgazdasági tevékenység** (az első falvak 9-10 ezer éve jöttek létre), amely a felszín átalakításával, a talaj megváltoztatásával, és értelemszerűen a növény- és állatvilág sokféleségének csökkenésével járt, bár ez ekkor még nem volt számottevő. Az ember **különösen a 18. századtól** induló ipari forradalom után lett környezetének alakítója, amikor az energiatermelés, illetve az energiafelhasználás és ennek köszönhetően az ipari termelés alapvető tevékenységgé vált. A gyors ipari fejlődés hatására, de **különösen a 20. század elejétől, egyre növekvő mértékű** ez a beavatkozás: gondoljunk pl. az élővizeknek hulladékokkal, a levegőnek káros égéstermékekkel történő szennyezésére, a talaj romlására, a mezőgazdasági területek zsugorodására, az erdőterületek csökkenésére és így a természetes **ökoszisztéma visszaszorítására, az életközösségek szegényedésére** stb.

Az ember léte szempontjából is fontos tudnunk, hogy az **élővilág** lehet **autotróf és heterotróf**. Az autotróf szervezetek szerves anyagokból építik fel szervezetüket, vagyis az életükhöz szükséges energiát más élőlényektől függetlenül állítják elő, melynek módja a napenergia vagy a kémiai energia hasznosítása, tehát a fotoszintézis vagy a kemoszintézis. **Autotróf** szervezetek a **növények** és a mikroorganizmusok egy kisebb része. A heterotróf szervezetek más szervezetek, vagyis lényegében az autotróf szervezetek által előállított, energiában gazdag szerves anyagok fogyasztásával és elbontásával nyerik az életműködésükhöz (anyagcseréjükhez, létfenntartásukhoz) szükséges energiát, mely lehet légzés vagy fermentáció. **Heterotróf** szervezetűek az **állatok**, a **gombák**, a mikroorganizmusok nagy része, és az **ember** is. Ezért is gond az autotróf és a heterotróf szervezetek közötti arány változása az autotróf szervezetek hátrányára (persze: inkább a heterotróf ember hátrányára!). A heterotróf szervezetek közül csak a gombák (melyek sem nem növények, sem nem állatok, hanem korhadékbontó, élősködő vagy együtt élő szervezetek) és a baktériumok képesek a fehérjék építőköveit képező aminosavak előállítására, a többi heterotróf szervezet a fehérjéket készen kapja, e nélkül nem léteznének, az ember sem. Így tehát a **heterotróf szervezetek rá vannak utalva az autotróf szervezetekre**, sőt: **nélkülük egyszerűen nem létezhetnek**, maga **az ember sem!** Egyes források szerint táplálékunk 50-90 %-a származik a virágzó növényekből, amelyek beporzást igényelnek. Ezt a méhek, a legyek, a lepkék és a molyok virágról-virágra szállva végzik el, amíg léteznek (l. biológiai sokféleség).

A **környezet** az élő szervezeteket körülvevő **élő és élettelen** (légkör, hidroszféra és talaj) **földi tartományok együttes rendszere**, más szavakkal az élő szervezete(ke)t körülvevő fizikai, kémiai és biológiai körülmények összessége. A környezetet gyakran a bioszférával azonos értelemben használjuk. Az élővilág és környezete állandó kapcsolatban vannak egymással, köztük folyamatos anyag-, energia- és információcsere megy végbe. Célszerűen tehát azt mondhatjuk, hogy a „környezet” egy élettér valamennyi tényezőjének összessége, amelyek az ott található élőlényekre hatnak. Az élővilágból számunkra különösen fontos az emberi faj. Így elvárásunk, hogy a környezet (bioszféra) rendelkezzen az emberi létezés számára szükséges valamennyi feltétellel. Az ember viszont tevékenysége révén a környezet alakítója, hiszen tevékenysége során óriási anyag- és energiamennyiséget mozgat meg, ezt célszerűen átalakítja, majd a számára feleslegeseket visszajuttatja a levegőbe, a vizekbe és a talajba. Így az említett **feltételek** az emberi tevékenység révén **nagymértékben változtak**, számos tekintetben **romlottak**, a feltételeket biztosító (nyersanyag és energiahordozó) **készletek csökkentek és tovább csökkennek**, a **népesség gyorsan növekszik**, a **környezetszennyezés**, vagyis a környezetet és az embert közvetve vagy közvetlenül érő káros hatások összessége **fokozódik**, döntően az ipari tevékenység (a fejlődés) eredményeként **új szennyezők is megjelennek**.

A vizsgálatok szempontjából a **környezet** különböző **nagyságrendi fokozatait** különböztetik meg, melyek lehetnek:

- **mikrokörnyezet** (kis kiterjedésű természetes vagy mesterséges területi egység, így pl. egy település tere, utcája, utcarésze, kert, erdei tisztás, egy épület belső tere stb., tehát létesítményen, helységen, településen belüli egység);
- **mezokörnyezet** (azonos jellemzőkkel rendelkező, összefüggő természetes vagy mesterséges területi egység, tehát pl. település, erdő);
- **makrokörnyezet** (ország, ország régiója, településen kívüli rész).

A különböző fokozatok értelemszerűen kölcsönhatásban vannak egymással, s a nagyobb fokozat magában foglal több kisebb fokozatot. A kisebb rendszerekben értelemszerűen rendszerint egyszerűbb a problémák megoldása (pl. környezetvédelem).

A bioszférában létező növényi és állati eredetű anyagok tömegét  $10^{15}$  kg-ra becsülik (könnyen számítható, hogy ehhez képest az emberiség összes tömege elhanyagolható), mely elhanyagolható akár a Föld, akár pedig a hidroszféra illetve az atmoszféra tömegéhez képest (ezek rendre  $5.98 \cdot 10^{24}$ ,  $1.38 \cdot 10^{21}$ , illetve  $5.2 \cdot 10^{18}$  kg). A **bioszféra alkotóelemei összefüggenek** egymással, kölcsönhatásban vannak, bármelyik károsodása kihat a környezet egészére, végső soron az emberre is, tehát a bioszféra hatékony **védelme csakis egységes szemlélettel valósítható meg**.

Az ember és környezete kapcsolatának vizsgálatában fontos szerepet kap az **ökológia**, mely azt vizsgálja, hogy az élőlények és az élettelen környezet együttes rendszere milyen feltételek mellett tartható fenn, az ökológia tehát az élet külső feltételeivel, azok hatásaival és az élő szervezetek reakcióival, kölcsönhatásaival, alkalmazkodásával foglalkozó biológiai tudomány. Így tehát az ökoszisztémát vizsgálja, melynek teljes rendszere adja a bioszférát (ökoszisztéma: az adott hely anyagain kifejlődött élőközösség, mint pl. egy tó, egy erdő stb.). Az ökológiához közel álló tudományágak a környezeti biológia és a környezeti kémia.

**Ökológia:** a görög „oikos” szóból származik, melynek magyar jelentése ház, gazdaság, birtok (lényegében a görög szóból ered az ökonómia, a közgazdaságtan idegen elnevezése is). E kifejezést Ernst Haeckel német biológus használta először 1866-ban, majd Warming dán botanikus tanulmányában bukkant fel 1895-ben. Haeckel az ökológiát a „természet háztartását leíró tan”-ként használta, tehát olyan tudományként, mely az élő szervezetek egymás közötti és környezetükhöz kapcsolódó viszonyával foglalkozik. Ma az ökológiát úgy jellemzik, mint amely az élet külső (földrajzi) feltételeivel, azok hatásaival és az élő szervezetek reakcióival, kölcsönhatásaival, alkalmazkodásával foglalkozó tudomány, s több válfaját különböztetik meg. Az ökológiához közel álló természettudomány a környezeti kémia illetve a környezeti biológia, melyek a természetben megvalósuló kémiai reakciókat illetve biológiai folyamatokat vizsgálják (Moser és Pálmai, 1992.; Papp és Kümmel, 1992.).

Egyre gyakrabban találkozhatunk a **környezettudomány** szakkifejezéssel. Egyik megfogalmazás szerint a környezettudomány **az emberi tevékenység és a környezet kapcsolatának a tudománya**, nyomon követi és megfigyeli az életet befolyásoló tényezők változását, segítségével a környezeti károk előre jelezhetők és meghatározhatók azok a műszaki és jogi követelmények, melyek betartásával a beavatkozás hatása a határérték alatt tartható. Így lényegében tudatos környezetvédelem környezettudomány nélkül nem lehetséges. A környezettudomány a környezet elemeit egymástól nem elkülönülten vizsgálja, minthogy azok összefüggenek egymással. (Mészáros, 2002.)

## **Környezetszennyezés, környezetvédelem**

Az **ember** (mint már utaltunk rá) tevékenysége révén megváltoztatja a környezeti elemeket, melynek során **szennyezőket juttat a környezetbe**, tehát szennyezi a környezetet, környezetszennyezést „követ” el. A szennyezés a **szennyező forrásból** származik, a szennyezés **kibocsátásával (emisszió)**, mely lehet **természeti** (biogén) és **nem természeti** (vagyis emberi, azaz antropogén) eredetű. Az **antropogén** szennyező forrás lehet **primer**, illetve **szekunder**. A primer (elsődleges) szennyező források a szennyező anyagokat termelik és a légkörbe, vízbe, talajba juttatják. A szekunder (másodlagos) szennyező források azok,

ahonnan a levegőből, a vízből vagy a talajból az egyszer már eltávozott, eltávolított, illetve a termelésből már kivont szennyező anyagok ismét visszakerülnek a légkörbe, vízbe, talajba (pl. az utakra, talajra, épületekre kiüledett és szél vagy járműforgalom által felkavart por; szeméttelpek bomlástermékei, szennyvizekben elnyelt gázok felszabadulása). Az emisszió lehet **introvert** (szűk környezetben ható, pl. üzemen belül) és lehet **extrovert** (létesítményen kívül ható), s értelemszerűen az introvert hatás ellen könnyebb védekezni.

A **környezetszennyezés** - mint láttuk - **egyidős az emberrel!** A kezdetekben és az első ókori társadalmakban ez csak helyi szinten (lokális), esetleg nagyobb területi (regionális) léptékben jelentkezett, a globális környezetszennyezés megjelenését az ókori görög-római időkre teszik. A **környezetszennyezés** olyan **jelenség, folyamat**, mely a **környezetet vagy az embert közvetlenül vagy közvetve veszélyezteti**, vagy **károsítja**, valamely **környezeti elem** (föld, levegő, víz, élővilág, táj, épített környezet) **fizikai, kémiai vagy biológiai szennyeződését, károsodását eredményezi**, természetes **jellemzőit hátrányosan megváltoztatja, módosítja**. Környezetszennyezéssel **környezetszennyező anyag** jut a környezetbe, mely általános értelemben **bármilyen káros folyamatot elindító anyag** lehet. Így tehát szennyező anyag minden olyan elem, vegyület vagy anyag, amely valamely adott közegben (tehát a levegőben, a vízben, a talajban) természetes körülmények között nem vagy más eloszlásban (koncentrációban) fordul elő, de bármelyik közegbe bejuttatva ott káros hatást fejt ki, vagy káros hatás forrásává válhat. A szennyező anyag káros lehet a környezet minőségére, a növény és állatvilágra, az ember egészségére illetve anyagi javaira, a környezetet előnytelenül megváltoztathatja, tulajdonságait befolyásolhatja, megakadályozhatja, vagy befolyásolhatja a környezet használatát. A **szennyező anyagok egy része** egyszerűen **fizikai jelenlétével, másik része kémiai vagy biológiai hatásával veszélyezteti a környezetet**. Eredetük - mint láttuk - lehet természetes vagy mesterséges. A bioszféra tekintetében beszélhetünk **légszennyező-, vízszennyező- és talajszennyező anyagokról**. A szennyező anyagok lehetnek molekuláris méretűek, illetve a molekuláris méretnél nagyobb, a hordozó közegben finoman eloszlott (ún. diszpergált) anyagok, méretükből adódóan kezelési módjuk is eltér. Később látni fogjuk, hogy **jogi értelemben** csak akkor beszélünk környezetszennyezésről, ha a környezet valamely elemébe kibocsátott szennyező anyag mennyisége meghaladja a törvényileg meghatározott **kibocsátási határértéket**, illetve ha a szennyező anyag mennyisége a környezet valamely elemében meghaladja a törvényileg rögzített határértéket (l. alább). A környezetszennyezés elkerülése rendszerint ráfordításokkal jár. E szempontból meghatározzák a **környezetszennyezés optimális szintjét**, amely mellett a szennyezés csökkentésének (határ)költsége megegyezik a szennyezés okozta társadalmi (határ)kárral. A szennyezés további csökkentésének költsége már meghaladná a csökkenésből származó társadalmi hasznot. A környezetszennyezés optimális szintjének megállapítása sokszor igen bonyolult feladat, de valószínűsíthető, hogy értéke meghaladja a zéró kibocsátást.

A **Környezetvédelmi Törvény** (lásd: **1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól**) a következő meghatározásokat tartalmazza az előbbieken alkalmazott egyes kifejezésekre:

**környezetszennyezés:** a környezet valamely elemének a kibocsátási határértéket meghaladó terhelése;

**kibocsátási határérték:** a környezetnek vagy valamely elemének jogszabályban vagy hatósági határozatban meghatározott olyan mértékű terhelése, amely kizárja a környezetkárosítást;

**környezetkárosítás:** az a tevékenység, amelynek hatására környezetkárosodás következik be;

**környezetkárosodás:** a környezetnek vagy valamely elemének olyan mértékű változása, szennyezettsége, illetve valamely eleme igénybevételének olyan mértéke, amelynek eredményeképpen annak természetes vagy korábbi állapota (minősége) csak beavatkozással, vagy egyáltalán nem állítható helyre, illetőleg amely az élővilágot kedvezőtlenül érinti.

A **kibocsátott szennyezés** az atmoszférában, a hidroszférában és a litoszférában **terjed (terjedés vagy transzmisszió)**, de közben hígul (így hatása mindenképpen csökken) és **át is alakulhat** (pl. kémiai reakciók révén, pl. a napsugárzás hatására vagy egyszerű kémiai kölcsönhatás eredményeként. Ezzel hatása erősödhet is, amikor ún. szinergizmus lép fel, mellyel károsabb anyagok (komponensek) is keletkezhetnek. A transzmissziót a közvetítő közeg fizikai, kémiai és biológiai állapota és egyéb körülmények határozzák meg (domborzat, áramlás, árnyékolás stb.). A kibocsátott szennyező anyag mennyiségétől és annak terjedésétől függően a közvetítő/befogadó közegben valamilyen mértékű **szennyező anyag koncentráció** alakul ki, mely az **immisszió** (főleg a légszennyezés mértékének megadására használják). A kibocsátás illetve a terjedés révén a szennyeződés eljut az ember szervezetébe, illetve javaiba, az embert, illetve javait károsítja, melynek mértékét a szennyezés mértéke (nagysága), fajtája, a hatás időtartama (expozíció) stb. határozza meg.

Ha egyidejűleg több szennyező anyag van jelen, kölcsönhatásuk szempontjából elvileg háromféle eset lehetséges:

- a szennyező anyagok nem hatnak egymásra, tehát külön-külön fejtik ki hatásukat;
- a szennyező anyagok erősítik egymás hatását, ún. **szinergikus hatás** (szinergizmus) lép fel (pl. növényvédő szerek esetében gyakran előfordul);
- a szennyező anyagok gyengítik egymás hatását, ún. **antagonizmus** lép fel.

A **környezetszennyezés teljes folyamata** tehát a következő:

**forrás ⇒ emisszió ⇒ transzmisszió ⇒ immisszió**

A szennyezést kibocsátó **források** többféle szempontból **osztályozhatók**, s így lehetnek: helyhez kötött vagy mozgó, pontszerű, vonalszerű vagy kiterjedt (felületi, azaz diffúz) illetve ipari, mezőgazdasági, települési, közlekedési stb.

szennyező források. A forrás lényegében a berendezésnek, létesítménynek az a pontja, illetve felülete, amelyből, illetve amelyről a szennyező anyag a környezetbe kerül. A **pontforrásokra** alapvetően jellemző, hogy a kibocsátott szennyező anyag mennyisége a kibocsátott közeg térfogatáramának és az általa hordozott szennyező anyag koncentrációjának mérésével egyértelműen meghatározható. A **diffúz** szennyezés vonal mentén vagy területen megoszló forrás. Ilyen esetben általában jellemző, hogy a nagyszámú forrás és/vagy a kedvezőtlen térbeli elhelyezkedés következtében a kibocsátás mennyisége nem vagy csak igen pontatlanul mérhető. Ebből értelemszerűen következik, hogy a pontforrás ellen lényegesen könnyebb védekezni, mint a kiterjedt forrás ellen. Levegőszennyezés tekintetében pontforrás egy kürtő vagy egy kémény, diffúz forrás egy település lakóépületeinek kéményei. A közúti közlekedés tekintetében egy jármű ugyan pontforrás, de a közutak vonalforrást képeznek. Vízszenyezés tekintetében a Dunába vezetett szennyvízesatorna pontforrás, de a lefolyó csapadékvíz diffúz szennyezés. A talaj tekintetében a később tárgyalt (száraz vagy nedves) kiülepedés okoz diffúz szennyezést, amíg az olajkifolyás (vezetékéből, járműből) pontforrás, esetleg vonalforrás.

Az ember tehát tevékenysége révén módosítja környezetét, abba beavatkozik, mely lehet hasznos vagy káros, s utóbbit általában igyekezett elkerülni úgy, hogy - tapasztalva a káros hatást - tevékenységét módosította. Ma már általában nem elegendő a káros (mellék)hatás tapasztalata (tehát az észlelés) után módosítani tevékenységünket, hanem a káros hatás elkerülésére kell törekedni, amit összehangoltan, tervszerűen kell megtenni, amely tevékenység a **környezetvédelem**. A környezetvédelem **céltudatos, szervezett társadalmi tevékenység**, melynek **célja az emberi tevékenységből fakadó káros következmények**

**megelőzése és kiküszöbölése az élővilág és az ember károsodás nélküli fennmaradása érdekében, az embernek megfelelő életkörülmények biztosítása, az anyagi és a szellemi javak fenntartása, védelme, a környezet fejlesztése, megóvása.** A környezetvédelem tudományos alapjait elsősorban a műszaki tudományok, az alkalmazott természettudományok és a közgazdaságtan adják (de visszautalunk a környezettudomány kifejezésre is), **hatékonyágát a környezethasználók felelősségén alapuló törvényi szabályozás és intézményrendszer biztosítja.** Hazánkban a környezetvédelem törvényi szabályozására először 1976-ban került sor (az 1976.-ik évi II. törvény), majd ezt követte a jelenleg is hatályos szabályozás (az 1995.-i évi LIII. törvény). Megjegyzés: egyes tudósok (meteorológusok, geológusok stb.) úgy gondolják, hogy az emberi beavatkozás „eredménye” indokolná egy új földtörténeti kor bevezetését, melyet antropocén korszaknak neveznek, s kezdetére az 1950-es éveket jelölik meg!

**Az Édenkert nincs többé: Sir David Attenborough** a svájci davosi Világgazdasági Fórumon az Édenkert kert nincs többé címmel tartott előadást (2019. január). Ebben arról beszélt, hogy a holocén korszak véget ért, s beléptünk az **antropocén** korszakba. A **holocén** a földtörténet legutolsó időszaka, amely a legújabb meghatározások szerint 11 700 évvel ezelőtt kezdődött, és máig tart. Földünk a holocénre nyerte el mai arculatát, földrajzát és élővilágát. Ennek az időszaknak fontos jellemzője, hogy alakításában egyre nagyobb - és már-már visszafordíthatatlan - szerepet játszik az ember, egyre nagyobb mértékben változtatja meg a földfelszínt, a bányászat, az ipar, a közlekedés, a településhálózatok, a vízszabályozás, valamint a mező- és erdőgazdálkodás révén. Attenborough szerint a károk helyrehozhatatlanok lesznek, ha a világ vezetői nem tesznek semmit a klímaváltozás elleni. Minden bizonnyal ezzel a politikusoknak kívánt üzeni, hiszen egyelőre a világ legnagyobb országának vezetői leginkább egymásra mutogatnak vagy tagadják, egyszerűbb esetekben lekicsinylik az emberi tevékenységnek a klímára gyakorolt hatását. Az antropocén korszak az ökoszisztémának (bioszférának) már az emberi tevékenység által alakított kora. Hivatalosan még nem ismerték el a holocén végét, de már az 1980-as években is használták e kifejezést az itt leírt értelemben, melyet a tudományos életben P.J. Crutzen Nobel-díjas kémikus terjesztett el (névével a klórozott-fluorozott szénhidrogének kapcsán még találkozunk). Egy nemzetközi földtani konferencián (Fokváros, 2016.) javasolták először hivatalosan is, hogy zárjuk le a holocén kort, az antropocén kor kezdetének az 1950-es éveket javasolták, mert ekkor terjedtek el a radioaktív anyagok bolygónkon, s a nukleáris kísérletek pedig maradandó nyomokat hagytak környezetünkön.

A **Környezetvédelmi Törvény** (az 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól) a következőképpen határozza meg a környezetvédelmet: „olyan tevékenység és intézkedések összessége, amelyeknek célja a környezet veszélyeztetésének, károsításának, szennyezésének megelőzése, a kialakult károk mérséklése vagy megszüntetése, a károsító tevékenységet megelőző állapot helyreállítása.” A Törvény szerint **a környezet védelmének alapelvei „az elővigyázatosság, a megelőzés és a helyreállítás”.** Ezekre az alapelvekre a Törvény a következő megfogalmazásokat adja:

**elővigyázatosság:** a környezeti kockázatok mérsékléséhez, a környezet károsodásának megelőzéséhez vagy csökkentéséhez szükséges döntés és intézkedés;

**megelőzés:** a környezethasználat káros környezeti hatásai elkerülésének érdekében a leghatékonyabb megoldások alkalmazása a döntéshozatal legkorábbi szakaszától;

**helyreállítás:** a károsító tevékenységet megelőző állapot visszaállítása.

Az **elővigyázatosság elvét** az 1992-ben Rio de Janeiróban megtartott ENSZ konferencia (Konferencia a Környezetről és Fejlődésről) nyilvánította a környezetvédelem alapelvevé, mely szerint **„amikor súlyos vagy visszafordíthatatlan károk fenyegetnek, a teljes körű tudományos bizonyosság hiánya nem használható föl indoklásként a környezetromlást megakadályozó, a hatékonysággal arányos költségekkel járó intézkedések elhalasztására.”** Ez azt jelenti, hogy a „tudományos bizonyosság hiánya” nem ad felmentést a környezetvédelmi problémákkal való foglalkozás alól, vagyis az ilyen problémákat reális veszélyforrásként kell kezelni és meg kell tenni a megfelelő megelőző intézkedéseket. Ezzel kapcsolatban leggyakrabban a globális felmelegedést említik. **Globális felmelegedésnek** a

Föld átlagos hőmérsékletének emelkedését nevezzük, vagyis azt a tényt, hogy emelkedik az óceánok és a felszín-közeli levegő hőmérséklete (utóbbi rendszerint a talajszinttől 2 m magasságban értendő). **A globális felmelegedés súlyos és visszafordíthatatlan hatása valószínűsíthető, de tudományosan egyértelműen nem bizonyított, hogy emberi hatásra következik be.** Így az elővigyázatosság elve alapján kötelesek vagyunk mindent megtenni - a költségekre is tekintettel - a globális felmelegedés elkerülésére, illetve ma már inkább csak a mértékének csökkentésére, függetlenül attól, hogy az előrejelzések bizonytalanságokat tartalmaznak. A Maastrichti Szerződés is tartalmazza az elővigyázatosság elvét (Szerződés az Európai Unióról, 1992).

Sokan bírálják, s minden valószínűség szerint joggal, a környezetvédelem ilyen való megfogalmazását, vagyis lényegében csak a természettudományi és a műszaki (technikai, technológiai) feladatokra történő szűkítését. E bírálók abból indulnak ki, hogy az emberiség környezetkárosító (természetátalakító) tevékenységének mértéke alapvetően három tényezőtől függ: **a világnépesség nagyságától, az egy főre jutó fogyasztás (termelés) mértékétől és az egységnyi gazdasági termelés (az egy fogyasztó számára előállított termékmennyiség) környezeti hatásától.** Így csak e három tényező (de legalább az utóbbi kettő) egyidejű csökkentésével lehet a környezetkárosító (környezetpusztító) tevékenység mértékét csökkenteni, s nem elégséges csak a harmadik csökkentését, vagyis a környezetkímélő technológiák alkalmazását érteni környezetvédelem alatt, mivel ez önmagában nem lesz képes ellensúlyozni az első kettő növekedésének hatását (ezekre a kérdésekre még visszatérünk). Nekünk, mérnököknek, viszont a harmadik tényezőre van ráhatásunk. Lényegében ezt fejezi ki az ún. **IPAT egyenlet.** E szerint az ember környezeti hatása (I: impact) három tényező szorzata, melyek a népesség létszáma (P: population), a ráhatás (A: affluence) és a (az elérhető) technológia (T: (available) technology), vagyis  **$I = P \cdot A \cdot T$** . Az összefüggés lényegében megfelel a fentiekben leírtaknak. Így tehát a fogyasztói társadalom, vagy egy gazdagabb állam, illetve bármely állam egy gazdagabb csoportja nagyobb hatást gyakorol a környezetre, mint a szegényebb társadalmak vagy egy szegényebb embercsoport (Cleveland and Morris, 2006.).

#### **A környezetvédelem feladatai tehát:**

- **megelőző védelem (megelőzés);**
- **okozott károk megszüntetése (helyreállítás);**
- **környezet ésszerű (át)alakítása, fejlesztése;**
- **gazdálkodás az erőforrásokkal.**

#### **A környezetvédelem az**

**embert, valamint természetes és művi környezetét**

**védi a szennyezőktől, az ártalmaktól, melyek lehetnek:**

- **kémiai ártalmak,**
- **zaj- és vibrációs ártalmak,**
- **mechanikai ártalmak (pl. por),**
- **sugárártalmak,**
- **idegi ártalmak.**

#### **Hogyan véd?**

- **az emisszió csökkentésével, kiküszöbölésével** (gyakran „csővégi” módszerként is emlegetik, ezt pl. porleválasztás, szennyező gázkomponens leválasztása vagy átalakítása; hulladékszegény, hulladékmentes, környezetbarát technológiák, tisztább termelés kialakítása; a leghatékonyabb megoldások alkalmazása: az **elérhető legjobb technika – BAT:** Best Available Technology vagy Best Available Techniques);
- **az emisszió továbbjutásának vagy átalakulásának megakadályozásával** (pl. erdők telepítése, észlelő - monitoring - hálózatok kialakítása stb.);



- **az immisszió elleni védekezéssel** (pl. fülvédő a zajhatás ellen, védőmaszk a belégzés ellen stb.).

A környezetvédelem célja tehát a szennyező anyagok kibocsátásának megelőzése illetve mennyiségének csökkentése (bármely környezeti elembe, vagyis a levegőbe, a vízbe és/vagy a talajba), ezzel a környezet egészének hatékony védelme. Ennek érdekében a korábbi gyakorlattal szemben az Európai Unió 1996/61/EEC Tanácsi Irányelve (Direktívája) úgy rendelkezik, hogy **egységes (integrált) szennyezésmegelőzési és -ellenőrzési rendszert** kell kialakítani meghatározott ipari tevékenységekre, beleértve a hulladékok nyilvántartását is (Egységes szennyezésmegelőzés és -ellenőrzés; Integrated Pollution Prevention and Control vagy röviden **IPPC**). Ennek megfelelően az irányelv egységes engedélyezési rendszer kialakítására kötelezi a tagországokat. Hazánkban e kérdésről kormányrendelet rendelkezik (193/2001. (X. 19.) kormányrendelet az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályairól), melynek 3. paragrafusa egyértelműen előírja, hogy **„a környezethasználónak a környezetszennyezés megelőzése, illetőleg a környezet terhelésének csökkentése érdekében az elérhető legjobb technika alkalmazásával intézkednie kell”**. A 4. paragrafus kimondja, hogy **„a rendelet hatálya alá tartozó tevékenység egységes környezethasználati engedély alapján kezdhető meg”**, s értelemszerűen meghatározza a rendelet hatálya alá tartozó tevékenységeket és az engedélyezési eljárás lefolytatásának módját.

A 193/2001. (X. 19.) **kormányrendelet hatálya kiterjed az ipari tevékenységek rendkívül széles körére, így közvetlenül vagy közvetve igen nagy mértékben érinti a gépészmérnök tevékenységét**. Ennek alátámasztására a következőkben megadjuk a rendelet hatálya alá tartozó iparágakat, illetve tevékenységeket (csak címszavakban): Energiaipar; Fémek termelése és feldolgozása; Építőanyag-ipar; Vegyipar; Hulladékkezelés (radioaktív hulladékok kivételével); Papíripar; Textilipar; Bőripar; Élelmiszeripar; Állati anyagok feldolgozása; Nagy létszámú állattartás; Gépipar, fémfeldolgozás; Bányászat; Egyéb létesítmények. Tájékoztatásul ugyancsak megadjuk azokat a szennyező anyagokat, melyeket kiemelten kell figyelembe venni a kibocsátási határértékek megállapítása során, levegőbe vagy vízbe történő kibocsátás során. Levegőbe történő kibocsátás esetén: kén-dioxid és egyéb kéntartalmú vegyületek; nitrogén-oxidok és egyéb nitrogéntartalmú vegyületek; szén-monoxid; illékony szerves vegyületek; fémek és vegyületeik; por (szilárd anyag); azbeszt (lebegő részecskék, szálak); klór és vegyületei; fluor és vegyületei; arzén és vegyületei; cianidok; anyagok és készítmények, amelyekről bebizonyosodott, hogy mutagén vagy karcinogén tulajdonságaik vannak, vagy amelyek a levegő közvetítésével befolyással lehetnek a reprodukcióra; poliklórozott dibenzo-dioxinok és poliklórozott dibenzo-furánok. Vízbe történő kibocsátás esetén: szerves halogén vegyületek és olyan anyagok, amelyek a vízi környezetben ilyen vegyületeket képezhetnek; szerves foszfortartalmú vegyületek; szerves ónvegyületek; anyagok és készítmények, amelyekről bebizonyosodott, hogy mutagén vagy karcinogén tulajdonságaik vannak, vagy amelyek a vízi környezet közvetítésével hatással lehetnek a reprodukcióra; a környezetben tartósan megmaradó szénhidrogének, valamint a környezetben tartósan megmaradó és az élő szervezetben való felhalmozódásra hajlamos szerves mérgező anyagok; cianidok; fémek és vegyületeik; arzén és vegyületei; biocidok és növényvédő szerek; szuszpendált anyagok; eutrofizációt okozó anyagok (különösen nitrátok és foszfátok); az oxigén háztartásra kedvezőtlenül ható anyagok (és amelyeket mérni lehet a BOI, KOI stb. jellemzőkkel).

**Az elérhető legjobb technika (BAT) a leghatékonyabb mai (nem szükségszerűen csúcs) technikai színvonalat** jelenti, amellyel a kibocsátások megelőzhetők, illetve - ha a megelőzés nem valósítható meg - lényegesen csökkenthetők, s a környezet egészére gyakorolt káros hatás mérsékelhető. A „legjobb” szó a környezetvédelem szempontjából minősíti a technikát, de ennek alkalmazása nem járhat túlzott költséggel (vagyis elfogadható költséggel alkalmazható), hiszen ellenkező esetben alkalmazásának kicsi a valószínűsége. Az elérhető legjobb technikákat a termelés és a szolgáltatás különböző részterületeire az ún. **BATREF** (BATReference) dokumentumok foglalják össze, melyeket az Európai Unió környezetvédelmi szervezetének keretében állítottak össze, s részben magyarul is hozzáférhetők. E dokumentumok bemutatják azokat a már alkalmazásban lévő illetve

kibontakozó (tehát a jövőben számításba vehető) technikákat, melyekkel az adott területen teljesíthetők a kibocsátásra vonatkozó előírások, s a dokumentumok a költségekre is adatokat szolgáltatnak.

Az **elérhető legjobb technika** meghatározásához használt egyes fogalmak értelmezése a következő:

- a legjobb az a technika, amely **leghatékonyabb a környezet egészének magas szintű védelme érdekében**;
- az elérhető legjobb technika az, amelynek **fejlesztési szintje már lehetővé teszi alkalmazását, elfogadható műszaki és gazdasági feltételek mellett**, gyártási, ill. előállítási helyétől függetlenül;
- a technika magába foglalja a gépi eszközöket (hardver) és létrehozásuk, ill. működtetésük körülményeit is (technológia, tervezés, építés, karbantartás, üzemeltetés, leállítás).

Tehát a BAT **nem szükségszerűen "csúcstechnika"**, hanem **a piacon elérhető, megfelelő működési referenciával és elfogadható gazdasági feltételekkel rendelkező eljárás**. A gazdasági feltételek megítélésére utal az „elérhető” kifejezés, melyben a költségek és a haszon arányát kell mérlegelni, s figyelembe kell venni azt, hogy az adott technika előállítása az EU-n belül történik-e vagy sem. Bevezetésének (alkalmazásának) összességében ésszerű keretek között lehetségesnek kell lennie (vagyis alkalmazása nem járhat túlzottan nagy költséggel). Az Európai Unió a BAT követelményt **BATNEEC** (Best Available Techniques Not Entailing Excessive Costs) követelményként pontosította. Ez olyan elérhető legjobb technika, melyben a „túlzott költséget nem okozó” kifejezés utal a bevezetés költségeinek ésszerű keretek között tartására. Így tehát a legjobb megoldások okozhatnak ugyan bizonyos **többletköltséget**, de ez **nem lehet aránytalan és túlzott**, mivel alkalmazása ekkor megkérdőjeleződik. Ez összevethető a környezetvédelem optimális szintjével.

Gyakran hivatkozzák a legjobb környezeti választás - Best Environmental Option: BEO - kifejezést is, amely akár hosszú, akár rövid időszak alatt a környezetnek a legnagyobb előnyt jelentő, ill. a legkisebb kárt okozó választási lehetőség, a költségekre való tekintet nélkül. Lényegében ehhez kapcsolódik a legjobb környezeti gyakorlat - Best Practicable Environmental Option: BPEO -, mely a föld, a víz és a levegő védelmét szolgáló tervszerű vizsgálat és döntés eredménye, s gazdasági szempontból túlmutat a BEO-n. Így tehát a BPEO adott célrendszerre olyan választási lehetőséget eredményez, mely - akár hosszú, akár rövid időszakot tekintve - a legnagyobb előnyt, ill. a legkisebb kárt okozza a természetnek, mint egységes egésznek, s költségek tekintetében is elfogadható.

A **Környezetvédelmi Törvényben** a következő megfogalmazást találjuk a **leghatékonyabb megoldásra**: a környezeti, a műszaki és gazdasági körülmények között elérhető, legkíméletesebb környezet-igénybevétellel járó tevékenység.

A kitűzött **környezetvédelmi célok eléréséhez szükségesek gazdasági, etikai és jogi feltételek, eszközök, szabályozások**, mint pl. törvények (Környezetvédelmi Törvény stb.), kormány és miniszteri rendeletek, utasítások, Európai Közösség előírásai, szabványok (EMAS: Eco-management illetve Environmental Management and Audit System; KIR: Környezetvédelmi Irányítási Rendszer – MSZ EN ISO 14000 stb.).

A **Környezetvédelmi Törvény** szerint a **környezetvédelem alapelvei** a következők (1. 6 §):

1. A környezethasználatot úgy kell megszervezni és végezni, hogy
  - a legkisebb mértékű környezetterhelést és igénybevételt idézze elő;
  - megelőzze a környezetszennyezést;
  - kizárja a környezetkárosítást.
2. A környezethasználatot az elővigyázatosság elvének figyelembevételével, a környezeti elemek kíméletével, takarékos használatával, továbbá a hulladékkezelés csökkentésével, a természetes és az előállított anyagok visszaforgatására és újrafelhasználására törekedve kell végezni.
3. A megelőzés érdekében a környezethasználat során a leghatékonyabb megoldást kell alkalmazni.”

A Törvény II. fejezete fogalmazza meg a környezeti elemek egységes védelmének alapelveit, melyek (13. §):

- Minden környezeti elemet önmagában, a többi környezeti elemmel alkotott egységben és az egymással való kölcsönhatás figyelembevételével kell védeni. Igénybevételüket és terhelésüket ennek megfelelően kell szabályozni.
- A környezeti elemek védelme egyaránt jelenti azok minőségének, mennyiségének és készleteinek, valamint az elemeken belüli arányok és folyamatok védelmét.

Az egyes környezeti elemek védelmének alapelveit is meghatározza a Törvény, melyeket az egyes elemek tárgyalásánál fogjuk ismertetni.

A környezetvédelmi problémák megoldásához szükséges műszaki ismereteket szükségszerűen tantárgyakba rendezzük, melyek a **környezetvédelem műszaki területei**. Ezek:

- **levegőtisztaság-védelem;**
- **vízisztaság-védelem;**
- **zajvédelem;**
- **talajvédelem;**
- **hulladékok kezelése.**

Itt ismételtelen hangsúlyozzuk, hogy a bioszféra alkotóelemei összefüggenek egymással, kölcsönhatásban vannak, bármelyik károsodása kihat a környezet egészére. Tehát a tárgyalásként alkalmazott felosztás nem válhat öncélúvá, minthogy az egyes elemek védelme egymástól elkülönítetten nem valósítható meg. Így pl. a levegő védelmét gyakran úgy oldjuk meg, hogy a szennyező anyagot vízzel távolítjuk el a levegőből, vagyis a szennyező anyagot vízbe visszük át. Ez értelemszerűen nem jelentheti a probléma végleges megoldását, minthogy a környezet egészének védelmével kell foglalkoznunk, jelen esetben tehát gondoskodnunk kell az átvitt szennyezőanyaggal szennyezett víz kezeléséről is. A környezetvédelmi tevékenységet segítik a **környezetmenedzsment** ismeretek (környezetjog, környezetgazdaságtan, környezeti szociológia stb.).

E területeket a tantárgy keretében átfogóan tárgyaljuk, de a környezettechnikai, környezetmérnöki képzés keretében általában külön tantárgyak foglalkoznak az egyes területekkel.

## Szervezet

Hazánkban a **Kormány irányítja az állami környezetvédelmi feladatok végrehajtását**, meghatározza és összehangolja a minisztériumok és a Kormányának közvetlenül alárendelt szervek környezetvédelmi tevékenységét. Meghatározó feladatokat a következő állami intézmények látnak el:

**Környezetvédelmi Minisztérium** (korábban önállóan, utóbbi években rendszerint más minisztérium részeként, esetleg államtitkárságként)

**Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség**

**Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségek**

**Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság**

**Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóságok**

**Nemzeti Park Igazgatóságok**

Környezetvédelmi feladatokat egyes minisztériumok is ellátnak, a környezetvédelemért felelős szervezettel megosztva és azzal együttműködésben, a mindenkori feladatmegosztástól függően (így pl. környezet-egészségügy, vízkészlet-gazdálkodás, árvízvédelem, talajvédelem, erdőgazdálkodás, vadvédelem, területfejlesztés, építési szabályozás, energiapolitika stb.), de az önkormányzatok helyi szintű környezetvédelmi tevékenységéért és a katasztrófavédelemért rendszerint a Belügyminisztérium felelős). Meghatározó feladatokat lát el a Központi Földtani Hivatal és az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat (ÁNTSZ).

A **felügyelőségek** és székhelyeik: Közép-Duna-völgyi - Budapest; Észak-dunántúli - Győr; Dél-dunántúli - Pécs; Nyugat-dunántúli - Szombathely; Közép-dunántúli - Székesfehérvár; Észak-magyarországi - Miskolc; Tiszántúli - Debrecen; Felső-Tisza-vidéki - Nyíregyháza; Közép-Tisza-vidéki - Szolnok; Alsó-Tisza-vidéki - Szeged.

Az **igazgatóságok** és székhelyeik: Alsó-Duna-völgyi – Baja; Közép-Duna-völgyi - Budapest; Észak-dunántúli - Győr; Dél-dunántúli - Pécs; Nyugat-dunántúli - Szombathely; Közép-dunántúli - Székesfehérvár; Észak-magyarországi - Miskolc; Tiszántúli - Debrecen; Felső-Tisza-vidéki - Nyíregyháza; Közép-Tisza-vidéki - Szolnok; Alsó-Tisza-vidéki – Szeged; Körös-vidéki - Gyula.

Az **Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség** a miniszter irányítása alatt működő minisztériumi hivatal, illetékessége az ország egész területére kiterjed. Közigazgatási eljárásban a 10 felügyelőség felettes, valamint felügyeleti szerve, ellenőrzi hatósági munkájukat. A Főfelügyelőség a jogszabályokban meghatározottak szerint **elsőfokú vagy másodfokú** környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi hatósági, **szakhatósági jogkörökkel** lát el, **elsőfokú jogkörében engedélyeket ad ki, kötelez és bírságot**. Koordinálja a határokon áttekintő környezeti hatásokkal kapcsolatos hatósági feladatokat, közreműködik nemzetközi feladatok végrehajtásában, részt vesz a hazai környezetpolitika és stratégia kialakításában. Időszakosan megjelenő kiadványa a Zöldhatósági Közlemények. A **Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségek** felügyeleti területükön a jogszabályokban meghatározottak szerint **elsőfokú** környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi hatósági, **szakhatósági jogkörökkel** látnak el. Feladatuk segíteni az illetékességi területükön működő önkormányzatokat környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi hatósági feladataik ellátásában, véleményezik a települési önkormányzatok ilyen tárgyú rendeleteit és határozattervezeteiket, környezetvédelmi programjaikat, területrendezési terveiket, helyi építési szabályzataikat, valamint településrendezési terveiket. A Felügyelőségek **működtetik** a környezet állapotának és használatának figyelemmel kíséréséhez, méréséhez, gyűjtéséhez, feldolgozásához és nyilvántartásához kialakított **környezetvédelmi mérő-, észlelő- és ellenőrző hálózatot** (napi szóhasználatnál a „**monitoring hálózat**”, melyről még lesz szó). Illetékességi területüket, feladataikat és hatásköreiket kormányrendelet tartalmazza (347/2006. (XII. 23.). Kormányrendelet a környezetvédelmi, természetvédelmi, vízügyi hatósági és igazgatási feladatokat ellátó szervek kijelöléséről illetve a 341/2004. (XII. 22) kormányrendelet az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség, az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főigazgatóság és a környezetvédelmi és vízügyi miniszter irányítása alá tartozó területi szervek feladat- és hatásköréről).

A **Nemzeti Park Igazgatóságok** a működési területükön található nemzeti park mellett ellátják a területükön található tájvédelmi körzetek és országos jelentőségű természetvédelmi területek természetvédelmi kezelését is. Felügyeletüket a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium látja el.

A **Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság** feladata az árvíz és belvíz elleni védelem, a környezeti kárelhárítás (pl. vízminőség-védelem érdekében), a vízgazdálkodási és vízkészlet-védelmi feladatok, a vízrajzi tevékenység, valamint a közműves vízellátás, szennyvízkezelés és szennyvízelhelyezés irányítása, központi, illetve kiemelt kormányzati fejlesztések megvalósítása, a központi vízügyi nyilvántartások vezetése és informatikai rendszerek üzemeltetése. Összehangolja és irányítja a 12 vízügyi és környezetvédelmi igazgatóság tevékenységét, közreműködik a vízgazdálkodással és a környezetvédelemmel összefüggő jogszabályok, koncepciók, stratégiák szakmai előkészítésében. A **Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóságok** szakértőként közreműködnek a vízügyi hatósági és szakhatósági eljárásokban, a vízügyi felügyeleti tevékenységben. Működési területükön ellátják a településeken kívül az államigazgatás vízgazdálkodási feladatait (vízkészlet-gazdálkodás, vízrajzi tevékenység, vízkárelhárítás, környezeti és vízminőségi kárelhárítás, vízrendezés, vízhasznosítás, tószabályozás, vízellátás, csatornázás, szennyvíztisztítás), üzemeltetik az állami vízgazdálkodási létesítményeket. Igazgatási tevékenységük keretében fejlesztési, szervezési, irányítási és végrehajtási feladatokat látnak el. Kiemelt feladatuk kapcsolattartás az önkormányzatokkal a víziközművek és a helyi vízkárelhárítás területén. Államközi egyezmények alapján határvízi együttműködést folytatnak (szükség szerint).

## ÜVEGHÁZHATÁS ÉS GLOBÁLIS FELMELEGEDÉS

A **globális felmelegedést** említik leggyakrabban az emberi „**puszta tudomásulvétel**” („nincs mit tenni” hozzáállás) alátámasztására, minthogy már a XIX. század elején felismerték, hogy a légkörben található **szén-dioxid** üvegházhatást (greenhouse-effect) idéz elő, koncentrációjának növekedése pedig az átlagos hőmérséklet emelkedését okozza a Földön. Ennek ellenére szinte semmit nem tettünk megelőzésére, mérséklésére. Az elővigyázatosságra is a leggyakrabban emlegetett példa.

**Melegház, üvegház, üvegházhatás:** az üveg átengedi a napfényt, de megakadályozza a hő távozását, nagyrészt azzal, hogy az üvegházon belüli melegebb levegőt nem engedi összekeveredni a külső hidegebb levegővel, tehát csapdába ejti a hőt. Így az **üvegházon belül magasabb hőmérséklet alakul ki, mint rajta kívül**, vagyis a belső tér magasabb hőmérsékletén alakul ki termikus egyensúly a külső hidegebb hőmérsékletű térrel. Hasonló a helyzet a ma már gyakran használt fóliasátorral is, ahol a műanyagfólia tölti be az üveg szerepét, minthogy ugyancsak átengedi a napsugarakat és megakadályozza a belső meleg levegő kilépését. Lényegében ezt teszi a szén-dioxid is, a többi hasonló tulajdonságú, többnyire három- vagy még többatomos gázzal együtt: átengedik a Napból érkező nagyobb hőmérsékletű, rövid hullámhosszúságú napsugarakat, de a Föld által kisugárzott kisebb hőmérsékletű, nagyobb hullámhosszúságú infravörös sugarakat elnyelik (abszorbeálják), tehát csapdába ejtik a hőt (mérnöki szempontból szükséges megjegyezni, hogy az üvegház – melegház - a konvekciós hővesztés csökkenti a belső melegebb és a külső hidegebb levegő összekeveredésének megakadályozásával, amíg a légköri üvegházhatás a sugárzásos hővesztés gátolja, így a hőátvitel mechanizmusa tekintetében eltér a két jelenség; az üvegház említett konvekciós hatásáról egyébként könnyen meggyőződhetünk egy tető- vagy oldalablak kinyitásával, s ez szolgál szükséges hűtésére is, túlmelegedés esetén). E gázok molekulái az elnyelt hőt molekuláris ütközéssel adják át az atmoszféra egyéb komponenseinek (emlékeztetünk a molekulák Brown-féle hőmozgására). Az **üvegházhatás pozitív eredményeként a Föld átlagos hőmérséklete nem -18 °C (255 K), ami az ilyen összetételű atmoszféra nélkül lenne, hanem +15 °C, vagyis az üvegházhatás 33 °C-kal növeli a Föld átlagos hőmérsékletét.** E növekedést a következő táblázatban megadott gázok idézik elő a második oszlopban megadott mértékben (Rákóczi, 1998):

| Gáz                       | Hozzájárulás K-ben |
|---------------------------|--------------------|
| Vízgőz                    | 20.6               |
| szén-dioxid               | 7.2                |
| troposzférikus ózon       | 2.4                |
| Dinitrogén-oxid           | 1.4                |
| Metán                     | 0.8                |
| a többi gáz (főleg CFC-k) | 0.6                |

A **255 K (vagy -18 °C) a Föld egyensúlyi hőmérséklete.** Ez a hőmérséklet létezne a Földön az atmoszféra üvegházhatása nélkül, mely hőmérleg felírásával egyszerűen számítható.

A hőmérlegben az egységnyi idő alatt beérkező energiát kell egyenlővé tennünk az abszolút fekete test által egységnyi idő alatt kisugárzott energiával (vagyis az energianyereséget az energiavesztéssel, időegységre vetítve), azaz:

$$R^2 \pi (1 - \rho) S_0 = 4R^2 \pi \sigma_e T_e^4$$

Itt R a Föld sugara (6370 km),  $\rho$  a Föld felszínének a teljes sugárzási tartományra vonatkozó reflexiós tényezője (albedó, vagyis a visszavert és a beérkező napenergia aránya, melynek értéke: 0.3),  $S_0$  a napsugárzásra merőleges

sík felületegységen áthaladó energia (napállandó, értéke:  $1370 \text{ J/m}^2\text{s}$ ),  $\sigma_0$  az abszolút fekete test sugárzási tényezője (gyakran a Stefan-Boltzmann-féle állandó, melynek értéke:  $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ J/m}^2\text{sK}^4$ ). A számértékek helyettesítésével a keresett  $T_e$  **egyensúlyi hőmérsékletre 255 K** adódik, vagyis **-18 °C**. A teljes képhez hozzátartozik, hogy a Föld felszíni hőmérsékletének kialakulásához a Napból érkező energia mellett a Föld forró magjából érkező hőáram is hozzájárul, de ennek hatása lényegesen kisebb, mindössze 3-5 °C-ot tesz ki. Megjegyezzük, hogy a Föld átlagos hőmérsékletére a szakirodalomban 15 °C helyett 14 °C, illetve -18 °C helyett -19 °C értéket is említenek, másrészt a különböző komponenseknek az üvegházhatáshoz való hozzájárulásaként a táblázatban megadott értékeken kívül másokat is közölnek. Így az egyes komponensek hozzájárulásaként a következő adatsorral is találkozunk: vízgőzre 36-70 %, szén-dioxidra 9-26 %, metánra 4-9 % és az ózonra 3-7 % szerepel. (Mészáros, 2002. ; Papp és Kümmel, 1992. ; Rákóczi, 1998.)

Az **üvegházhatás** tehát a **légkör hővisszatartó képessége**, amely (rövidebben kifejtve) az üvegházhatású gázok azon tulajdonságán alapszik, hogy a Napból érkező sugárzást átengedik, de a Föld kisugárzását akadályozzák, tehát kevésbé nyelik el a nagyenergiájú sugárzást, mint a kisebb energiájút. **Az üvegházhatás mértéke a Nap sugárzásától, az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjától, illetve az atmoszféra sűrűségétől függ.** Az üvegházhatás nem csak a Földre jellemző, mértéke különösen jelentős a Vénuszon, amit állandó felhőréteg borít és átlagos felszíni hőmérséklete 462 °C (felszínét elérő energia 99.9 %-a a bolygón marad, légköre 96.5 % szén-dioxidot tartalmaz, a maradék főleg nitrogén, tömegre vetítve).

Az üvegházhatást Jean Baptiste Joseph **Fourier** francia matematikus-fizikus **fedezte fel 1824-ben** (1768-1830; aki a hővezetés törvényszerűségének is felfedezője, továbbá a trigonometrikus függvények – a Fourier-sorok - megalkotója), kísérletileg John **Tyndall** angol fizikus **igazolta 1858-ban** (1820-1893), **számszerűleg először 1896-ban** Svante **Arrhenius** svéd fizikus-kémikus **vizsgálta** (1859-1927; a kémiai reakciók hőmérséklet-függésének leírása tőle származik; 1903-ban kémiai Nobel díjat kapott). Az üvegházhatás jelenségét, folyamatát nem lehet megérteni a Föld légkörére vonatkozó alapvető ismeretek nélkül, ezért erről a későbbiekben egy rövid összefoglalót adunk.

**Fourier** vizsgálataival kimutatta, hogy a légkör olyan módon viselkedik a földfelszínnel, mint egy üveglappal lefedett edény, vagyis a felülről érkező látható fényt, a napsugárzást átengedi, de a lentől jövő hőt (a láthatatlan „fekete” sugárzást) visszatartja, így 1827-ben „megszületett” az üvegházhatás. Ezt követően megindultak a vizsgálatok, hogy a légkört alkotó gázok melyike okoz üvegházhatást. **Tyndall** laboratóriumi körülmények között igazolta, hogy a szén-dioxid üvegházhatású gáz, és hasonló megállapításra jutott több más, főképp háromatomos molekulára vonatkozóan. **Arrhenius** részletes számításokat végzett a szén-dioxid légköri melegítőhatására. Megvizsgálta az emberiség által kibocsátott szén-dioxid mennyiségének időbeli változását, s úgy vélte, hogy a légkör szén-dioxid-tartalmának megkétszereződése néhány száz évbe telik, melynek hatására Svédország átlagos hőmérséklete mintegy 6-8 °C-szal emelkedik majd. Egy 1910-ben kiadott német ismeretterjesztő mű Arrheniusra hivatkozva megállapítja, hogy a melegedés „kókuszpalmát hozna Németországba”. (Zágoni, 2008.)

Ez a jelenség az ún. **légköri üvegházhatás**, melynek a fentebbi hőmérsékletnövekedés a pozitív eredménye az életfeltételek szempontjából, és a folyamatban résztvevő gázok az ún. **üvegházhatású gázok** (a szakirodalomban gyakran az **ÜHG** illetve az angol GHG rövidítéssel találkozunk). Hangsúlyozni kell, hogy ez az üvegházhatás **a természetes összetételű légkör (optikai) tulajdonsága, nem emberi tevékenység következménye!** A táblázatból látható, hogy ebben a vízgőznek van a legnagyobb szerepe, a második legfontosabb kémiai komponens a széndioxid, melynek légköri koncentrációja az iparosodás előtt nem érte el a 0.03 térfogat %-ot. **Alapvető gond**, hogy a fosszilis energia (azaz: a meg nem újuló energiák: szén, kőolaj, földgáz) eltüzelése, ill. az energiafogyasztás rohamos növekedése és több más tényező (pl. az erdők fogyása stb.) hatására **növekszik a szén-dioxid koncentrációja a légkörben** (ill. általában az üvegházhatású gázok koncentrációja), minthogy a széntartalmú anyagok eltüzelésekor mindig keletkezik szén-dioxid, és feltehetően ez a koncentrációnövekedés **a globális felmelegedés** egyik okozója. A tüzelési folyamat

természetes és szükséges része életünknek, így tehát a szén-dioxid koncentrációjának növekedése az atmoszférában rövidtávon elkerülhetetlen. De növekedett más üvegházhatású gázok koncentrációja is, és feldúsulásuk a légkör hőháztartásának módosulásához vezet, mely az ún. **sugárzási kényszer**. Ennek folyományaként növekszik az atmoszféra által visszatartott energia mennyisége, vagyis a Föld eredőben egyre kevesebb energiát képes kisugározni a világűrbe, a beérkező energiából egyre több marad itt, s ezzel növekszik a Föld átlagos hőmérséklete, nagyobb hőmérsékleten következik be a termikus egyensúly, tehát ún. globális felmelegedés jön létre. A félreértések elkerülése érdekében megemlítjük, hogy **az üvegházhatású gázok nem fűtik a földet**, hanem az alsóbb légrétegek melegedésével és a magasabb légrétegek hűtésével **a hőmérséklet függőleges eloszlását változtatják meg**.

A globális felmelegedés révén a **Föld átlagos tengeri és szárazföldi felszíni hőmérséklete 1880 és 2012 között 0.85 °C-kal emelkedett**, és az időszak második felére a **növekedés mértéke megkétszereződött**. Jégminták elemzéseiből arra jutottak, hogy a **XX. század az elmúlt hatszáz év legmelegebb évszázada volt**. Adatok szerint a XV. század óta az Északi-félteke **legmelegebb nyarait az elmúlt évtizedekben éltük át**, minthogy 1880 és 2017 közötti időszak 18 legmelegebb évéből 17 a XXI. században van. Az 1983-2012 közötti 30 valószínűleg a legmelegebb periódus volt az elmúlt 1400 évben. Az ENSZ Meteorológia Világszervezetének 2019. évi éves jelentése szerint **a földtörténet legmelegebb éve 2016 volt**, a hőmérsékletemelkedés **0.94 °C** volt, amíg 2019 a második legmelegebb év lett, hősége rekordok dőltek meg a legtöbb nyugat-európai országban, Franciaországban június 28-án 46 °C-t mértek, a világ nagy része melegebb volt a korábbiaknál, amíg Észak-Amerika egyes részei a szokásosnál hidegebbnek bizonyultak. Az adatok szerint a 2015 és 2019 közötti időszak a legmelegebb egymást követő öt év volt az időjárási feljegyzések 150 évvel ezelőtti kezdete óta, az átlagos hőmérséklet ebben az időszakban világszerte 1.1 °C-szal volt magasabb, mint 1850-1900 közötti időszakban. A legmelegebb évtized pedig nagy valószínűséggel a 2010-2019 közötti időszak lett. A melegedés kimutatható mind a tengeri, mind a szárazföldi térségekben, bár sem térben, sem időben nem egyenletesen oszlik el a Földön, de Grönland és Himalája térségét kivéve a 20. században mindenütt kismértékű emelkedés következett be, s az utóbbi két-három évtizedben a melegedés fokozódott. A sarkokon rekord mennyiségű jé olvadt el, s az Antarktiszon még soha nem mértek ilyen meleget. **E változásnak természetes és emberi tevékenységből eredő okai is vannak, de a meteorológusok az okok között legnagyobb hatásúnak az üvegházhatású gázok antropogén eredetű koncentrációjának növekedését tartják**. A teljes képhez hozzátartozik, hogy az említett mértékű **melegedés nem tekinthető rendkívülinek**, hiszen nagymérvű és gyors éghajlatváltozás korábban is fellépett (így az utolsó jégkorszak alatt 20 ezer-100 ezer évvel ezelőtti időszakban, illetve a jelenlegi interglaciális - vagyis két eljegesedési korszak közötti - időszakban, tehát az utolsó 10 ezer évben).

**Hazánkban** az 1901 óta nyilvántartott tíz legmelegebb évből nyolc az új évszázadban lépett fel, **2001-2020 között tehát szélsőségesen meleg évtizedeink voltak**. A tíz legmelegebb évünk és az adott évben az átlagos hőmérséklet a következő volt: 2019: 12.19; 2018: 12.07; 2014: 11.92; 2015: 11.67; 2007: 11.61; 2000: 11.55; 1994: 11.41; 2008: 11.39; 2002: 11.31; 1934: 11.30. A 2019 évi országos átlaghőmérséklet 1.87 fokkal múlja felül az 1981–2010-es normál értéket. Az év minden hónapjában melegebb volt, mint az említett normál érték, májust kivéve, amikor 2.5 fokkal hidegebbre adódott az átlagos érték. **A múlt század elejétől a melegedés mértéke 1.3 °C, ami a globális melegedés trendjét némileg meghaladja**. Budapesten a hőmérsékletemelkedés ugyanezen időszakban meghaladta az 1.5 fokot! Az eddigi **legmelegebb évünk tehát 2019 volt, 12.19 °C átlagos hőmérséklettel**. 2015-ben 46 **hőségnap** volt (a legnagyobb napi hőmérséklet meghaladja a 30 °C-ot), mely 22 nappal több az 1981-2010-es átlagnál, és kevesebb volt a **fagyos napok** száma (a legkisebb napi hőmérséklet 0 °C alatt van). E napok száma 2015-ben 78 volt, mely 17 nappal kevesebb az említett időszak átlagánál. Egyébként Magyarországon az éves középhőmérséklet 10 és 11 °C között van, eloszlása a földrajzi elhelyezkedéstől, a tengerszint feletti magasságtól és a tengertől mért távolságtól függ. Az alacsonyabb értékek a magasabb területeken, a Bakony és Alpokalja, illetve az Északi-közép hegység tájain jelennek meg, ahol a középhőmérséklet gyakran a 8 °C-t sem éri el, míg a 11 °C-nál nagyobb értékek csak elszórtan a délies-nyugatias lejtőkön fordulnak elő.

A 2017-es év átlagosan csapadékosnak tekinthető az 1901-től induló adatsorban, azonban az éven belüli eloszlása eltért a szokásostól. Az év eleje augusztusig jellemzően csapadékszegény volt, majd szeptemberben érkezett jelentősebb mennyiségű eső és az év végén hulló csapadék pótolta a korábbi hiányt. Az éves átlagos csapadékösszeg 615.7 mm, mely az 1981-2010-es sokévi átlag 103 %-a. Az elmúlt 117 év adataihoz trendvonalat illesztve 3,5%-os mérsékelt csökkenés jelentkezik, míg az elmúlt 30 évet tekintve 15.8 %-os növekedés figyelhető meg az éves csapadékösszegekben. Ezzel szemben 2018-ban csak 589.9 mm csapadék hullott országos átlagban, az év során egyenetlen eloszlásban. Februárban és márciusban a sokéves átlag kétszeresét is meghaladó mennyiség hullott, míg áprilisban és októberben az 1981–2010-es időszak normál értékének csak 40 százalékát mérték.

Összességében 1901 óta a legmelegebb, ugyanakkor átlag körüli csapadékos évet zártunk 2018-ban és 2019-ben (Éghajlatváltozás. Országos Meteorológiai Szolgálat).

A globális felmelegedés, vagyis a hőmérséklet-emelkedés hatására:

- a magashegyi **gleccserek** visszahúzódtak, a tavaszi hóolvadás időpontja, a folyók és a tavak jegének megolvadása világszerte néhány nappal korábbra tevődött, amíg a befagyás későbbre tolódott;
- az Északi-sark központi részén a **jégtakaró** jelentős mértékben **elvékonyodott**, a teljes északi-sarki jégtakaró **kiterjedése** nyáron 10-15 %-kal **csökkent**, amíg a globális kontinentális jégtakaró 10%-kal csökkent az 1970-es évek óta;

Nemzetközi összefogással végzett vizsgálatokkal kimutatták, hogy Grönland és Antarktisz jégmezőinek olvadása 2100-ra 70 cm-re növeli a tengerszint-emelkedés várható értékét. A jégolvadás sebessége napjainkra hatszorosára nőtt az 1990-es évekhez képest. Megállapították, hogy az Antarktisz elsősorban az óceánok vízhőmérsékletének emelkedésére olvad (ezzel kiterjedése csökken, hiszen ez a jégmezők szélét támadja), addig Grönlandon a globális hőmérséklet-növekedés is hat az olvadásra. Az olvadás az 1990-es évektől 17.8 mm tengerszint-emelkedést adott, melynek 60 %-a Grönland olvadásából, 40 %-a az Antarktisz olvadásából adódott. A becslés szerint 1992 és 2017 között a jégvesztés 6400 milliárd tonnát tesz ki, a műholdas felvételek szerint. (Shepherd, A. et al. Mass balance of the Greenland Ice Sheet from 1992 to 2018. Nature, Vol. 579. 1.21. March 2020.)

- a trópusi óceánok felszíni hőmérséklete mintegy fél fokkal nőtt, különösen nagy a hőmérséklet-emelkedés a Csendes Óceán nyugati és az Indiai Óceán keleti részében, amelyek egyébként is a trópusi tengerek legmelegebb térségei, Ennek hatására emelkedett a **trópusi tengerek párolgása**, így a trópusokon a levegő nedvességtartalma az utóbbi évtizedekben megnőtt, mely ugyancsak tetemes hőmennyiséget juttatott a légkörbe. Az óceáni területek feletti felhőzet mennyiségének növekedését már közel 60 éve kimutatják. Érdekességként megjegyezzük, hogy Ázsia és Észak-Amerika nagy részén viszont csökkent a légkör páratartalma;
- az elmúlt száz évben a **tengerek vízszintje hozzávetőlegesen 10-25 cm-rel emelkedett**, melyből 2-7 cm az óceánok felmelegedésére és hőtágulására, 2-5 cm a gleccserek és a sarki jégtakaró olvadásának hatása, a szintnövekedés további összetevői nehezen számszerűsíthetők. A tengerek így szárazföldeket öntöttek el, mely tovább folytatódhat;

A Föld teljes népességének közel 5 %-a (mintegy 400 millió ember) él kevesebb, mint 5 méterrel a tengerszint felett, s közülük 140-170 millió ember otthonát 30 év múlva eléri az átlagos dagályszint, a 21. század végére pedig további több tízmillió ember otthona kerülhet víz alá. Hollandia területének mintegy harmada már ma is a tengerszint alatt van, de a nagy probléma azokban az országokban jelentkezik, ahol az alacsony jövedelem nem teszi lehetővé, hogy elköltözzenek (Kínában 90 millió, Indiában és Vietnámban 35-35 millió, Egyiptomban és Indonéziában 20-20 millió Bangladesben 15 millió és Mianmárban 6 millió ember él 5 méteres tengerszint magasság alatt). Becslések szerint ha évente 1 centiméterrel emelkedik a világtengerek szintje, akkor évente 1.5-2 millió embernek kell elköltöznie magasabb területekre, nagyrészt olyanoknak, akiknek nincsen erre anyagi fedezetük. Érdekességként megjegyezzük, hogy az Angol-csatornát Nagy-Britannia és Franciaország között egy 160 km hosszú csatorna, továbbá Norvégia és Skócia északi csúcsa között kb. 480 km hosszú gáttal védenének az elöntés elől 25 millió észak-európai lakost (Észak-Európai Zárógát; Northern European Enclosure Dam, NEED). Magyarország legmélyebben fekvő területe a Tisza mentén, Szeged környékén is mintegy 75 méterrel van a tengerszint felett.



- a **vegetációs időszak** a mérsékelt égövben **meghosszabbodott**, a növények virágzása korábbra tolódott, a költöző madarak korábban érkeznek, számos növényfaj, valamint rovarok, madarak és halak élőhelye magasabb földrajzi szélességekre tolódott;
- megváltoztak a **csapadékviszonyok**, egyes helyeken sokkal több, másutt kevesebb a csapadék, ami **áradásokat, árvizeket** illetve tartós **szárazságot, aszályt** okoz. Sok helyen növekszik az esőmentes napok száma és tartóssága, így az aszályos időszakok esélye és hosszúsága. Elemzések szerint az **árvízi kockázat** különösen növekszik Közép- és Nyugat-Európában. Összességében a világ szárazföldi területein az 1960-as évekig növekedett a csapadék mennyisége, míg az utóbbi 30 évben csökkenés mutatható ki. Mindezek nagymértékben zavarhatják a mezőgazdaságot;
- egyes területeken jelentősen növekedett a **rendkívüli meteorológiai események** (hurrikánok, tornádók, tartós és/vagy heves esőzések, ezek következményeként az áradások) gyakorisága és hevessége. A tartós esőzés földcsuszamlást okozhat, melynek leggyakoribb oka a talaj állékonyságának (rézsűszögének) csökkenése, a nagyobb vízfelvétel miatt. Az **éghajlat változékonyabbnak és szélsőségesebbnek** tűnik, de **jelenleg még nem áll rendelkezésre elegendő adat ennek tudományos igazolására a Föld egészét tekintve**. Tehát az egész földkerekséget tekintve semmi sem támasztja alá a természeti katasztrófák számának és erősségének növekedéséről szóló megállapításokat, kivéve régiókat és rendszerint szűkebb időtávokra, de ezek sem egyértelműek (tehát egyesek szerint növekszik, más adatsorok szerint viszont csökken a változékonyság, illetve a szélsőséges események száma);
- a hőmérséklet-emelkedés önmagában is egészségügyi problémákat okozhat, mivel fokozza a malária, az álomkór és más trópusi betegségek elterjedését, a hőség és a légszennyezés a halálozás mértékét növelheti;
- a hőmérséklet- és csapadékviszonyok változása megváltoztatja a vegyi anyagok (növényvédő és rovarirtó szerek) hatását is. Megváltozik terjedési viszonyuk is (aszály esetében a folyók vízhozama csökken, ezzel növekszik a szennyezők koncentrációja, csapadékosabb időszakban viszont több vegyszer kerülhet a vizekbe a mezőgazdasági területekről, a szélviszonyok is változnak stb.) és megváltozik felhasználási igényük is (pl. a nagyobb párolgás okán). A hőmérséklet- és nedvességtartalom-változás hatására megváltozik bomlási folyamatuk is, illetve a környezeti és egészségügyi hatásuk;
- a melegedés hatásának tudják be, hogy a XX. század közepe óta csökken a legkisebb és a legnagyobb napi hőmérsékletek különbsége (napi hőmérsékletingás), mert az éjszakák jobban melegedtek a nappaloknál (Európa egyes részeire és hazánkra ellentétes folyamatot tapasztaltak). A hőmérsékletingás csökkenésének feltehető oka a felhőzet nagyobb mértékű kiterjedése, mely akadályozza mind a nappali felmelegedést, mind az éjszakai lehűlést. Hazánkban a hőmérsékletingás 4-6 °C-t tesz ki decemberben, míg a melegebb hónapokban 11-13 °C között alakul.

A klímaviszonyok megváltozása veszélyezteti a természetes ökoszisztémát, a mezőgazdaságot, az emberi településszerkezetet: az erdők területe csökken; a párolgás mértéke növekszik; a folyók vízhozama csökken; az öntözési igény növekszik; a vízminőség romlik, melyek gyakran egymást is erősítő hatások. Ez igaz hazánkra is, minthogy nőtt a **heves esők** részaránya, az **árvizek** megjelenése, gyakrabban jelentkeznek **aszályok** és **hőhullámok**, gyakoribbak a **jégesők** is, és a néha galambtojás nagyságú jég nemcsak jelentős gazdasági kárt okoz, de az emberi életet is veszélyeztetheti, gyakran emberi felelőtlenséghez társulva. Kimutatható, hogy a téli félévben lehulló csapadék mennyisége csökken, így csökken a felső termőréteg nedvességtartalma, de a talajvízszint is. A nyári félévre csökkenés alig látszik, de a heves esőzések, felhőszakadások gyakorisága növekszik, amikor akár néhány

óra alatt egy-két havi átlagos csapadékmennyiség is leeshet. Ilyen esőzéseknél nagyobb az elfolyás részaránya, így kevesebb víz szívárog a talajba, mellyel növekszik a szárazság esélye. Az emberiség legnagyobb édesvíz tartalmát a déli sarkvidék (Antarktisz) jégtáblái képezik, mely közelítőleg 13.9 millió km<sup>2</sup> területet borít, átlagosan 2000 m vastagságban (de helyenként eléri a 4000 m vastagságot is), s térfogata mintegy 30 millió km<sup>3</sup>. Ennek valamikori (évmilliók múlva?) elolvadásával a világtengerek szintje 45-60 méterrel is emelkedne. Ezekről a jégtáblákból időről-időre egyes darabok leszakadnak, de az utóbbi időszakban nagyobb riadalmat vált ki több nagyobb darab egymást követő leszakadása, melyek elolvadása több méteres szintemelkedést idézhet elő a világtengerek vízszintjében (l. még Víz és vízkészlet, vízfelhasználás cím alatt).

Az üvegházhatású gázokon kívül vannak olyan gázok, melyek közvetett úton, másodlagos hatások révén járulnak hozzá a globális felmelegedéshez, melyek az **indirekt üvegházhatású gázok**. Ilyenek a **nitrogén-oxidok** (nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid), a **szén-monoxid** és a **nem-metán illékony szerves vegyületek** (vagyis NO és NO<sub>2</sub>, vagy röviden: NO<sub>x</sub>; CO; NMVOC vagy gyakran csak VOC). E gázkomponensek kémiai folyamatok révén elősegítik az ózonképződést, az ózon viszont – mint láttuk – üvegházhatású gáz. Közvetve a **kén-dioxid** is részt vesz a globális felmelegedésben, mivel kémiai reakcióba lépve lebegő részecskék (szulfitok, szulfátok) alakulnak ki, s ezek módosítják a sugárzási kényszert (aeroszolok). Ezért szükséges e gázok légköri kibocsátásával is foglalkoznunk.

**Összefoglalva a globális felmelegedés hatásait: megváltozott a légkör összetétele, magasabb az átlagos hőmérséklet, terjed a sivatagosodás, melegek a tengerek és az óceánok, olvadnak a gleccserek és a jégmezők, gyakoribbak az erdő- és bozóttüzek, a hóhullámok, illetve helyenként és időközönként a tartós aszályok és az özönvizek. Mindezek a világgazdaságot is fenyegető kockázatot jelentenek. A becsült éghajlatváltozás mértékét nagy tudományos bizonytalanság terheli (melyről később még lesz szó), de minden kétséget kizáróan rendkívül gyorsan következik be, földtörténeti időléptéket tekintve. Veszélyességét tehát elsősorban nem a változás mértéke, hanem gyorsasága jelenti. Egyetértés mutatkozik abban, hogy az éghajlatváltozás már megkezdődött és elkerülhetetlen, és – bár különböző megjelenési formákban és mértékben, de – előbb vagy utóbb mindenütt bekövetkezik, s ebben felfedezhetők az emberi beavatkozás jelei. Talán abban is egyetértés van, hogyha az üvegházhatású gázok emberi tevékenységből eredő kibocsátását 2050-re az 1990. évi kibocsátás felére csökkentenénk, az éghajlatváltozás legsúlyosabb következményeit még megelőzhetnénk, katasztrofális ökológiai, gazdasági és társadalmi hatását valószínűleg elkerülhetnénk. A fogalmazással érzékeltetni kívántuk, de nyomatékosításul le is írjuk, hogy az éghajlatváltozás megvalósulásával, okaival stb. kapcsolatban természetesen nincsen mindenben egyetértés a kutatók között. Mindezekről később még szó lesz, de itt szükséges megjegyezni, hogy amikor a médiumokban emlegetik az üvegházhatást, akkor szinte mindig az emberi tevékenység által előidézett hatására – tehát a globális felmelegedésre - gondolnak, s nem a természetes légköri üvegházhatásra illetve annak az élet szempontjából kedvező hatására.**

A továbbiakban gyakran szerepel az **éghajlat** és az éghajlatváltozás. Az azonos értelmezés céljából megadunk ide kapcsolódó meteorológia fogalmakat. A meteorológia használja az idő, az időjárás és az éghajlat kifejezéseket a következő értelemben:

**idő:** a légkör pillanatnyi állapota, a légköri állapotváltozók (hőmérséklet, légnyomás, szélesség, csapadék, páratartalom, felhőzettség) meghatározott értékei;

**időjárás:** az egymás után következő légköri állapotok sorozata;

**éghajlat:** a légköri állapotok összessége, melyet az átlagok és a szélsőértékek eloszlása, napi, havi, évszakos és éves együttese jellemez.

Megjegyezzük, hogy találkozhatunk a következő fogalmazással is: az éghajlat a levegő és a vele kölcsönhatásban álló földi rendszerek állapotának térbeli és időbeli alakulása. Úgy tartják, hogy az éghajlat egyike a valaha is tanulmányozott legbonyolultabb rendszereknek, mivel a végbemenő folyamatok és kölcsönhatásai túl nagyok és túlságosan összetettek, laboratóriumi körülmények között nem vizsgálhatók. Az éghajlat kutatása több tudományág összefogását igényli.

A **napsugárzás** (napfény) energiája a Nap belsejében 20-50 millió K hőmérsékleten zajló fúzióból származik, aminek teljesítményét  $3 \cdot 10^9$  EW-ra becsülik. Ez hevíti 6000 K körüli hőmérsékletre a Napot körülvevő fotoszférát és ez a burok sugározza ki az elektromágneses hullámokat a világűrbe. A **napsugárzás 99 %-a 0.17-4  $\mu\text{m}$  (170-4000 nm;  $1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$ ) hullámhosszak közötti elektromágneses sugárzás, maximuma** (legnagyobb sugárzási erősség) **a látható sugárzás** (a kék fény) **tartományában 474 nm ( $\cong 0.5 \mu\text{m}$ ) hullámhossznál van** (a napsugárzás 7 %-a a röntgen és az ultraibolya - ibolyántúli -, 46 %-a a látható fény és 47 %-a az infravörös tartományban van). E sugárzást az atmoszférán való áthaladás során döntően a kisebb hullámhossz tartományban **veszteségek** érik az **elnyelés** (abszorpció), a **szóródás** (diszperzió) és a **visszaverődés** (reflexió) révén. Az elnyelés és a szóródás a sugárzás gyengülését (extinkció) okozzák. A légkört alkotó gázok elnyelése bizonyos hullámhosszokra korlátozódik (vagyis az elnyelés szelektív), s így egyes hullámhosszúságú sugarak egyáltalán nem vagy csak legyengülve érkeznek meg a Föld felszínére, tehát a Föld felszínét elérő sugárzás spektruma eltér a napsugárzásétól. Az elnyelés hatására a Föld felszínét elérő sugárzásból teljesen hiányoznak a 0.29  $\mu\text{m}$ -nél (290 nm-nél) rövidebb hullámhosszúságú sugarak, mivel e sugarakat (a sztratoszférában) elsősorban az ózon (290-320 nm között) és egyéb gázok elnyelik (az oxigén, a vízgőz, a szén-dioxid és a nitrogén, melyek rendre a 200, 180, 165 és 100 nm-nél kisebb hullámhosszú sugárzást nyelik el). Ez igen fontos a földi élet szempontjából, mivel e rövidhullámú (nagy energia tartalmú, a fotoszintézishez szükséges szén-dioxid és vízgőzmolekulák szétbontására képes) sugarak az élő sejteket roncsolják, s ha ezek elérnék a Föld felszínét, a szerves élet csakhamar megszűnne. A napsugárzás egyéb (elsősorban az infravörös) tartományában is tapasztaltak csökkenést, elnyelési sávokat, döntően a troposzférában lévő vízgőz és szén-dioxid hatására. Így a **Föld felszínét elérő sugárzás** lényegében **290-2200 nm hullámhossz tartományt öleli fel**, de túlnyomó része 400-800 nm hullámhossz tartományba esik, **maximuma 555 nm-nél van** (sárga fény).

A gázok által elnyelt (abszorbeált) sugárzás hőenergiává (s így melegítő - hőmérsékletnövelő - hatást fejt ki) vagy kémiai energiává alakul, esetleg az elnyelő részecske az eredetitől eltérő hullámhosszon kisugározza, ezzel szemben a szóródás során nem történik energia átalakulás, **a részecskék a kapott energiát változatlan mennyiségben és hullámhosszon kisugározzák, csak a sugárzás iránya változik**. A Föld energiamérlegének „bevételi” oldalán mind az elnyelés, mind a szóródás részben veszteséget okoz, mivel az energia egy része a világűr felé távozik.

A **Föld felszínéről kiinduló sugárzás legnagyobb része 4-100  $\mu\text{m}$  hullámhosszak közötti elektromágneses sugárzás**, melynek **maximuma 10  $\mu\text{m}$  táján van**, s e sugárzás teljes egészében az **infravörös tartományba esik**. Tehát a Nap sugárzási spektruma jól elkülönül a Föld sugárzási spektrumától. A Föld infravörös sugárzásának egy része nem képes az atmoszférán áthatolni a már korábban is tárgyalt elnyelés miatt, melyben meghatározó a vízgőz és a szén-dioxid, de más gázok is nyelnek el sugárzást. Az atmoszférában jelenlévő nagymennyiségű vízpára a spektrum nagy részét abszorbeálja (20  $\mu\text{m}$  feletti, ill. az 5-8  $\mu\text{m}$  közötti hullámhosszúságú sugarakat), de elnyelő képessége 8-20  $\mu\text{m}$  hullámhosszak között csökken, tehát itt marad egy ún. „légköri ablak”. A szén-dioxid a 3.5-4  $\mu\text{m}$  és a 12-17  $\mu\text{m}$  hullámhossz közötti sugárzásokat abszorbeálja, s van még egy gyenge elnyelési sávja 10  $\mu\text{m}$  körül és az ózonnak egy erős elnyelési sávja a 9.6  $\mu\text{m}$  hullámhossznál, de e két utóbbi hatása jelentéktelen. Így végül **8-13  $\mu\text{m}$  hullámhosszak közötti tartományra szűkül a „légköri ablak”** (s fontos, hogy ide esik a sugárzás maximuma), melyben **a Föld kisugárzása akadálytalanul kijut a légkörön át a világűrbe**. Az elnyelt energiát a gázok aztán minden irányban ismét kisugározzák, ill. szétszórják, melynek eredményeként tehát a Föld által kisugárzott energia egy része ismét visszajut a Föld felületére és azt melegíti. Ennek végső eredménye, hogy a Föld felszínének átlagos hőmérséklete a kellemes 15 °C, és nem -18 °C, ami az atmoszféra hiányában kialakulna. Ezt a melegítési hatást nevezzük **(légköri) üvegházhatásnak** a működő üvegházak analógiájára, noha az utóbbihoz még hozzátartoznak egyéb folyamatok, mint például a felmelegedett levegő összetétele és a hideg áramlatok kizárása. A légköri üvegházhatás tehát olyan természetes folyamat, amelytől létünk függ.

## A PROBLÉMA FELISMERÉSÉTŐL A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSEN ÁT NAPJAINKIG (történeti áttekintés)

Az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottság (World Commission on Environment and Development vagy röviden WCED, melyet az ENSZ Közgyűlés 1983-ban hozott létre) norvég elnöke, Gro Harlem **Brundtland** asszony a következőt írta 1989-ben:

„A XX. század kezdetén még sem az emberiség, sem a technika nem állt a fejlődés olyan fokán, hogy radikális változásokat okozhasson a globális ökoszisztémában. Az ezredforduló közeledtével az ilyen beavatkozások egyre számosabbakká válnak és szándékunktól függetlenül bár, de hatalmas változások történnek a légkörben, a bio- és a hidroszférában. A változásokkal ma már nem tudunk megbirkózni, a világ pénzügyi és politikai intézményei **lépeshátrányba** kerültek a **természeti folyamatokkal szemben**”. Ennek egyik **fő okaként** a **szegénységet** jelöli meg, amely egyúttal következmény is, minthogy a szegények (értsd pl. fejlődő országok) „kénytelenek felélni még a következő évi vetőmagot is, és a ritka erdőt is elpusztítják, hogy tűzifához jussanak...” ez rövidtávon biztosítja ugyan a túlélést, hosszabb távon csakis katasztrófához vezethet.”

A 20. század közepére, második felére egyre több környezeti probléma jelent meg, s ahogy lenni szokott, elsősorban nem a tudományos világ „mozdult” meg, hanem a „civil szféra” illetve a „média”. E tekintetben elsőként **Rachel Carson** amerikai tengerbiológus **1962-ben** megjelent **Néma tavasz** (Silent Spring) című könyvét kell megemlíteni. Művében olyan világot mutat be, amelyben a természet elnémul (a madarak nem énekelnek, a tojásokból nem kelnek ki csirkék, a megszületett malacok csak pár napig élnek, a növények aszottak és elbarnultak, az embereket ismeretlen nyavalya gyötri, hirtelen rosszul lesznek és meghalnak stb.) és a halál árnyéka borul mindenre. A szerző a mező- és erdőgazdaságban felhasznált **kémiai anyagok** (növényvédő szerek és rovarirtók, mindenekelőtt a **DDT**) kedvezőtlen biológiai hatását illetve az élővilágra leselkedő veszélyt mutatta be, melyek a **táplálékláncba kerülnek, felhalmozódnak az élő szervezetekben** és megmérgezik őket. Megítélése szerint ebben a **kormányzat „tudatlansága, hanyagsága”, felelőtlensége** is erősen közrejátszik. A Szerző hitt abban, hogy az emberek nem a természet urai, csak annak részei, s ezért is jelent problémát, hogy a technológia jóval gyorsabban fejlődik, mint az emberiség tudata illetve felelősségérzete. Sokan úgy vélik, s talán joggal, hogy elsősorban e könyv hatásának köszönhető a **környezetvédelem** viszonylag gyors **társadalmi mozgalommá válása**, kiemelten az Amerikai Egyesült Államokban, majd az egész világon. Az Amerikai Egyesült Államokban Denis Allen Hayes (1944.08.29.) egyetemi hallgató egy óriási megmozdulást szervezett 1970 április 22-én, amikor országszerte mintegy 20 millió fő (általános és középiskolások, egyetemisták, egyesületek tagjai) vett részt különböző rendezvényeken, felvonulásokon, és tiltakozott a környezet romlása, rombolása, a környezet károsítása ellen. A környezetvédelmi mozgalmak megjelenését e dátumtól számítják, s április 22 lett a **Föld Napja** (Earth Day), melyet azóta minden évben megtartanak. Húsz évvel később Hayes és barátai 1990-ben Kaliforniában létrehozták a Föld Napja Nemzetközi Hírközpontot, havonta hírleveleket küldenek szét a világ minden országába, melyekben felhívják a figyelmet a világ környezetvédelmi problémáira. Hatására hazánkban környezetvédők 1990-ben megalakították a Föld Napja Alapítványt a világméretű környezetvédelmi megmozdulások elősegítésére. Az Alapítvány eddig már két tucatnál is több könyvet jelentetett meg. A Time Magazine 2004-ben Denis Hayest a Föld hőségének (Hero of the Planet) nevezte.

**Rachel Louise Carson** (1907-1964) biológus, PhD-t zoológiából (állattan) szerzett. A Néma tavasz előtt már több könyvet is megírt, melyekkel az 1950-es évek elejére az Egyesült Államok legjobb és legismertebb

**bestseller tudományos írója** lett. Könyveit nem a szűk szakma, hanem a széles közönség számára írta, mindenki által érthető nyelven. Írásaiban a tényekhez ragaszkodott, de helyenként lírai hangvételt is megüt. Az olvasók tetszéssel fogadták a tudományos tények érthető magyarázatát. Rachel Carson egyértelműen tartott attól (amint írásaiból ez kiolvasható), hogy a **technológia jóval gyorsabban fejlődik, mint az emberiség felelősségérzete**, és a „hatalmától megrészegült emberiség minden jel szerint tovább és tovább merészkedik a saját maga és az egész bolygó megmérgezéséhez vezető kísérletei által” – ahogyan egy helyütt megfogalmazta. Mélyen hitt abban, hogy „**az emberi lények nem a természet urai**, hanem csupán részei annak; a részek fennmaradásához pedig az egésznek kell épnek és egészségesnek maradni”. A **Néma tavasz** 1962-ben jelent meg. E könyvvel szerzője világhírű lett, s részben meghozta a szakmai és a politikai elismerést is számára, alapvetően halálát követően. Sokan úgy gondolják, hogy e könyvnek köszönhető a környezettudatos közvélemény fokozatos kialakulása (az Egyesült Államokban mindenképpen), melynek hatására kezdett megváltozni az ember és a természet viszonya. Az emberek kezdtek felismerni, hogy nem a természet leigázására, inkább annak megértésére és megőrzésére kell törekedni. Ilyen értelemben tehát mindenképpen mérföldkőnek számít. A Néma tavasz a **növényvédő és a rovarirtó szerek (pl. a DDT) használatának döbbenetes következményeit mutatja be**, ismertetve a teljes láncfolyamatot, hiszen a rovarirtó szerekkel mérgezett rovarokat fogyasztó többi állat (pl. madarak, halak) is elpusztul vagy valamilyen módon károsodik, a szerek (részben a helytelen pl. a túlzott használat révén is) megmérgezik a talajt és a vizeket is. A Szerző felhívja a figyelmet arra, hogy ezek hosszú távú következményei nem ismertek, melyek **előbb-utóbb kihatnak az emberre is**, minthogy folyamatos kölcsönhatásban van környezetével. Megítélése szerint ennek oka döntően a **kormányzat „tudatlansága, hanyagsága”, felelőtlensége**, mivel megengedi, hogy e mérgező anyagok „minden feltétel és kikötés” nélkül olyan emberek kezébe kerüljenek, akik ezek veszélyességével nincsenek tisztában és gyakran nyakló nélkül kerül sor alkalmazásukra. Leszögezi, hogy „a tudomány és a technológia a vegyipar hasznéltségének és piaci ügyeskedésének kiszolgálója lett”, és a kormányzat ettől nem védi meg a társadalmat, holott ez kötelessége lenne. A körülményekhez fontos tudni, hogy a II. világháború után az Amerikai Egyesült Államokban a jólét egyik forrása a vegyipar lett, minthogy termékeivel a mezőgazdaság megszabadult a növényi kártevőktől, melynek eredményeként a mezőgazdaság termelékenysége rohamosan megnövekedett. Így tehát a vegyipar „nagy hatalom” volt! Ebből adódóan nem véletlen, hogy hamarosan „ellentámadásba” kezdett Rachel Carson ellen, személyét támadó külön kiadványok publikálásával is. A legfőbb vád persze csak az lehetett, hogy Carson a dolgoknak csak az egyik oldalát mutatja be, s nem beszél a kémiai anyagok jótékony hatásáról. A Néma tavasz felkeltette J.F. Kennedy (1917-1963) elnök figyelmét is, megjelenését követően sajtókonferencián méltatta tartalmát és felkérte tudományos tanácsadó bizottságát az állítások véleményezésére. A bizottság - vizsgálódásai alapján - a „perzisztens mérgező növényvédő szerek” alkalmazásának megszüntetését javasolta. Carson még sikerként élhette meg, hogy az USA Kongresszusa 1963-ban meghallgatta. Legfőbb elismerése, hogy szerzője sok évvel halála után 1980-ban Jimmy Carter elnöktől megkapta az Elnöki Szabadságérmét (Presidential Medal of Freedom) és 1999-ben a Time magazin a 20. század 100 legjelentősebb személyisége közé választotta. A Néma tavasz hatásának tulajdonítják, hogy már 1970-ben megalakult az Environmental Protection Agency (vagy röviden: EPA, az USA környezetvédelmi hatósága), és hatáskörébe került a növényvédő szerek használatának felügyelete is, a Mezőgazdasági Minisztériumtól (Department of Agriculture; DA). Az EPA a DDT használatát 1972-ben betiltotta.

**DDT:** a Néma tavasz által leggyakrabban említett vegyület a DDT (diklór-difenil-triklór-etán:  $C_{14}H_9Cl_5$ , vagy gyakran ebben a formában:  $(C_6H_4Cl)_2-CH-CCl_3$ ; 109 °C-on olvadó, szintelen, kristályos anyag; CAS száma: 50-29-3), mely egy **igen nagyhatású rovarirtó szer**. Először 1874-ben állította elő Othmar Zeidler német vegyész, de rovarölő tulajdonságát csak 1939-ben fedezte fel Paul Herman Müller svájci kémikus, melyért 1948-ban megkapta az **orvosi Nobel díjat**. Müller felismerte, hogy ez a már régen ismert vegyület még nagy hígításban is hatásos kontakt (vagyis érintéssel ható) mérgező rovarokra, s ráadásul – akkori vizsgálatait szerint – a meleg vérű állatokra és az emberre teljesen ártalmatlan. A DDT kémiaiilag egyszerű, olcsón előállítható és hatása hosszú ideig megmarad (ami akkor még előnyként jelent meg). Ez igen jókor jött, minthogy szerepet játszott a Szövetségesek győzelmében is (ez volt a Gesarol), mert segítségével elpusztíthatók voltak a tífuszt terjesztő tetvek. Egyik igen látványos alkalmazására Nápolyban adódott lehetőség 1944-ben, ahol a Szövetségesek tífuszjárvány kitörésétől tartva a hadsereg mellett a lakosságot is „bepúdereztek” vele, és így sikerült a járvány kitörését megakadályozni. Hasonló alkalmazásra került sor Németországban is. A háború vége felé az újoncokat is így kezelték, a tengerentúlra hazaindulók fehérneműit DDT-vel itatták át. A II. Világháború alatt tehát a hadsereg használta (először 1942-ben) közegészségügyi célokból a bolhák és a tífusz ellen. Csodálatos hatásával kapcsolatos lelkesedés a háború után sem szűnt meg, ekkor a **tífuszt, a pestist, a maláriát és a sárgalázat terjesztő tetvek, bolhák és szúnyogok ellen használták**. Még az istállók falát is bepermetezték vele, hogy kiirtsák a legyeket és a kórokozó baktériumok hordozóit. Ezzel becslések szerint az egész világon életek millióit mentették meg, mivel pl. a fejlett világban a maláriás megbetegedések száma 1950-re gyakorlatilag nullára csökkent. Tehát a **közegészségügyi felhasználás** rendkívül **hatásos és látványos volt**. A második világháborút követően a fejlett országokban főleg növényvédő szerként használták, Európában (így hazánkban is) pl. az USA-

ból behurcolt kolorádóbogár (krumplibogár) ellen, az USA-ban pl. az Argentínából behurcolt tűzhangyák vagy az Európából behurcolt gyapjaslepke ellen, de más rovarok ellen is. Nem véletlen, hogy az 1960-as évek végéig szinte **csodaszerként** kezelték.

Lassanként azonban rájöttek arra, hogy a DDT kezdetben előnyösnek vélt tulajdonságai nem is olyan előnyösek. **Kiderült, hogy nem szelektív hatású**, a káros rovarok mellett válogatás nélkül a hasznosakat is elpusztítja, ezzel ökológiai zavarokat, károkat okoz. A legkedvezőbbnek vélt tulajdonsága – vagyis hogy nem illékony és a természetben hosszú ideig nem bomlik le – rendkívül hátrányos, hiszen a kipermetezett DDT a talajvízbe majd a folyókba, illetve esővízzel a folyókba és tavakba, majd innen még a mélytengerekbe is kerül, ott az algákban felhalmozódik és pusztulásukhoz vezet, onnan a tápláléklánccal a halakba, majd a madarakba kerül, bennük felhalmozódik és elpusztulásukhoz vezethet, vagy legalább szaporodásukat gátolhatja. Lényegében a tápláléklánc magasabb fokán álló állatok elfogyasztják a tápláléklánc alacsonyabb fokán találhatóakat, így a DDT **a ragadozók (beleértve az embert is) zsírszöveiben felhalmozódik**. Ezt írta le nagyon szemléletesen és meghökkentően a Néma tavasz. Az Amerikai Egyesült Államokban egyes tudósok lényegében már az 1940-es évek második felében felfigyeltek a DDT által okozott problémákra és az 1950-es években a kormányzat szigorította is felhasználását, de ez egészen 1957-ig igen kevés figyelmet kapott. Ebben az évben a New York Times írt a problémáról, mely felkeltette Rachel Carson figyelmét, s ez végül a Néma tavasz megírásához vezetett. A közegészségügyi alkalmazás során azt is tapasztalták, hogy a maláriaszúnyogok rezisztenssé váltak a DDT-vel szemben, így hatásossága csökkent. A DDT-rezisztenciát alapvetően a túlzott mezőgazdasági használatnak tulajdonítják. Megjelenését az emberi szervezetben is kimutatták (l. a POP vegyületeknél), ahol több káros hatás forrásává vált. A DDT tehát sokoldalú rovarölő szernek bizonyult, mely viszonylag olcsón volt gyártható és tartósan megmarad a környezetben. Felezési ideje (vagyis az az időtartam, mely alatt a vegyület fele elbomlik, degradálódik) talajban 2-15 év között változik, vizes környezetben akár 150 év is lehet, az emberi szervezetben 6-10 év között változik (könnyen számítható: ötszörös felezési idő után is az eredeti anyag mennyiségének még közel 3 %-a jelen van a környezetben). A **problémát** végülis ez a **stabilitás okozza**, ugyanis az elpusztult vagy éppen vergődő rovarokat fogyasztó más élőlényekben (pl. halak, madarak) **felhalmozódik**, a táplálékláncon keresztül átkerülhet az emberbe is. Mivel a **zsírokban igen jól oldódik, így a rovarok, a vadon élő állatok és az ember zsírszöveiben felhalmozódik** (az emberi test tömegének átlagosan 18 %-a zsír). A lakosság körében **szerte a világon még most is kimutatható a DDT jelenléte a zsírszövetben, a vérben és az anyatejben**. Lehetséges rákkeltő hatású. Ezek a tapasztalatok vezettek végül a DDT **betiltására** több országban. Gyártását, behozatalát és felhasználását **elsőként hazánkban tiltották be** 1968. január 1.-től, de a legyártott készletek felhasználása még 1970-ig engedélyt kapott. Norvégia és Svédország 1970-ben, az Egyesült Államokban az EPA 1972-ben tiltotta meg alkalmazását, de pl. Nagy-Britanniában csak 1984-ben. Adatok szerint ma már csak India, Kína és Észak Korea gyártja.

A DDT **rovairtó szerként verhetetlen**, még egyetlen más szer sem vette fel vele a versenyt, hatása tartós és olcsó, és ezek komoly érvek. Jelentős költségmegtakarítást jelent, ha évente csak egyszer kell kiszórni, míg a helyettesítő anyagokat akár háromszor-négyszer is. Nem szabad arról sem megfeledkezni, hogy a malária főleg a szegény országokat sújtja, jelentős gazdasági kárt is okozva, hiszen a betegséggel kapcsolatos egészségügyi kiadások nemzeti össztermékük jelentős részét emésztik fel. Így több szegényebb ország ismét beveti vagy tervezi bevetni a DDT-t a malária ellen, kiemelten afrikai államok, minthogy a malária áldozatainak 90 %-a afrikai. Ezt támogatja az Egészségügyi Világszervezet (WHO) és az USA Nemzetközi Fejlesztési Ügynöksége (U.S. Agency for International Development: USAID) is. A DDT rovarirtó hatása mellett **rovarrisztóként** is működik, ezért a házfalakat porozzák be vagy épületen belül használják, amellyel csökkenthető az emberre és a környezetre gyakorolt káros hatás. Felhasználásához az is fontos, hogy „illetéktelenek” ne jussanak hozzá és ne használhassák ellenőrzés nélkül (pl. gazdálkodók)! E célra évente 4-5000 tonnát használnak fel, pl. Indiában, a dél-afrikai államokban, egyes dél-amerikai államokban stb. A várakozások szerint a felhasználók köre és így esetleg a felhasznált mennyiség is emelkedni fog.

A DDT mezőgazdasági felhasználását a **Stockholmi Egyezmény** (l. lejjebb) tiltotta be, megengedve korlátozott használatát kóros betegségek (pl. malária) megakadályozására. A Stockholmi Egyezmény tehát elismeri, hogy a malária által sújtott országokban a DDT teljes kiküszöbölése lehetetlen, amíg nincs más megfelelően hatékony és nem túlzottan költséges szer. Becslések szerint 1950 és 1980 között, amikor a mezőgazdaság igen elterjedten használta, a világon éves átlagban 40 ezer tonna DDT-t állítottak elő (pl. Gesarol, Neocid stb. márkanéven), 1940-et követően összesen felhasznált mennyiségét 1.8 millió tonnára becsülik. Magyarországon is gyártották többféle márkanév alatt (pl. Matador). Világszerte ma évente 4-5000 tonna DDT-t használnak fel, elsősorban maláriaszúnyogok ellen, de növényvédőszerként is alkalmazzák (pl. Kína).

**Hazánkban** az Országos Élelmezés és Táplálkozástudományi Intézet 1960. óta végez vizsgálatokat az emberi zsírszövetek DDT tartalmára. Az eredményekből az látszik, hogy **korai betiltása ellenére a DDT a mai napig jelen van a hazai lakosság zsírszöveiben és az anyatejben is**. Az adatsorok szerint az 1970-es években Magyarország az erősen szennyezett országok közé tartozott (Costa Rica, India, Izrael és Zaire tartják a világcúcsot), ma már azonban a szint a fejlett országokban tapasztalt értékekre vagy az alá csökkent.

**POP vegyületek** (Persistent Organic Pollutants): ezek az anyagok környezeti körülmények között **igen nagy fizikai és kémiai stabilitással bírnak**, fényvel, hővel, nedvességgel szemben jól ellenállnak, tehát **a környezetben tartósan megmaradnak, tartósan szennyező szerves vegyületek**, így rövidítésükre a **TSZSZ** is szolgál, de a **perzisztens vegyületek** elnevezéssel is találkozunk. Ilyen vegyület a Néma tavasz által leggyakrabban idézett **DDT** is. Ezek szintetikus anyagok, melyek gyártása az 1920-as években kezdődött, használatuk az 1940-1950-es évekre általánossá vált, s ma már sokezer szintetikus anyag vesz körül bennünket és már negyedik generáción át hatnak életünkre. **Sok közülük ártalmatlan (vagy ma még így tudjuk)**, de több rákkeltő, májkárosító hatású, idegrendszeri, szaporodási vagy immunrendszeri betegséget okoz. Így tehát a **kémiának áldásos eredményei mellett hátrányai is vannak**, melyekért időközönként nagy árat kell fizetnünk. Különös veszélyességükre tekintettel 2001. május 22-én Stockholmban nemzetközi egyezményt írtak alá korlátozásukra, mely 2004. május 17-én emelkedett jogerőre (50. elfogadó állam nyilatkozata után 90 nappal, mely Franciaország volt, de ma már 160 állam ratifikálta). Ez a **Stockholmi Egyezmény** vagy Stockholmi Konvenció. Az Egyezmény célja a vízbe, a talajba, a levegőbe és a hulladékokba kerülő POP vegyületek kibocsátásának szabályozása. E vegyületekre kivétel nélkül érvényesek a következő sajátságok: erősen mérgezőek; perzisztensek, így évekig, sőt akár évtizedekig is eltart, amíg kevésbé veszélyes anyagokká lebomlanak; párolgásuk révén a légáramlatokkal és a vízáramlatokkal messzire sodródnak (akár több ezer kilométerre is) és a zsírszövetekben felhalmozódnak, onnan nehezen távoznak. Fontos sajátosságuk az is, hogy a **táplálkozási láncban feldúsulnak**, ezért az ún. csúcspozíciók (ragadozó halak, madarak, emlősök, természetesen ideértve az embert is) szervezetében akár többeszeres koncentrációban jelennek meg. E vegyületek az anya szervezetéből az anyaméhben fejlődő magzatba és az anyatejjel táplált csecsemőbe továbbjutnak, tehát a legérzékenyebb fejlődési folyamatban károsítanak. Mivel sokezer kilométert képesek „utazni”, a sarkokra is eljutnak, illetve egyik földrészről a másikra, tehát ott is képesek káros hatásukat kifejteni, ahol pl. nem vagy már nem alkalmazzák őket (mert pl. nincs mezőgazdasági termelés). Az Egyezmény felsorolja azt a 12 különösen veszélyes szerves anyagot (az ún. **piszkos tizenkettő**), amelyek előállítását és felhasználását tiltja vagy korlátozza. Ez a 12 anyag: aldrin, klórdán, dieldrin, endrin, heptaklór, hexaklórbenzol (HCB), mirex, toxafén, **DDT**, PCB-k, dioxinok, furánok. Ezek közül a **Néma tavasz hatot említ!** Az Egyezmény 9 anyag előállítását tiltja és felhasználását csak kivételes esetben engedélyezi, a DDT tekintetében előállítását és felhasználását korlátozza, mely szerint a betegségek közvetítő állatok (vektorok) elleni küzdelem céljára gyártható és felhasználható, míg három vegyület esetében felhasználásuk csökkentését illetve megszüntetését sürgeti. A Stockholmi Egyezmény több más nemzetközi egyezményhez csatlakozik (közülük többet említeni fogunk később). A teljesség miatt megjegyezzük, hogy a 2003-ban aláírt **Aarhusi Jegyzőkönyv** további négy vegyületszámot sorol a POP vegyületek közé, melyek: klórdekon, hexabór-ciklohexán (HCH), hexabrom-bifenil (HxBB) és a policiklikus aromás szénhidrogének (PAH). A Stockholmi Egyezmény a tagállamok részére **Nemzeti Intézkedési Terv** (NIT) kidolgozását ajánlja, melynek benyújtási határideje Magyarország számára 2010. június 12. Az eddigi vizsgálatok azt mutatják, hogy  **hazánkban a POP anyagok kibocsátása nemzetközi összehasonlításban alacsony**, melynek legfőbb oka a szilárd tüzelésű energiatermelés alacsonyabb részaránya (nagy a gáz- és az atomenergia részaránya, melyek nem járnak POP kibocsátással).

Az ENSZ is felfigyelt a környezetkárosító, környezetkárosodással járó jelenségekre és egyre jobban aktivizálódott. **U Thant**, az ENSZ akkori főtitkára már az **1968-as közgyűlésen** kifejtette, hogy olyan **új jelenségek vannak kibontakozóban**, amelyek **globális veszélyt jelentenek** az emberiségre, s ezek a **környezet romlása** (degradálódás) és **szennyezése**. A főtitkár sürgette, hogy az ENSZ mielőbb szervezzen világkonferenciát erről a témáról, melynek helyét és időpontját hamarosan kitűzték (l. később a stockholmi konferenciát). Az **UNESCO** (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; ENSZ Oktatási, Tudományos és Kulturális Szervezete) **1970 októberében** elfogadta az „**Ember és bioszféra**” programot, több éves előkészítő munka után. Ebben alapvetően azt vizsgálták, hogy az egyes éghajlati övezetek - mint például trópusi erdők, mérsékelt égövi erdők, szavannák és füves területek, hegyi ökoszisztémák, illetve tavak, folyóvizek, tengerparti övezetek, szigetek stb. - élővilága és az emberi tevékenység között milyen kölcsönhatások alakulnak ki.

Tudományos területen a „vészharangot” először a **Római Klub** kongatta meg az 1972-ben kiadott „**A növekedés határai**” (The Limits to Growth) című tanulmányával, melyet ekkor nagyrészt elutasított a „vezetők világa”. A Klub abból indult ki, hogy „**a világot félelmetes gondok gyötrik, de nem nézünk szembe velük, nem derítettük ki az okokat, márpedig elemző vizsgálat nélkül terápiát sem tudunk kidolgozni**”, s azt állította, hogy „**az emberiség életveszélybe került.**” (Peccei, 1984.)

**Római Klub:** független szervezetként, 1968 márciusában alakította néhány hosszabb távon gondolkodó „humanista beállítottságú társadalomtudós, közgazda, pedagógus és döntéshozó” „a létező legősibb akadémia, a római Accademia dei Lincei falai között”, ahogyan ezt **Aurelio Peccei** (1908-1984), a Klub első elnöke (és egyik alapítója) később megfogalmazta. A Római Klub lényegében egy globálisan gondolkodó elit értelmiség vitafóruma volt, szigorúan zártkörű tagsággal, tagjainak száma legfeljebb 100 fő lehetett. Peccei a következőket írta még „... sok mindent nem lehetett tisztán látni ... de egyvalamit kristálytisztán láttunk: azt tudniillik, hogy **az emberiség ügyeit rosszul intézik és ezen halaszthatatlanul szükséges változtatni.** Felismertük, hogy az erkölcsi és a bölcséleti alapokat, amelyekre a társadalom épül, szintén újra kellene gondolni és célszerű átalakítani, ami pedig **az egyén és a közösség magatartását** illeti - a legkisebttől a világközösségig bezárólag -, **sürgősen összhangba kell hozzuk a való világgal.**” (Peccei, 1984. 71. oldal) A Római Klubot azzal a céllal alapították, hogy feltárja az emberiséget fenyegető veszélyeket, a globális problémákat. A Klub **vizsgálódásai középpontjában tizenkét témakör állt:** gazdasági fejlődés, foglalkoztatás, közoktatás, élelmezés, egészségügy, vízellátás, környezet, nyersanyag, energia, népesség, lakás, városi életkörülmények.

A Római Klub égisze alatt publikált első mű „**A növekedés határai**” címmel jelent meg, melyet a Massachusetts Institute of Technology (MIT) 16 fős munkacsoportja szerkesztett, Dennis L. Meadows irányításával (Meadows et al., 1972). A tanulmányban a szerzői kollektíva öt kérdést elemzett:

**a népesség létszámának alakulását 2100-ig,  
a fosszilis energiák felhasználását,  
az ipari - és a mezőgazdasági beruházásokat,  
az egy főre jutó termékmennyiséget és  
a környezetszennyezést.**

A szerzők megállapították, hogy a népesség létszáma és a tőke folyamatosan növekszik, mely önmagát erősítő folyamattá válhat. Kimutatták a gazdasági növekedést gátló tényezőket (környezetszennyezés, fajlagos élelmiszertermelés csökkenése stb.), rámutattak ezek fokozódására és arra, hogy ez elvezethet a Föld eltartó képességének csökkenéséhez, az ellenőrizhetetlen hanyatláshoz. A jelentés sok gondot sorolt fel, közöttük kijelentve, hogy „romlik a természeti környezet”, a természet regenerációs képessége véges, s „már nem képes megemészteni, helyrehozni” azokat a károkat, amelyeket az ember okoz, s ezekre a társadalom késve reagál. A kiadvány szerint globális változásokat 1900 óta az alábbi tények jelzik:

- a Föld lakóinak száma megháromszorozódott;
- a világgazdaság húszszorosára növekedett;
- a fosszilis (ásványi eredetű) energiahordozók fogyasztása harmincszorosára nőtt,
- az ipari termelés ötvenszeresére nőtt,

s e változások négyötöde 1950 után következett be. Fel kell ismerni tehát, állították, hogy feléljük az ásványi vagyont, rongáljuk a környezetet. Foglalkozni kell azzal is, hogy ma mintegy 5 milliárd ember él a Földön, de ma holnap 8-10 milliárd. Képes-e eltartani ekkora lélekszámot a Föld? A szerzők **arra a következtetésre jutottak, hogy a 21. század közepére globális környezeti katasztrófa léphet fel, kimerülnek a természeti erőforrások, drámai módon megnövekszik a környezet szennyezettsége, és a Föld rohamosan növekvő lakosságát egyre nehezebb lesz megfelelő mennyiségű és minőségű élelemmel, ivóvízzel ellátni.** Mindennek elkerülésére **kidolgozták a globális egyensúly koncepcióját, amely szerint sürgősen csökkenteni kell a népesség növekedését, korlátozni kell az ipari termelést és a meg nem újuló természeti erőforrások felhasználását.**



Tehát a Föld, az emberiség jövőjével kapcsolatos **felelős gondolkodást a Római Klub indította el**, mellyel „**figyelmeztetett, rámutatott a növekedés korlátaira, hozzálátott, hogy felmérje a világ problémáit**”. Hangsúlyozni kell, hogy a könyv nem „mondta” meg pontosan, mi történik, ha a fogyasztás módja és a népességnövekedés mértéke változatlan marad, de azt **állította, hogy a világ a következő (vagyis a jelenlegi) évszázadon belül eléri lehetséges határait**, mely élelmiszerhiányhoz és erőforráshiányhoz vezet 2100 előtt. Még igen messze vagyunk ettől az időbeli határtól, de nem lehet nem észrevennünk, hogy a Római Klub borulátásának több tényezője „megvalósult” (kiemelten a környezet szennyezésének fokozódása)!

Aurelio Peccei később így írt erről: „Felsorolni is elég a gondokat, annyi van és annyi féle, a népesség fékevesztetten szaporodik, a népek között szakadások és szakadékok támadtak, nem érvényesül a társadalmi igazság elve, rengetegen éheznek vagy rosszul tápláltak, nagy a szegénység, sok a munkanélküli, az emberek megőrülnek az anyagi növekedésért, miközben fulladoznak az inflációban, válságos a gazdaság állapota, az energiahelyzet nem kevésbé, működési zavarokkal küszködik a demokrácia, hajmeresztő méretű az írástudatlanság, anakronisztikus a közoktatás, lázadozik a fiatalság, lábbal tiporják az emberi jogokat ... korrumpálódik a politika, rohamléptekben halad előre a bürokratizálódás és a militarizálódás, romlik a természeti környezet, elvadulnak az erkölcsök, egyre több embert fog el a kétségbeesés és a bizonytalanság érzése. Mindez külön-külön is nagy és szaporodó gond, hát még, hogy kölcsönhatásban vannak egymással.” (Peccei, 1984. 64. és 65. oldalak).

„A növekedés határai” **javaslatai** nagyrészt és egyoldalúan **a gazdasági növekedés (ipari termelés) korlátozására irányultak**. Főleg ebből adódóan a fejlődő országok politikusai és tudósai általában ellenérzéssel fogadták e javaslatokat, melyet még az is tetézt, hogy egy ismeretlen holland szerző egy kiadványában (Ellen-Római Klub) a **zéró növekedés** elméletének a megfogalmazásával vádolta meg (a Klub elnöke ezt primitív értelmezésnek nevezte), holott e kifejezés „A növekedés határai” könyvben sehol sem szerepel, csak ennek korlátozására vonatkozó gondolat (l. előbb a globális egyensúly koncepciót). Így tehát - minden alap nélkül - úgy tekintettek a könyvre, mint amely megalapozta a zéró növekedés elvét. A **fejlődő világ esetében** mindez egyenlő lett volna **a szegénység és az elmaradottság megőrzésével**. E nézeteket a fejlett országok politikusai, közéleti személyiségei sem fogadták el. Mindez akkor történt, amikor a világ legtöbb országa igen **siker**es „**hatvanas**” éveket zárt. A „**döntéshozók**” (politikuskok) elismerték ugyan, hogy **vannak aggasztó gondok**, de kijelentették, hogy **hasonló helyzetben már többször volt az emberiség, ennek ellenére fejlődése mégis töretlen**. Erős volt a hit abban, hogy a nyugati típusú gazdaság (azaz: kapitalizmus) egy újabb 1929/1933-as típusú visszaesést képes lesz elkerülni a kormányok gazdasági beavatkozásával. Feltételezték, hogy a nyugati típusú gazdasági növekedés alkalmazható a harmadik világ országaira, egyszerűen csak a hidegháborút kell megnyerni, és ezzel az egész világ jövője biztosított. Nem igen fordítottak figyelmet a gazdasági növekedés környezeti következményeire, ezt nem tartottak súlyos problémának. Ahogyan ma megfogalmazzák: a kapitalisták úgy vélték, hogy a piac megoldja a környezeti problémákat (pl. ha az erőforrások felhasználása túl gyors lesz, az árak előbb-utóbb bekövetkező növekedése ezt visszafogja), a marxisták pedig a technológia, a technika mindenhatóságában bíztak. Végül is **mindkét politikai rendszer vezetői továbbra is kitarítottak amellet, hogy a gazdasági növekedés az egyetlen lehetséges jó dolog, a környezeti következmények pedig adminisztratív, jogi és technológiai intézkedésekkel megoldhatók**. Minden kritika ellenére a **jelentés** óriási érdeme, hogy **felrázta a világ felelősen gondolkodó részének lelkiismeretét**, vitákat gerjesztett a további útkeresés, a méltányos, történelmileg is igazságos megoldások érdekében. Feltehetően a jelentésnek tulajdonítható egy megváltozott gondolkodási mód kialakulása is! E szerint még mindig a piacgazdaság a legjobb út a gazdagság megteremtésére, ezért aztán mindenkit arra sarkall, hogy önmaga vegye kézbe saját boldogulását, de kiemeli, hogy **a piacgazdaságot nem a környezet védelmére teremtették. Tehát erre kellene más eszközök is!**

Erre az „elutasító” magatartásra meglepő „válasz” volt az **1973-as olajválság**, amikor a nyersolaj ára a világpiacon szinte egyik napról a másikra négyszeresére ugrott, mely megrendítette az addig jellemző derülátó becsléseket a jövőre és a világ gazdasági fejlődésére vonatkozóan.

Erről az időszakról Aurelio Peccei a következőt írta később: „**A hatvanas évek telítve voltak illúziókkal.** Az emberek úgy gondolták, hogy **korlátlan energiaforrásoknak** jutottak a birtokába és életüket saját ízlésük szerint rendezhetik be. Sajátos részegség fogta el őket annak láttán, hogy elfogadható áron ömlött az olaj és az érdekeltek váltig mondogatták, hogy ez mindig így lesz, ezután könnyű volt a világot rózsaszínű szemüvegen keresztül látni. Úgy tűnt, hogy már-már megvalósult a fogyasztói társadalom, s előbb-utóbb nem marad igény kielégítetlenül. A gazdaság növekedett, és úgy látszott, hogy a gyors növekedési ütem évtizedekre biztosítva van. ... A jövőkutatók olyan jövőt helyeztek kilátásba, hogy a szüntelen népszaporulat sem okoz majd semmiféle gondot. ... a földkerekség népessége hamarosan eléri a 20 milliárd főt és az egy főre jutó évi jövedelem nem lesz kevesebb 20 ezer dollárnál ... Az ábrándképek kergetői semmi mást nem akartak meglátni, csak a kedvező tényeket. ... senkit nem környékezett meg a kétely, hogy ezt a **bőséges örökséget el is lehet herdálni** ... Az embereknek meggyőződésükké lett, hogy a Földből meríthető természeti erőforrások szinte kimeríthetetlenek, illetve szaporíthatók ... helyettesíthetők. Eufórikus évek voltak ezek anélkül, hogy bárki felfigyelt volna rá, milyen mélyről tör elő a bomlás és a világnak milyen nagy részére terjed már ki.” (Peccei, 1984. 64. és 65. oldalak).

Lényegében bizonyos szempontból ezt erősíti **Brundtland** asszony is, aki a következőket írta 1983-ban az ENSZ Közgyűlése részére készített jelentés elnöki előszavában: „Az 1960-as évek az optimizmus, a fejlődés időszaka volt, nagyobb volt a remény egy boldogabb világ és haladó nemzetközi eszmények elérésére. Természetes erőforrásokkal megáldott új, független államokká alakultak a volt gyarmatok. Az együttműködés és a megosztás eszményét valóra akartuk váltani. Paradox módon a 70-es években lassanként a visszalépés és az elszigetelődés vált jellemzővé, miközben ENSZ-konferenciák sora próbált együttműködést elérni a fő kérdésekben.” (Brundtland, 1987.)

Aurelio Peccei a **könyv fogadtatásáról** a következőképpen ír: „leleplezni az anyagi növekedés mítoszát és kesztyűt dobni a fogyasztás elvét valló társadalom arcába bátor tett volt. A könyv meg is kapta a magáét, eretneknek, botrányosnak bélyegezték, heves bírálatok és tiltakozások keresztüztüzebe került. Ettől függetlenül azonban az a figyelmeztetés, amelyet tartalmazott, nagyon is szükséges és jótékonyan időszerű volt.”, míg hatásáról a következő mondatot idézzük: „**Ma már alig akad valaki, aki a 60-as években olyannyira divatos „növekedés, tekintet nélkül mindenre” elvnek a pártját merné fogni.**” (Peccei, 1984. 135. oldal).

Aurelio Peccei tiltakozott az ellen, hogy a zéró növekedés elméletét a Római Klubnak tulajdonították! Azt írta, hogy a „gát nélküli növekedés hívei szellemi terrort alkalmaztak a Római Klubbal szemben, azzal vádolva, hogy a zéró növekedés hívei. Semmit sem értettek meg, sem a Klub, sem a növekedés természetét. A zéró növekedés annyira primitív, mint a végtelen növekedés. Felfogásbeli nonszensz egy élő társadalomban.”

**1972 júniusában** szervezték meg az **Egyesült Nemzetek Konferenciáját az Emberi Környezetről** (röviden: **Stockholmi Konferencia** a környezet védelméről), melyen a legfőbb kérdés a gazdasági növekedés környezeti hatása volt. A **Konferencia alapvető céljai** a következők voltak:

- **a kormányok, a nemzetközi szervezetek és a közvélemény elé tárni környezetünket fenyegető környezeti veszélyeket,**
- **bemutatni és tudatosítani a környezeti veszélyek nemzetközi (átfogó, globális) jellegét,**
- **jogi, ill. gazdasági intézkedések kidolgozását ösztönözni, ill. kezdeményezni a környezeti veszélyek és a problémák megoldására és/vagy megelőzésére.**

A konferencia iránt nagy volt az érdeklődés, a tanácskozáson **113 tagállam** képviselője vett részt, jelentős számban képviseltették magukat mind a fejlett, mind a fejlődő államok. A konferencia elsősorban a természeti és az épített környezet (levegő, víz, talaj, élővilág, táj, települések) problémáira koncentrált. Szóba kerültek az emberiség egyéb súlyos gondjai is, mint például a gazdasági és technológiai szakadék a fejlődő és a fejlett országok között, a

globális nukleáris katasztrófa lehetősége, a fegyverkezés és a helyi háborúk környezeti hatásai. **A gazdasági növekedés tekintetében élesen szembekerültek a fejlett és a fejlődő országok nézetei.** A **fejlett országok** a környezeti kérdéseket a társadalmi-gazdasági kérdésektől függetlennek tekintették, s azt hangsúlyozták, hogy **a környezeti problémák gyökerei azonosak** és az ezekből eredő problémákat a fejlődő országok anyagi eszközök híján, ill. technikai elmaradottságuk miatt önmaguk nem képesek megoldani, tehát **nemzetközi együttműködésre van szükség.** A **fejlődő országok** viszont a környezeti problémákat csak az **ipari környezetszennyezés** szempontjából közelítették meg, melyeket az egyenlőtlen gazdasági erőviszonyoknak és a szegénységnek tulajdonítottak, s kinyilvánították, hogy az iparosítás előnyeiről saját életszínvonaluk növelése, ill. a szegénység csökkentése, felszámolása érdekében nem szándékoznak lemondani. A fejlődő országok elutasították a növekedés korlátozását, mivel véleményük szerint ez csak a fejlett országok kiváltságos helyzetét biztosítaná és saját elmaradottságukat konzerválná. A konferencia végül kompromisszummal záródott, melyben a résztvevők elhatárolódtak a növekedésellenes elméletektől és **négy alapokmányt fogadtak el:**

- **Nyilatkozat az emberi környezetről** (figyelmeztet a technika helytelen felhasználásának veszélyeire, s nemzetközi együttműködést sürget a problémák megoldására);
- **Nyilatkozat az irányelvekről** (a környezetvédelem 26 ún. „időtálló” irányelvét rendszerezi és rögzíti, melyből hét a fejlődő országoknak nyújtandó tudományos, műszaki és pénzügyi támogatásra vonatkozik);
- **Akció-program javaslat** (109 konkrét feladatot tartalmaz, melyek hat fontos területet fognak át: a természeti erőforrásokkal való gazdálkodás; az emberi települések környezetvédelme; a nemzetközi hatósugarú szerződések azonosítása és ellenőrzése; a tengerek ellenőrzése; a környezetvédelem pedagógiai, szociális, kulturális kérdései; gazdaságfejlesztés és környezetvédelem);
- **Szervezeti intézkedések:** létrehozták az ENSZ önálló szakosított szervezetét, az „**Egyesült Nemzetek Környezetvédelmi Programja**” elnevezéssel (United Nations Environmental Programme - UNEP), s június 5.-ét, a konferencia első napját **Környezetvédelmi Világnap**-pá nyilvánították.

A **Környezetvédelmi Program** önálló nemzetközi környezetvédelmi programok szervezése mellett összehangolja és szervezi az ENSZ szervezetek környezetvédelmi jellegű tevékenységét, ellenőrzi és értékeli a környezeti és a természeti erőforrások állapotát és rendszeresen beszámol erről az ENSZ Közgyűlésének. A szervezet támogatja a környezet és a természeti erőforrások védelmét, a tudományos és műszaki kutatásokat, valamint szabványokat, követelményeket és mutatókat dolgoz ki a környezet állapotának ellenőrzésére és megóvására. Fontos programja a Földfigyelő (Earthwatch) rendszer működtetése, amely bolygónk globális állapotát és annak változásait rögzíti, értékeli és megállapítja a változások tendenciáit. Politikáját a Közgyűlés által három évre választott Kormányzó Tanács hangolja össze. Központja Nairobiban van, de hivatala működik pl. Genfben is.

A **Konferencia** nagy hatással volt a környezetvédelem alakulására az országok igen jelentős részében, melynek **nyomán létrehozták az állami környezetvédelmi szervezeteket** - hivatalokat, minisztériumokat. Hazánkban (bár diplomáciai okok miatt magyar delegáció nem volt jelen a Konferencián) 1977-ben megalapították az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatalt államtitkár vezetésével, az 1962-ben felállított Országos Természetvédelmi Hivatal és az 1974-ben alapított Országos Környezetvédelmi Tanács Titkárságának összevonásával. Ez volt Magyarországon az első környezetvédelmi főhatóság, kormányzati szerv. Önálló felügyeleti minisztérium 1987-ben jött létre először.

A stockholmi konferencia után egyre jobban felismerték, hogy a **környezetvédelmi problémákat önmagukban nem lehet megoldani**, hanem együtt kell kezelni őket a gazdasági tevékenységgel, vagyis a **környezetpolitikát és a gazdaságpolitikát össze kell hangolni**. E gondolat nyomán kezdett kialakulni egy **új gondolkodási mód**, melyet **fenntartható fejlődésnek** neveztek el. A **környezet és a fejlődés** (angolul: environment and development) **fogalma fokozatosan összekapcsolódott**.

A környezetvédelmi kérdések kezelésére jelentős hatást gyakorolt a **Helsinkiben 1975 augusztusában** megtartott **Európai Biztonsági és Együttműködési Értekezlet** is, melyen 33 európai ország, az Egyesült Államok és Kanada, valamint az ENSZ vett részt. A Konferencia záróokmányát aláírók vállalták Európa és a világ biztonságának, beleértve a környezet biztonságának garantálását. A Helsinki Értekezlet szellemében tartották meg az **I. Összeurópai Környezetvédelmi Tanácskozást Genfben 1979 novemberében**, melyen aláírták a „**Nagy távolságokra jutó, országhatárokon áttérjedő légszennyezés korlátozásáról**” szóló egyezményt (**Genfi Egyezmény**, Genfi Konvenció). Ez az első olyan nemzetközi megállapodás, mely regionális megoldást keresett a légszennyező anyagok környezetre és emberre gyakorolt káros hatásainak megelőzésére. Az egyezményt az európai országok, Kanada és az USA írták alá. A tanácskozáson elfogadták a hulladékszegény technológiák alkalmazásáról és a hulladékok hasznosításáról szóló egyezményeket is (1983 márciusában léptek hatályba). A Genfi Egyezmény a kibocsátások csökkentésére konkrét előírásokat nem tartalmazott, ezek külön jegyzőkönyvekben kerültek megfogalmazásra. Alapvető fontosságú volt az a jegyzőkönyv, melynek keretében Európa területén mintegy **100 mérőállomásból álló rendszert építettek ki** a nagy távolságra eljutó légszennyező anyagok koncentrációjának, ülepedésének, a csapadékvíz kémiai összetételének és a meteorológiai jellemzőknek a mérésére (European Monitoring and Evaluation Programme: EMEP). Az európai térségben a környezetvédelmi tevékenység szervezésével az ENSZ **Európai Gazdasági Bizottságát** bízták meg (United Nations Economic Commission for Europe: UNECE). A savasodás csökkentése érdekében elsőként a **kén-dioxid kibocsátás** csökkentését előíró megállapodás aláírására került sor **1985-ben, Helsinkiben (Helsinki Jegyzőkönyv)**. A megállapodásban - melyet 21 ország írt alá, köztük Magyarország - az aláírók vállalták, hogy 1980. évi szinthez képest 1993-ig 30 %-kal csökkentik a kén-dioxid kibocsátást. Később látni fogjuk, hogy hazánk teljesítette a vállalt kötelezettséget, mely döntően a Paksi Atomerőmű üzembe állításának a következménye, de kétségtelen, hogy ehhez valamelyest hozzájárult az ipari termelés nagymértékű csökkenése is az 1990-es évtized elején. A megállapodás folytatását jelentette a „Jegyzőkönyv a kénkibocsátás további csökkentésére”, melyet **1994-ben Oslóban** fogadtak el (**Oslói Jegyzőkönyv**). A jegyzőkönyv ugyancsak az 1980-as évhez viszonyítva 2000-ig 45 %-os, 2010-ig 60 %-os kén-dioxid kibocsátás csökkentést irányzott elő. E jegyzőkönyv előkészítése során fogalmazódott meg az a gondolat, mely szerint a kibocsátások kötelező csökkentésén kívül **kötelező érvényű kibocsátási határértékeket** is meg kell fogalmazni. A nemzetközi együttműködések sorában sor került a nitrogén-oxidok kibocsátásának korlátozására vonatkozó megállapodás aláírására is **1988-ban, Szófiában (Szófiái Jegyzőkönyv)**, melyhez Magyarország 1989-ben csatlakozott. A megállapodás előírta a **nitrogén-oxid kibocsátás** 1987. évi szintre történő csökkentését 1995-ig, de néhány nyugat-európai ország ennél nagyobb mérvű csökkentést vállalt (1998-ra 30 %). E megállapodások sorában több más megállapodás is született, melyeket értelemszerűen jegyzőkönyvben rögzítettek. Ezek a következők voltak: **Genfi Jegyzőkönyv** az illékony szerves vegyületek kibocsátásának csökkentéséről (1991; VOCs: Volatile Organic Compounds); **Aarhusi Jegyzőkönyv** a környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagok kibocsátásának csökkentéséről (1998; POPs: Persistent Organic Pollutants); **Aarhusi Jegyzőkönyv** a nehézfémek légköri kibocsátásának csökkentéséről (1998); **Göteborgi**

**Jegyzőkönyv** a savasodás, az eutrofizáció és a talajközeli ózon csökkentéséről (1999). E megállapodások mind a légszennyező anyagoknak a környezetre és az emberi egészségre gyakorolt káros hatásainak a kivédésére kerestek megoldást. Az európai együttműködés része a **sztratoszférikus ózonréteg** védelmét szolgáló **Bécsi Egyezmény** (Bécsi Konvenció) megkötése **1985**-ben, mely keretegyezmény, s az ózonréteg elvékonyodását előidéző anyagok kibocsátásának felére történő csökkentését irányozta elő az 1986-as szinthez képest, a századforduló előtt. Ennek gyakorlati végrehajtását segíti a **Montreali Jegyzőkönyv** (Montreali Protokoll), melyre még visszatérünk.

A **Genfi Egyezmény előírásai sikeresek voltak!** Az Egyezmény előírásainak végrehajtásával Európa területén a kén-dioxid kibocsátás az 1980-as közel 60 millió tonna értékről 2015 végéig közel 3 millió tonnára (tehát huszadára) csökkent, s további csökkenés is várható. A nitrogén-oxid kibocsátás 1980-ban 28 millió tonna körül volt, ezt követően még valamelyest növekedett is, majd csökkent, s 2015 végén 7.5 millió tonna körül volt, a további csökkenése erősen kétséges (autózás).

Az **ENSZ Közgyűlése 1983**-ban létrehozta a **Környezet és Fejlődés Világbizottságot** (World Commission on Environment and Development, WCED) Gro Harlem **Brundtland** norvég miniszterelnök-asszony vezetésével (ezért gyakran **Brundtland Bizottság**ként említik), melynek feladata a környezet romlása, a gazdasági fejlődés és a társadalmi jólét közötti kapcsolat vizsgálata, továbbá az ezredforduló és az azt követő időszak várható fejlődési irányának a felvázolása, továbbá ajánlások kidolgozása az új kihívásokra adandó új válaszokra. A bizottság 22 tagjából 14 a fejlődő országokból származott, hazánkat egy fő képviselte a bizottságban.

**Gro Harlem Brundtland** (sz. 1939): norvég orvosnő, politikus, környezetvédelmi miniszter (1974/1979), parlamenti képviselő (1979-től), a Munkáspárt alelnöke, majd elnöke, háromszor Norvégia miniszterelnöke (összesen közel 10 évig, alapvetően 1986/1996 között), az Egészségügyi Világszervezet főtitkára (1998/2003). A The Financial Times brit napilap 2004-ben az utóbbi 25 év 4. legbefolyásosabb személyének nevezte (II. János Pál pápa, Mihail Gorbacsov - szovjet illetve orosz politikus - és Margaret Thatcher - brit politikus - mögött). Több más nemzetközi tevékenysége mellett 2007 májusától az ENSZ klímaváltozási különmegbízottjává (Special Envoy) nevezte ki az ENSZ főtitkára.

A bizottság „**Közös jövőnk**” (Our Common Future) című **jelentését 1987 októberében tárgyalta meg az ENSZ Közgyűlés**. A Jelentés szerint **két alapvető kérdést kell megválaszolni:**

**„milyen bolygón akarunk élni?**

**illetve**

**milyen bolygón élhetünk majd valójában?”**

A Jelentés megállapítja: **alapvetően fontos megtudnunk, hogy tevékenységünk hogyan befolyásolja a környezetet, és utat kell találni a fejlődésre**. Az 1980-as évek végére kialakult helyzetet világméretű kihívásként értékeli, melyből csak a „**fenntartható fejlődés**” (az általunk is hivatkozott magyar fordítás „harmonikus fejlődés” kifejezést használ, az eredeti könyvben a „sustainable development” kifejezés található) lehet a **kilábalás útja**. A fenntartható fejlődés fogalmát nem a Bizottság találta ki, minthogy abban az időben a szakirodalom már foglalkozott ezzel a témával, de a **Közös jövőnk** jelentés tette széleskörűen ismertté. A fenntarthatóság célkitűzése az, hogy biztosítsuk az emberi szükségleteket a jelenben, ugyanakkor őrizzük meg a környezetet és a természeti erőforrásokat a jövő generációk számára. A fenntartható fejlődésre a Bizottság a következő meghatározást adta:

## **a fejlődés olyan formája, amely a jelen szükségleteinek kielégítése mellett nem fosztja meg a jövő generációit saját szükségleteik kielégítésének lehetőségétől.**

Ez két kulcselemet foglal magában: az egyik a „szükségletek”, elsősorban a világ szegényeinek elemi szükségletei, melyeknek mindent meghaladó elsőbbséget kell adni; a másik a „korlátozás” gondolata. Ez lényegében **politikai üzenet**: egyrészt a **szegényeknek**, mert célul tűzi ki, hogy mindenkinek jusson legalább annyi, amennyi az alapvető emberi szükségletei kielégítéséhez kell, másrészt a **gazdagoknak**, hogy életmódjukat és fogyasztási szokásaikat szerényebben és takarékosabban alakítsák. Ez a **korlát nem abszolút határérték**, hanem olyan korlátozásról van szó, melyet a **technológia** tényleges helyzete és a **társadalom szabnak meg**. A megfogalmazásból következik, hogy az igények kielégítése mindaddig fenntartható módon biztosítható, amíg nem ütközik korlátokba. A növekvő szükségletek kielégítése fejlesztéssel lehetséges, amely tehát csak harmonikus, hosszabb távon is fenntartható fejlesztés lehet. A Bizottság lerögzíti, hogy a fejlesztés az emberi szükségletek és törekvések kielégítésére irányul, de a fejlődő világban az emberek egy része alapszükségleteit sem tudja kielégíteni, holott ezen túlmenően egy jobb élet kialakítására is törekszik, mégpedig jogosan. A szerzők úgy vélték, hogy a fenntartható fejlődés az alapszükségletek kielégítése mellett még a jobb életkörülmények elérésének lehetőségét is megadja, mindenki számára. Határozottan kijelentik, hogy **sokan a „világ ökológiai vagyonát túllépve” élnek** (példaként az energiafogyasztást említik), de a harmonikus fejlesztés révén elért **fogyasztásnak az ökológiai határon belül kell maradnia és mindenki számára elérhetőnek kell lennie**, továbbá **a társadalom minden tagja számára igazságos feltételeket kell teremteni!** Fontos megállapítás, hogy **a harmonikus fejlesztés csak akkor folytatható, ha a demográfiai növekedés összhangban áll az ökoszisztéma termelési lehetőségeivel**. A **harmonikus fejlesztés** azt is **megkívánja**, hogy a levegő, a víz és más természetes elemek minőségére gyakorolt káros hatásokat csökkentsék, s így **fennmaradjon az ökoszisztéma teljes egysége**. Így a korlátok tartalmazzák a **környezet** (a bioszféra) **által szabott korlátokat** is, tehát nem csak emberközpontú a fenntartható fejlődés megfogalmazása, amint gyakran találkozhatunk e megállapítással (talán bírálatként). Ilyen módon tehát - megítélésünk szerint - a **fenntarthatóság magában foglalja a teljes bioszférát**, kiemelten az élővilágot.

Megjegyezzük, hogy a fenntartható fejlődés tárgyalásakor sok helyen találkozunk egy **indián közmondásra** való hivatkozással, mely szerint: „A Föld nem a miénk, unokáinktól kaptuk kölcsön és használható állapotban kell visszaadnunk”. Másutt egy **kenyai közmondásra** utalnak, mely: „Gondozd jól a földet. Azt nem szüleid adták neked. A gyerekeidtól kaptad kölcsön”.

**A fenntartható fejlődés lényegében minden erőfeszítés nélkül a környezetvédelmi politika stratégiai fontosságú elemévé vált.** Ebből következik: felismertük, hogy az emberiség jelenleg nem fenntartható módon tevékenykedik, s ahogyan most élünk, termelünk és fogyasztunk, az hosszú távon nem folytatható. Nem folytatható az erőforrások ilyen mértékű felhasználásának üteme, a környezet szennyeződése, a biológiai sokféleség „gyors” csökkenése, a népesség rohamos ütemű növekedése. A feladatokból következik, hogy környezetvédők, tudósok, politikusok és az ipar képviselői között egyetértést kell kialakítani, minthogy ez jelenti a kulcsot a Földet fenyegető, megjósolt környezeti krízis kezeléséhez. Ugyanakkor észre kell vennünk (mint írtuk is), hogy az **elv túlságosan szerteágazó**, sokféle értelmezést tesz lehetővé, melyek nem adnak határozott iránymutatást a politika számára, s ez problémát okoz. A koncepció alapigazsága **jelszöként hat**, de egyúttal **félreérthető**, sőt **ellentmondásos** is, mivel áttételesen benne rejlik, hogy a fejlődés folyamata, amelyet a gazdag és a szegény országok számára hosszú távon fenn lehet tartani, egyúttal a Föld véges természeti erőforrásait is képes konzerválni. Sokan a „fejlődés” kifejezést **megfontolt**

**gazdasági növekedés**ként értelmezik. Természetesen a növekedés sok fejlődő ország számára alapvetően szükséges, minthogy csak ez képes őket kiemelni a szegénységből. Nem szabad azonban megfélemlíteni arról sem, hogy a növekedés jelentős hatást gyakorol a környezetre is, amelyre már a Római Klub felhívta a figyelmet.

A fenntartható fejlődés megvalósítása előbb-utóbb folyamatosan növekvő fogyasztásunk átgondolására is kell kényszerítsen bennünket, melyet számos társadalomtudós és közgondolkodó ösztönöz, s ezért itt emlékezünk meg a „**ne vásárolj semmit**” (más megfogalmazásban a „fogyasztáscsökkentő nap”, „vásárlásmentes nap”) meghirdetésének gondolatáról. Úgy tűnik, hogy mára a **fekete péntek** lépett a helyébe, melynek célja teljesen ellentétes a vásárlásmentes nap céljával.

E „mozgalom” 1992-ben Kanadából indult el civil kezdeményezésre, s a túlzott mértékű fogyasztásra kívánja a figyelmet felhívni és feltehetően azt szeretné elérni, hogy legalább egy napon gondolkodjunk el fogyasztásunk szerkezetén, a túlfogyasztás kényszerű hatásán, ha máskor nincs is erre időnk. Ugyanis már rendkívül messze kerültünk Henry David **Thoreau** amerikai író (1817-1862) gondolatától, mely szerint „**egy ember annál gazdagabb, minél több dolgot tud nélkülözni**”. Úgy tűnik, a **mai** (gazdaságilag) **fejlett civilizáció** (fogyasztói társadalom) egyik **uralkodó mítosza**, hogy **boldogságunkat az anyagi javak minél nagyobb mértékű birtoklásával érhetjük el**, holott a „mértéktelen” szerzésvágy, birtoklási láz nem alapvető jellemvonása az embernek - amint állítják ezt sokan. Ebből adódóan a termelés fokozatos növelése illetve leegyszerűsítve a gazdasági növekedés ma nemcsak megkérdőjelezhetetlen, de a fejlett társadalmak elsődleges társadalmi célja, mellyel a felhasznált természeti erőforrások az emberi igények kielégítése után lényegében „értéktelen” hulladékká lesznek. A fogyasztás rendkívüli egyenlőtlensége ismeretes, egyes statisztikák szerint a világ népességének ötöde vásárolja meg a személyes fogyasztású termékek mintegy 85-90 %-át, s e mögött igen jelentős (részben a harmadik világból származó termékekkel kielégített) **luxusfogyasztás**, túlfogyasztás, ill. **presztízsfogyasztás** van, amellyel az **utánunk jövő nemzedékek** és a harmadik világ lakóinak **életlehetőségét csökkentjük**, radikálisan. Az igények mellett a fogyasztás növelésére társadalmi és gazdasági mechanizmusok is ösztönöznek, illetve gyakran kényszerítenek (a társadalom felsőbb jövedelmi csoportokba tartozó tagjainak a fogyasztási szokása, a reklámok, a termékek gyakran felesleges illetve pazarló csomagolása stb.), s ennek gyakorlatilag nincs határa. Ugyanis felmérések szerint az emberek elég jelentős része úgy gondolja, hogy mai jövedelmének legalább kétszerese tenné lehetővé számára igényeinek teljes mértékű kielégítését, de ez az igény is folyamatosan emelkedik, tehát a teljes megelégedettséget sohasem érjük el, sosem valljuk azt, hogy megvan mindenünk („itt van már a Kánaán”). Sokan felteszik a kérdést: „**hova vezet mindez?**”. Számítások igazolják, hogy a **Föld teherbíró képessége véges**, s így nem lenne képes az átlagos „nyugati” fogyasztási szintet a Föld valamennyi lakójának biztosítani (tehát a „végeredményt” illetően **Malthus** angol filozófusnak valamilyen szinten mégis igaza van, melyre vonatkozóan később adunk információt). Ezért az anyagi javak igazságos elosztása csakis a **fejlettebb országok lakóinak fogyasztáscsökkentése** révén valósulhat meg. Egyes nyugati országokban a túlfogyasztás csökkentésére társadalmi szerveződések alakultak, de ez feltehetően nem elégséges, **szükség lenne a „politika”** (az állam, a „döntéshozók”) szerepvállalására is (pl. a jövedelemkülönbségeket csökkentő szabályozók révén, mely önmagában is csökkentené a fogyasztást, eltüntethetné a presztízsfogyasztást). Fel kellene lépni egyes fogyasztási típusok ellen is, de úgy tűnik, a politika erre ma még nem „vevő”, ezt ma még nem bátorkodik vállalni! Talán ezt célozza a „ne vásárolj semmit” mozgalom egy vásárlásmentes-nap megtartásával minden év november 24-én, a karácsonyi bevásárlások előestéjén.

**A Környezetvédelmi Törvény** a fenntartható fejlődésre a következőket mondja:

„a társadalmi-gazdasági viszonyok és tevékenységek rendszere, amely a természeti értékeket megőrzi a jelen és a jövő nemzedékek számára, a természeti erőforrásokat takarékosan és célszerűen használja, ökológiai szempontból hosszú távon biztosítja az életminőség javítását és a sokféleség megőrzését.” Utóbbi megfogalmazását a következőkben adjuk meg.

**Életminőség:** az életszínvonalnál tágabb fogalom, a gazdasági javak fogyasztásán (anyagi javakkal való ellátottságon) kívül magába foglal egyéb, pénzben nem kifejezhető tényezőket is, mint pl. a környezet állapota, az egészségügyi helyzet, a szolgáltatásokkal való ellátottság, a várható élettartam, a kulturális értékek, emberi kapcsolatok stb.

A **fenntartható fejlődés** megfogalmazásából olyan **fejlesztési stratégia** következik, mely mindig **összehangolja a gazdasági és a környezeti kérdéseket**, és szükség szerint önkorrektúrára képes és rugalmas. Felismertük tehát, hogy tevékenységünkkel kárt is okozunk a természetben, amit a fejlődés érdekében helyre kell hozni, ezt a továbbiakban korlátozni kell, ill. meg kell előzni. Igaznak kell lennie annak is, hogy ellentétben a természetben előforduló fejlődéssel (mikroorganizmusok fejlődése: kialakuló szakasz; exponenciális

növekedés szakasza; stagnáló majd hanyatló szakasz) **az emberiségnek képesnek kell lennie növekedését a lehetőségekhez igazítania, szabályoznia, s ha kell, korlátoznia**, és csakis ez lehet a fenntartható fejlődés.

A fenntartható fejlődés nem akarja korlátozni a fejlődő országok gazdasági növekedését, mivel e nélkül nem lehet az emberi létszükségleteket kielégíteni, de a környezetet kímélő technikák alkalmazását sürgeti. A fejlett országok esetében a fenntartható fejlődés korlátozni szándékozik a luxusfogyasztást és egyes gazdasági tevékenységeket. Röviden azt mondhatjuk, hogy fő eleme a **méltányosság**: méltányosság a világ népei között, méltányosság gazdagok és szegények között, méltányosság szülő és gyermek, nagyszülő és unoka között.

A fejlődéssel kapcsolatban gyakran megemlítik a „**homeosztázis**” fogalmát, mely szerint valamennyi élő szervezet kisebb-nagyobb mértékben képes alkalmazkodni környezetéhez, ill. annak változásaihoz. Az alkalmazkodó képesség a társadalmi szervezeteknek is sajátossága valamilyen mértékben, de ennek vannak határai, s már nem elég hatásosak a „rég mechanizmusok”. Ez az alapja a természet öntisztuló képességének is, amivel főleg víztisztaság-védelem kapcsán találkozunk, bár levegőben is fellép.

A Környezet és Fejlődés Világbizottság jogi csoportja **a környezetvédelemre illetve a harmonikus fejlődésre 22 alapelvet** fogadott el, melyeket két nagy csoportba soroltak: 8 alapelvet az „Általános alapelvek, jogok és felelőségek” illetve 13 alapelvet az „Alapelvek, jogok és köteleességek a határoktól független természeti erőforrások és környezetvédelmi beavatkozások terén” csoportba, s különválasztottak egy-egy alapelvet az állami felelősségre és a viták békés rendezésére. A mindennapi környezetvédelmi gyakorlatban igen gyakran használják ezeket az alapelveket. A továbbiak céljából az „Általános alapelvek, jogok és felelőségek” közül két alapelvet és az állami felelősséget emeljük ki.

**Alapvető emberi jog:** Minden emberi lénynek joga van az egészségét és jólétét biztosító környezetben élni;

**Nemzedékek közti egyenlőség:** A környezetet és a természeti erőforrásokat mind a jelen, mind a jövő nemzedékek javára kell az államoknak megőrizni és használni;

**Állami felelősség:** Az államoknak fel kell hagyniuk azon tevékenységekkel, amelyek a környezet terén vállalt nemzetközi kötelezettséget sértenek, és az okozott ártalmakért kártérítést kell adni.

A Környezet és Fejlődés **Világbizottság** az ENSZ Közgyűlése részére készített jelentésében a **környezetet és a társadalmat fenyegető legsúlyosabb problémák között nevezte meg az éghajlatváltozás kockázatát, mellyel kapcsolatban ajánlásokat fogalmazott meg**. Az ajánlások nyomán a Közgyűlés határozatban intézkedett egyrészt a nemzetközi politikai és tudományos együttműködés erősítésére, másrészt az együttműködés intézményes kereteinek létrehozására (l. később: Éghajlat-változási Kormányközi Testület; Kormányközi Tárgyaló Bizottság, amit az 1988-ban hozott létre az ENSZ).

A „Közös jövőnk” jelentés felszólította az ENSZ Közgyűlést nemzetközi konferencia összehívására, melynek feladata lenne egyrészt bemutatni a környezet megóvása érdekében elért eredményeket, másrészt meghatározni a jövőbeni feladatokat az emberi szükségletek olyan módon való kielégítésére, mely összhangban van a természeti törvényekkel.

### **Tehát**

**az 1970-es és az 1980-as években az ENSZ két nagy kezdeményezése jelzi, hogy a környezeti kérdések globális volta igazán hangsúlyt kapott. Ezek a kezdeményezések nyitották meg az érdemi párbeszédet Észak és Dél, a fejlett és a fejlődő világ között.**

Az ENSZ Közgyűlése a „Közös jövőnk” ajánlására 1989. december 22.-én meghirdette az ENSZ **Konferencia a Környezetről és Fejlődésről** konferenciát, melyet **1992 júniusában**, Brazíliában, Rio de Janeiróban rendeztek meg, a stockholmi konferencia 20.



évfordulóján (**Világcsúcs**, Föld Csúcs, **Riói Csúcs**; United Nations Conference on Environment and Development, UNCED). A Konferencián az ENSZ 178 tagországából 172 vett részt, s 761 un. nem-kormányzati szerv (civil szervezet, civil szerveződés) képviselője volt jelen, de a műholdas közvetítéseken keresztül kb. 8000 nem-kormányzati szerv (Non-Governmental Organization: NGO) is követte a tanácskozást. Ekkorra már a környezetvédelem mellett a gazdaság szerepe is előtérbe került, természetesen abban az értelemben, hogy miként egyeztethető össze a gazdasági érdek a környezeti érdekekkel.

Kétségkívül ez volt minden idők egyik legnagyobb, a világ legfontosabb környezeti problémáival foglalkozó találkozója. Remélhető volt, hogy valamifajta megegyezés születik az ezredfordulóig megoldandó feladatokról a környezet és a fejlődés kiegyensúlyozott és összehangolt kezelésének elérése érdekében. Két további tényező ugyancsak fontos szerepet játszott a folyamatban. Az egyik a környezetvédelmi mozgalmak (nem kormányzati szervezetek, civil szervezetek) kiszélesedése az 1980-as években, melyek kiharcolták, hogy a tágabb értelemben vett környezeti politikába bevonják őket. A másik a Harmadik Világ kibontakozó krízise, amely magában foglalta a halmozódó adósságot, a szegénységet és az éhínséget. A nyugati környezetvédők először kezdték elfogadni, hogy a fejlődő világban a szegénység a környezetre éppolyan veszélyes lehet, mint amilyen a fejlett világban a túlzott gazdasági növekedés. Ez a szemlélet abból a feltételezésből indul ki, hogy a szegény emberek gyakran kényszerülnek olyan gyakorlatra, amely éppen annak az ökoszisztémának a károsításával jár, amelyre támaszkodva alapvető szükségleteiket elégítik ki. Itt emlékeztetünk Brundtland asszonynak az ENSZ Közgyűlés előtt elmondott bevezető gondolataira 1989-ben.

A Konferencia általános feladatai a következők voltak:

- **javaslat kidolgozása egy hosszú távú környezetvédelmi stratégiára annak érdekében, hogy 2000-re megvalósuljon a fenntartható fejlődés;**
- **módszereket javasolni a környezet iránt érzett aggodalom tettekre váltására, a gazdasági és társadalmi fejlettség különböző fokán álló országok közötti erőteljesebb együttműködésre, azoknak a kölcsönösen előnyös célkitűzéseknek a megvalósítása érdekében, amelyek figyelembe veszik az emberek, az erőforrások, a környezet és a fejlődés közötti kölcsönhatásokat.**

A konferencián keserű vita alakult ki a fejlett és a fejlődő országok között (hasonlóan az 1972-es Stockholmi Konferenciához), s általános értékelés szerint a konferencia kevés eredménnyel járt. A résztvevők főleg **az elvekben és a problémákban egyeztek meg**, s nem az ellenőrzés mikéntjében és a fejlődő államok pénzügyi támogatásában. A Konferencia elvi álláspontját a „**Riói Nyilatkozat a Környezetről és Fejlődésről**” című kiadványban fogalmazták meg, s elfogadtak két megállapodást (Keretegyezmény az éghajlatváltozásról és Egyezmény a biológiai sokféleségről), továbbá egy nem kötelező érvényű megállapodást az erdészeti elvekről (Elvek az Erdőkről). A **Riói Nyilatkozat** rögzíti a fenntartható fejlődés 27 alapelvét, s egyúttal kimondja, hogy mind a fogyasztást, mind a népességpolitikát a fenntartható fejlődés elvárásainak kell alárendelni (l. később). A Konferencia elfogadta a „**Feladatok a XXI. századra**” (**Agenda 21**) című több száz oldalas nem kötelező érvényű akciótervet, 40 fejezetben, melynek feladata kerettervet adni a környezetvédelem és a fejlesztés különböző területeinek. Ez felszólította a kormányokat, hogy a fenntartható fejlődés megvalósítása érdekében készítsenek **nemzeti stratégiát** és nyújtsanak be jelentést a Konferencia által életre hívott **Fenntartható Fejlődés Bizottság** számára azokról a tennivalókról, amelyek a „Feladatok a XXI. századra” program megvalósításához szükségesek (l. még később). Az **Éghajlat-változási Keretegyezményt** 153 ország és az Európai Közösség képviselője írta alá, amelyhez történő magyar csatlakozási szándékot az Országgyűlés 1993-ban erősítette meg. Az egyezmény az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését célozta meg, s jogilag kötelező azokra az államokra nézve, amelyek aláírták. Az egyezmény a fejlett országok számára a szén-dioxid kibocsátás 20 %-os

csökkentését írta elő 2000-re, 1990-es bázison. Az egyezmény végrehajtása viszonylag nehezen haladt, egyes országok ellenérdekeltsége miatt (USA, Oroszország, Kína, Ausztrália stb.), a pozitív végrehajtásban az EU tagországai jártak élen. A végrehajtás része volt a berlini (1995) és a genfi (1996) konferencia, melyek eredmény nélkül záródtak, majd a Kiotóban **1997 decemberében** megtartott konferencia, ahol 38 fejlett ország megegyezett az üvegházhatást előidéző egyes gázok (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid, fluorozott szénhidrogének – HFC-k és a perfluor-karbonátok: PFC-k - és a kén-hexafluorid) kibocsátásának csökkentésében, melyet a **Kiotói Jegyzőkönyv**-ben rögzítettek. Ebben az egyes országok 5-8 %-os csökkentést vállaltak, a 2008-2012 közötti időszakra, 1990-hez képest. A jegyzőkönyvet aláíró 38 iparosodott, ill. átalakuló gazdaságú ország átlagosan 5.2 % csökkentést vállalt, míg az Európai Unió 8 százalékos mérséklést vállalt, az Amerikai Egyesült Államok 7 %-ot (azonban nem ratifikálták, így jogilag nem kötelező), Japán 6 %-ot és Oroszország 0 %-ot (szinten tartást). Magyarország a hat üvegházhatású gáz kibocsátásában 2010-ig 6 %-os csökkentést vállalt, az 1985/87-es évek átlagában (szén-dioxid egyenértékben az alapul szolgáló kibocsátásunk 115 millió tonna, akkor). Egyes országok növekedést vállaltak (legnagyobb mértékben Ausztrália: 8 % és Izland: 10 %, tehát a csökkentést ehhez kell számítanunk), a harmadik világ országai ebben nem vállaltak részvételt. Az Egyesült Államok és Oroszország halogatta a Jegyzőkönyv ratifikálását, de a világ legtöbb állama csatlakozott az egyezményhez (170 ország írta alá 1997 decemberében). **Hatályba lépésének kettős feltétele** volt: legalább 55 olyan országnak kell ratifikálnia, melyek együttes vállalása a kibocsátás csökkentésében eléri az 1990-es kibocsátási szint 55 százalékát. A kérdéssel időközben több nemzetközi konferencia is foglalkozott, s a több éven keresztül folytatott hosszas tárgyalások eredményeként 2004 őszén sikerült megnyerni Oroszország támogatását (mely 1990-ben az összes kibocsátott szén-dioxid 17 %-át adta), ezzel elhárult az akadály és a **Kiotói Jegyzőkönyv életbe lépett 2005. február 16.-án**, az Amerikai Egyesült Államok támogatása nélkül (a jegyzőkönyvet a Kongresszusnak sosem nyújtották be ratifikálásra). Ausztrália 2007. szeptemberében csatlakozott az egyezményhez. A Kiotói Jegyzőkönyvben szabályozták az üvegházhatású gázok nemzetközi kereskedelmét (**emisszió-kereskedelem**) is, mely szerint a végrehajtásban résztvevő államok átvehetnek egymástól (átadhatnak egymásnak), vásárolhatnak egymástól kibocsátás-csökkentési egységeket. Ennek részeként a fejlett országok más, kevésbé fejlett országban a saját költségeikre végrehajtott korszerűsítési programmal elért kibocsátás-csökkenést saját javukra jóváírhatják. A Jegyzőkönyv szerint a kibocsátás-csökkentési előírásoknak minden országnak elsősorban hazai intézkedésekkel kell eleget tennie, s **az emisszió-kereskedelem csak kiegészítő jelleggel alkalmazható.**

Az Amerikai Egyesült Államok Kongresszusa még a kiotói megállapodás előtt 1997 júliusában teljes egyetértésben (95-0 arányban) elfogadott egy határozatot, mely szerint „az Amerikai Egyesült Államok nem lesz aláírója semmilyen olyan nemzetközi szerződésnek, sem Kiotóban, sem később, ami a fejlődő országok kibocsátás-csökkentési kötelezettségvállalása nélkül állít fel ugyanilyen kötelezettséget a fejlett országok részére, és azért sem írja alá a szerződést, mert az súlyosan károsítaná az Egyesült Államok gazdaságát”. **E határozat azóta is hatályos!**

Rióban született még egy nagy elhatározása is: a fejlett országok vállalták, hogy a bruttó nemzeti össztermékük 0,7 százalékát a fejlődőknek adják környezetkímélő technológiák bevezetésére. A **fenntartható fejlődés** fogalma Rióban **bekerült az összes dokumentumba**. Úgy tűnt, hogy sikerült a világot egy új fejlődési pályára helyezni.

**Agenda 21 - Feladatok a XXI. századra** - kulcselemei (a fejezetek címei szerint):

Társadalmi és gazdasági dimenziók: Nemzetközi együttműködés a fejlődő országok fenntartható fejlődésének felgyorsítására; Küzdelem a szegénység ellen; A fogyasztási minták megváltoztatása; Demográfiai dinamizmusok és a fenntarthatóság; Az emberi egészség védelme és javítása; A fenntartható településfejlesztés előmozdítása; A környezet és fejlődés integrálása a döntéshozatalba; A légkör védelme; A földi erőforrások

tervezése és kezelése integrált megközelítésben; Az erőforrások megőrzése és kezelése a fejlődés érdekében; Küzdelem az erdőirtás ellen; Gyenge ökorendszerek kezelése. A fenntartható mezőgazdaság és vidéki területfejlesztés elősegítése; A biológiai sokféleség megőrzése; A biotechnológia környezetbarát kezelése; Az óceánok és tengerek védelme; Ivóvízkészletek minőségének és megújulásának védelme; Mérgező vegyi anyagok környezetkímélő kezelése; Veszélyes hulladékok környezetkímélő kezelése; Szilárd hulladékok környezetkímélő kezelése; Radioaktív hulladékok biztonságos és környezetkímélő kezelése; Nagyobb társadalmi csoportok szerepének megerősítése. Világméretű mozgatom a nőkért, a fenntartható és egyenlő fejlődésért; Gyermek és fiatalok a fenntartható fejlődésben; A bennszülött népek és közösségek szerepének felismerése és erősítése; A nem-kormányzati szervezetek szerepének erősítése; A helyi hatóságok kezdeményezései; A dolgozók és szakszervezetek szerepének erősítése; Az üzleti élet és az ipar szerepének erősítése; Tudományos és műszaki közösség. A mezőgazdasági gazdálkodók szerepének erősítése; A megvalósítás eszközei; Pénzügyi források és mechanizmusok; Környezetbarát technológiák átadása, az együttműködés és a lehetőségek bővítése. A tudomány a fenntartható fejlődés szolgálatában; Az oktatás, a társadalmi tudatosság és a képzés fejlesztése. Nemzeti mechanizmusok és nemzetközi együttműködés a kapacitásépítésben; Nemzetközi intézményes megoldások; Nemzetközi jogi eszközök és mechanizmusok; Információ a döntéshozatalhoz.

Az ENSZ 1997. évi szeptemberi közgyűlése általános áttekintést végzett és értékelt a Riói Konferencia után eltelt öt évet, kiemelten „Feladatok a XXI. századra” című tervre, az aláíró államok jelentései alapján. A közgyűlés sajnálattal állapította meg, hogy a riói elhatározásokból kevés valósult meg. Ezért az ENSZ úgy döntött, hogy **Világtalálkozó a Fenntartható Fejlődésről** címmel újabb világkonferenciát hív össze, melynek helyszíne **Johannesburg** (Dél Afrika), az időpont **2002 augusztusa**. A Johannesburgi Konferencián **két dokumentumot fogadtak el**, ezek a következők:

- **Nyilatkozat a fenntartható fejlődésről, amely 32 pontot tartalmaz;**
- **Végrehajtási Terv, amely 153 pontból áll.**

Az általános értékelés szerint a konferencia nem volt kudarc, de átütő siker sem. Minthogy a riói nagy vállalások jelentős része nem teljesült, ezért a Johannesburgi Konferencia újabb ígérek helyett visszatért a riói elvekhez és kötelezettségvállalásokhoz, a dokumentumokban **megerősítették a korábbi elveket és a régebbi vállalások teljesítését szorgalmazták**. Új elhatározás, hogy 2015-ig felére kell csökkenteni azok számát, akik ma még nem jutnak egészséges ivóvízhez, illetve akiknek a napi jövedelme nem éri el az 1 US dollárt (2004-ben 2.8 milliárd fő élt két dollárnál kevesebből naponta). Nagyobb hangsúly esett a környezetegészségügy kérdéskörére is. A Konferencia nagy újdonsága, hogy megjelent a **fenntartható fejlődés szociális dimenziója**, vagyis a környezetpolitika és a **szociálpolitika** harmonizálása. A fenntartható fejlődésnek tehát **három tartópillére**, más szavakkal **három dimenziója** van: a **környezeti, a gazdasági és a szociális tényező**, melyek **összefonódva és egymást kiegészítve jelennek meg**. Talán a legfontosabb felismerés, hogy a **szegénység jelenleg a "legnagyobb globális kihívás, amivel a világnak szembe kell néznie"**.

Néhány más kiemelés:

- megegyezés született az energiahordozókhoz való minél szélesebb hozzájárásról, de az Európai Unió és az Egyesült Államok közötti nézeteltérések miatt nem sikerült konkrét célokat meghatározni a megújuló energiaforrások (például nap- és szélenergia) egyre növekvő kihasználásával kapcsolatban.
- 2015-ig újra kell szaporítani a túlhaláztatás miatt kipusztulással fenyegetett halfajokat, mert ennek elmaradása veszélyeztetheti a tengerek élővilágát.
- 2020-ig el kell jutni odáig, hogy a vegyi anyagokat az emberi egészségre és a természetre nem ártalmas módszerekkel állítsák elő.
- a veszélyes hulladék tárolását vagy kezelését ellenőrzött és biztos módon kell végrehajtani.
- 2010-ig mérsékelni kell a kihalófélben lévő állat- és növényfajok pusztulásának folyamatát.
- a részt vevő országok megállapodtak, hogy 2005-ig stratégiai terveket dolgoznak ki az erőforrások megőrzéséről a jövő nemzedékek számára.

A negyedik környezetvédelmi világkonferenciát (**Fenntartható Fejlődési Konferencia**) **2012. június 20-22 között** rendezték meg Rio de Janeiróban az 1992-es rioi találkozó után 20 évvel, **Rio+20** címmel. A konferencia legfőbb célja áttörést elérni a fenntartható fejlődés kérdéseiben. A **várakozás igen nagy volt**, de csak **részsikerek születtek**. A fejlesztési célok és irányok kidolgozása, majd széleskörű és egyértelmű elfogadása sürgőssé vált, hiszen a fejlődő vagy a kevésbé fejlett országokban a gyorsan gyarapodó népesség tiszta ivóvízhez, energiához, élelemhez juttatása igen nagy kihívás. Ugyanis az ENSZ becslése szerint 2030-ra az élelmiszerszükséglet 50 %-kal, az energiaigény 45 %-kal emelkedik, miközben fokozódó társadalmi egyenlőtlenségre, vízhiányra, melegedő éghajlatra és a természeti erőforrások apadására kell számítani. Ennek ellenére a **záródokumentum (The Future We Want; A Jövő amit akarunk/áhítunk)** kevés konkrétumot tartalmaz. A fejlődő és a fejlett országok közötti ellentétek most is erősebbnek bizonyultak a közös érdekeknél, így a záródokumentum inkább egy kívánságlista a jövőről, minthogy az ehhez szükséges teendőkről nem sikerült megállapodni. Ban Ki-moon ENSZ főtitkár sikerként értékelte a tanácskozást, mondván, hogy „ez egy fontos győzelem a multilaterizmus érdekében, hosszú hónapok nehéz tárgyalásai után”. Véleménye szerint az „országok kinyilvánították politikai elkötelezettségüket a fenntartható fejlődés mellett és egyetértettek a fenntartható fejlődés magas szintű fórumának a megteremtésében”.

Hazánk a Rio+20 konferencián öt-párti egyetértéssel csatlakozott a „**Víz barátai csoport**”-hoz, s ennek eredményeként rendezték meg a **Budapesti Víz Világtalálkozó** konferenciákat 2013. októberében és 2016. novemberében, melyek zárónyilatkozatok elfogadásával fejeződtek be (az első ilyen világtalálkozó 1977-ben volt Argentínában, majd ezt követte 36 év után a 2013-mas budapesti konferencia, azóta háromévenként rendezik).

Bizonyára ennek is köszönhető, hogy a „zöldszempontok mellett elkötelezettnek látszó” magyar államfőt meghívták az ENSZ új környezetvédelmi grémiumába, a Vízügyi Elnöki Testületbe. A kétéves időtartamra létrehozott testület munkájában 11 állam- és kormányfő, valamint két tanácsadó vesz részt.

A **fenntartható fejlődés (fenntarthatóság)** fogalma az 1990-es években került nemzetközi szintre, hiszen Rióban bekerült az összes dokumentumba, megjelent a Johannesburgi Konferencia hivatalos nevében és a nyilatkozat címében. Vita nélkül kijelenthető, hogy **nincsen még egy fogalom, melyben ilyen egyöntetű az egyetértés!** Szinte mindenki ismeri, elfogadja, és meggyőződése, hogy ennek megfelelően él, így teendői sincsenek már, csakis másoknak, pl. Kínának vagy Indiának, esetleg a szomszédnak stb. (nem új keletű rövidítés, és nem csak a környezetvédelemben „uralkodik” a **NIMBY** szindróma: Not Into My Backyard, vagyis: ne az én udvaromban!). A változások viszont inkább azt tükrözik, hogy a fenntartható fejlődés **jelszó**vá egyszerűsödött és sokak szerint jelszó is maradt, mára **üres jelszó!** Szakmai körökben lényegében „megszületése” pillanatától világszerte **vita folyik** fogalmáról, megvalósításáról, illetve **megvalósíthatóságáról!** Vitatják a megfogalmazást és megvalósíthatóságát, és az álláspontok nem elhanyagolható része (talán többsége) szerint ma **messzebb vagyunk** a fenntartható fejlődéstől, **mint** voltunk **húsz évvel ezelőtt**. Erről mi magunk is meggyőződhetünk a következő fejezet tárgyalásakor, melyből látni fogjuk, hogy fenntartható fejlődés ide, fenntartható fejlődés oda, a gazdasági értelemben vett (GDP-ben mért) fejlődés változatlan formában és mértékben folyik tovább, ehhez növekvő ütemben fogyasztjuk a természeti erőforrásokat és szennyezzük környezetünket. Vagyis leírható a régi mondás: vizet prédikálunk és bort iszunk (legalábbis a világ fejlettebb felén, s ezt követi vagy szeretné követni a szegényebb fele is; de azt is mondhatnánk, hogy a világ gazdagabbjai, amíg a szegények őket szeretnék követni, földrésztől és országtól függetlenül)! Ebben a vitában igen sok kérdés kap helyet, így pl. az **életszínvonal** túlhangsúlyozása (mely csak a birtokolt anyagi javak mennyiségét foglalja magába) az **életminőség** rovására, és így a gazdasági növekedés mindenek elé helyezése (ettől már „A növekedés határai” is óvott). Ugyancsak megjelenik a **szükséglet** és az **igény**, az igénynek a

szükséglet elé helyezése, bírálatot kap a **fejlődés „leegyszerűsítése”** csak a **gazdasági növekedésre** stb. Persze el kell ismerni, hogy **határozatokban, feladatkijelölésekben** illetve ezekhez **erélyben, határozottságban nincsen hiány**, de **az előrelépés** valahogyan **elmarad**, minthogy a **végrehajtással** sok területen valami **baj van!** További részletek említése nélkül valószínűleg mindezt kifejezi az ún. **(ökológiai) túllövés** állapota (ecological overshooting). Ennek alapja a környezeti terhelésünket mérő **ökológiai lábnyom** (ecological footprint), mely meghatározható az egész Földre, egy országra, egy egyénre, vagy akár pl. egy sporteseményre is. E meghatározás is már három évtizedes (az 1980-as években keletkezett), de nagyobb figyelmet az új évszázadban kapott. Az ökológiai lábnyom (a részletekbe bocsátkozás nélkül) tulajdonképpen **egy földterület** (beépített terület, szántóföld, legelő, erdő és halászterület), mely biztosítja az egy ember ellátásához szükséges forrásokat, és magába fogadja (és „feldolgozza”) az ellátás érdekében kibocsátott szennyező anyagokat (karbon lábnyom). Ilyen módon egy népesség ökológiai lábnyomát a létszám, egy lakó átlagos fogyasztása és a fogyasztott javak és szolgáltatások előállításának erőforrásigénye határozza meg. A figyelembe vett javak és szolgáltatások: élelmiszer, lakás, közlekedés és szállítás, fogyasztott javak és szolgáltatások (emlékeztetőül utalunk az **IPAT** egyenletre). Ugyanakkor a rendelkezésre álló földterület alapján meghatározható a **Föld eltartó képessége** (a **Föld biológiai kapacitása**; biological capacity, biocapacity), tehát az egy főre rendelkezésre álló földterület nagysága. Ez ma 1.7 ha körül van és fokozatosan csökken, minthogy az emberiség létszáma nő és a megművelhető földterület nagysága csökken, több ellentétesen ható ok eredőjeként. Ez a 20. század elején még 5 ha volt, de 1960 környékére 3.1 hektárra csökkent. Ezek kapcsolata alapján beszélhetünk **ökológiai hiányról** (ecological deficit), ha az ökológiai lábnyom meghaladja a biológiai kapacitást, és **ökológiai tartalékról** (ecological reserve), ha a biológiai kapacitás nagyobb az ökológiai lábnyomnál. A Global Footprint Network visszamenőleg 1961-től minden évre meghatározta országokra és régiókra az ökológiai lábnyomot és a biológiai kapacitást (data.footprintnetwork.org). A számítások szerint az egész világra **ökológiai lábnyomunk már 1971-ben meghaladta a Föld biológiai kapacitását**, mindkettő 2.7 körül alakult. Így tehát az utóbbi évtizedekben az egész világra tekintettel „nagyobb lábon élünk”, mint amit megengedhetnénk! Évente többet fogyasztunk, mint amennyi erőforrást a Föld egy év alatt előállít, és a különbség egyre nő! Ezzel a Föld tartalékait éljük fel! Az ezredforduló környékén még csak novemberben értük el az **ökológiai túllövés napját** (pl. 2000-ben november elseje), ameddig feléltük a Föld egy évre elegendő forrásait, és átléptünk a túlfogyasztás tartományába, de 2019-ben már július 29.-én elértük e napot (Earth Overshoot Day), s évről-évre korábbra tolódik. Ez 1970-ben december 23.-án következett be. Az adatok szerint a világ népességének 80 %-a olyan országokban él, ahol több erőforrást fogyasztanak el, mint amennyit az ország ökoszisztémája létrehoz! A legfrissebb adatok 2013-ra állnak rendelkezésre, 192 országra és régiókra. Ennek alapján átlagos ökológiai lábnyomunk 2.87 ha, a biológiai kapacitás 1.71 ha, és így igényeink kielégítésére 1.68 Föld szükséges. Nem meglepő, hogy a világ különböző részei, szegények és gazdagok között hússzoros eltérés is lehetséges. A számítások szerint az ökológiai lábnyom Luxemburgban a legnagyobb, míg Eritreában a legkisebb, 13.1 illetve 0.5 ha, a lista végén Eritrea, Haiti, Burundi, Pakisztán és Banglades áll 0.5-0.7 ha közötti értékekkel, míg a lista elején Luxemburg, Katar, Ausztrália, Trinidad és Tobago, illetve Kanada áll 13.1-8.8 ha ökológiai lábnyommal. A világrészek tekintetében **Észak-Amerika és Európa van a világtalag felett, a többiek alatta**. Hazánk a 79. helyen áll 3.26 ha ökológiai lábnyommal, míg a biológiai kapacitással a 60. helyen vagyunk 2.36 ha értékkel. Az elmúlt közel 55 évben ökológiai lábnyomunk a 3 ha körüli értékről az 1970-es évek végére elérte az 5 ha értéket, a rendszerváltás után meredeken csökkent 3 ha körüli értékre 1992-re, utána hektikusan változott, de jellemzően növekedett ismét. A hektikus változás jellemzi a biológiai kapacitás változását is, lassan növekedett az 1.6 ha értékről a 2.36 ha értékre. Tehát jelentősebben

csökkent környezeti terhelésünk az utóbbi harminc évben, de még meghaladja az 55 évvel korábbi állapotot, növekedett az ország eltartó képessége is. Megemlítjük még, hogy szomszédaink ökológiai lábnyoma jelentősebben meghaladja a hazait, biológiai kapacitásuk kisebb mértékben ugyan, de szintén nagyobb, utóbbi Lengyelország kivételével igaz (2 ha). Meg kell jegyezni, hogy számos ország ökológiai lábnyoma kisebb biológiai kapacitásánál (pl. Ausztrália, Kanada, Norvégia, Oroszország, Svédország, egész Dél-Amerika és Óceánia stb.), így ezek az országok erőforrásokat kölcsönöznek az ökológiai hiánnyal rendelkezők számára. Afrika ökológiai lábnyoma 2004-től haladja meg a földrész biológia kapacitását, Ázsia 1965-ben, a többi földrész már korábban érte el ezt az állapotot. A túllövés napja meghatározható országokra is, pl. hazánkra  $2.36/3.26 \cdot 365 = 264$  nap, tehát szeptember 24. Meghatározható a túllövés napja hazánkra arra az esetre is, ha pl. az Amerikai Egyesült Államok szintjén élnénk, akkor  $2.36/8.59 \cdot 365 = 100$  nap, mely április 10. Ha viszont a Föld valamennyi lakója USA-beli módon élne, akkor  $1.71/9.59 \cdot 365 = 73$  nap, mely március 10. Tehát ezt az egész világra jellemző állapotot jeleníti meg a **túllövés** kifejezés, hiszen az 1970-as évek elejétől **az emberiség ökológiai lábnyoma nagyobb, mint a Föld biológiai kapacitása, vagyis ezért vagyunk a túllövés állapotában**. Ebből következik, hogy a Föld erőforrásait olyan ütemben használjuk, amivel a természet regeneráló képessége már nem képes lépést tartani, tehát **a természet felhalmozott tőkét éljük fel**. Megjegyezzük, hogy meghatározzák az ökológiai lábnyom összetevőit is, és ezek közül – nem meglepően – az energetikai lábnyom növekszik a leggyorsabban, mely az egész emberiségre vonatkozóan az elmúlt ötven évben közel tízszeresére növekedett. E számítások alapján írják azt is, hogy **a Föld megfelelő minőségen mintegy 1.5-2 milliárd** (másutt: 0.5-1 milliárd) **embert képes eltartani**, a mai létszám ennek 3-4-szerese, de 2100 körül a tényleges létszám ennek akár 5-6-szorosa is lehet. **A fenntartható fejlődés a természet és az emberi környezet, a gazdasági növekedés között keresett egyensúlyt (kompromisszumot), és amint a fentiekből következik, nem sok sikerrel**. Így - állítják – csak abban nem volt egyetértés, hogy a fenntartható fejlődés érdekében **mit kellene tenni**. Így ennek szellemében **új megegyezést kellene keresni**, és azt következetesen megvalósítani, mindaddig, amíg a természet nem üt vissza, illetve nem hatásosabban, hiszen igen gyakran ma is visszaüt! Ebben az új megegyezésben figyelembe kellene venni, hogy **a fogyasztás növelésére épített gazdaság minden valószínűség szerint fenntarthatatlan!** Sokan úgy gondolják, hogy ebben az oktatás, a nevelés, a tájékoztatás és az ismeretterjesztés, vagyis a **környezettudat** kialakítása és folyamatos alakítása az elsődleges feladatok között van! Ezt célozza e tárgy is, hiszen a gépészmérnök – rendszerint másokkal együttműködve - szakmájának környezettudatos művelésével igen sokat tehet a megfogalmazott célok elérése érdekében!

A fenntartható fejlődés megvalósítását szolgálják az **ENSZ fejlesztési célkitűzései** 2000-től illetve az újabbak 2016-tól, melyeket nemzetközi szinten, széles egyetértéssel és támogatással dolgoztak ki és fogadtak el. Ezek nemcsak környezetvédelmi célokat tartalmaznak, de a 2016. január 01.-től hatályosaknak már közel fele környezetvédelmi célú (l. az alábbiakban). A Fenntartható Fejlődési Célok elérése érdekében **Ban Ki-moon ENSZ főtitkár** (akinek a megbízatása 2016. december 31.-én ért véget) közreműködésre kérte az **üzleti szektort**. Véleménye szerint „a vállalatok fő tevékenységükön keresztül tudnak hozzájárulni a célok eléréséhez”, s arra kérte őket, „hogy mérjék hatásukat, tűzzenek ki ambiciózus célokat, és átláthatóan kommunikálják eredményeiket.”

A Millenniumi Csúcstalálkozón New Yorkban 189 tagállam képviselői 2000. szeptemberében elfogadták az ENSZ **Millenniumi Nyilatkozatát**. Ebben az államok kötelezettséget vállaltak a mélyszegénységben élők számának csökkentésére, mely szerint felére csökkentik a napi egy dollárnál kevesebből élők, illetve az éhínségtől szenvedők arányát, másrészt 2015. évvégéig elérendő célokat határoztak meg. Ezek az ún. „Millenniumi Fejlesztési Célok” (Millennium Development Goals - MDGs): a mélyszegénység és az éhezés visszaszorítása; az alapszintű oktatás elérhetővé tétele minden területen; a nemek közötti egyenlőség támogatása és a nők lehetőségeinek bővítése; a gyermekhalandóság csökkentése; a szülés előtt álló nőknek és kismamáknak nyújtott egészségügyi szolgáltatások színvonalának javítása; a HIV/AIDS, malária és egyéb betegségek elleni

küzdelem; a környezeti fenntarthatóság biztosítása; valamint a fejlődést szolgáló globális együttműködés kialakítása. A 2015-ben készült értékelő jelentés szerint e célok végrehajtásával valósult meg „**a történelem legsikeresebb szegénység elleni mozgalma**”. Ezt a következő tények támasztják alá a jelentés szerint:

- A mélyszegénységben élő emberek száma több mint felével, 1990 és 2015 között 1.9 milliárdról 836 millióra csökkent.
- Sikerült elérni a nemek közötti egyenlőséget az alapfokú oktatásban az országok többségében.
- Az 5 éves kor alatti gyermekhalandóság aránya több mint felével csökkent 1990 és 2015 között, minthogy 1990-ben minden 1000 élve született gyermek közül 90 halt meg 5 éves kora előtt, míg 2015-re ez 45-re mérséklődött. A gyermekágyi halandóság aránya világszerte 45 százalékkal csökkent.
- 2000 és 2015 között több mint 6.2 millió maláriával kapcsolatos halálesetet sikerült megelőzni, míg a tuberkulózis megelőzése, diagnosztizálása és kezelése körülbelül 37 millió ember életét mentette meg 2000 és 2013 között
- Világszerte 2.1 milliárd ember jutott hozzá fejlett közegészségügyhöz és a szabadban székelő emberek aránya körülbelül felével csökkent 1990 óta; a fejlett országok által nyújtott hivatalos fejlesztési segélyek 66 százalékos emelkedést mutattak 2000 és 2014 között, elérve a 135.2 milliárd dollárt.

A jelentés szerint az elért eredmények ellenére a nemek közötti egyenlőtlenségek fennmaradtak, továbbá nagy a szakadék a legszegényebbek és a leggazdagabbak, valamint a vidéki és a városi területek között, valamint a klímaváltozás és környezeti degradáció aláássa az elért haladást, valamint emberek milliói élnek még mindig szegénységben és éheznek, s nem rendelkeznek hozzáféréssel alapvető szolgáltatásokhoz.

A Rio+20 Fenntartható Fejlődési Konferencia egy kormányközi folyamatot kezdett meg az újabb fenntartható fejlődési célok kidolgozására. Ehhez figyelembe vették azokat a kritikákat is, melyek szerint a korábbi célok túlzottan szűk körűnek bizonyultak a „mai világ komplex kihívásaira való válaszadásban”. A kritikák szerint ugyanis ezt mutatja, hogy 2016-ban világszerte még mindig több mint 600 millió ember nem jutott megfelelő minőségű ivóvízhez és közel egymilliárd ember kénytelen kevesebb, mint napi 1,25 dollárból megélni. Erre 70 ENSZ-tagállam képviselőit tömörítő, magyar társelnökséssel működő munkacsoportot hoztak létre. E csoport 17 új célt (goal) és 169 alcélt (target) fogalmazott meg, melyet 2015. szeptemberében az ENSZ Közgyűlése elfogadta „**Világunk átalakítása: a fenntartható fejlődés 2030-ig szóló programja**” címmel (Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development) Az új fejlesztési célok 2016. január 01.-től 2030. december 31.-ig vannak érvényben. Megvalósulásuk ellenőrzésére indikátorokat dolgoztak ki. E fenntartható fejlődési célok a következők: A szegénység felszámolása. Az éhezés megszüntetése. Egészség és jólét. Minőségi oktatás. Nemek közötti egyenlőség. Tiszta víz és alapvető köztisztaság. Megfizethető és tiszta energia. Tisztességes munka és gazdasági növekedés. Ipar, innováció és infrastruktúra. Egyenlőtlenségek csökkentése. Fenntartható városok és közösségek. Felelős fogyasztás és termelés. Fellépés az éghajlatváltozás ellen. Óceánok és tengerek védelme. Szárazföldi ökoszisztémák védelme. Béke, igazság és erős intézmények. Partnerség a célok eléréséhez.

Hazánk elkötelezett a „**Tiszta víz és alapvető köztisztaság**” (Sustainable Development Goal 6 – SDG6) fenntartható fejlődési cél végrehajtásában, melynek részletesebb kifejtése: „A fenntartható vízgazdálkodás, a vízhez és az alapvető higiéniai ellátásokhoz való hozzáférés biztosítása mindenki számára”. Ennek alcéljai a következők:

- 6.1 2030-ra mindenütt mindenki számára megteremteni a méltányos és igazságos hozzáférést a biztonságos és megfizethető ivóvízhez.
- 6.2 2030-ra megteremteni a mindenki számára megfelelő és igazságos hozzáférést az alapvető szanitációs és higiéniai ellátásokhoz, különös tekintettel a nők, a leányok és a kiszolgáltatott helyzetben levők speciális igényeire, továbbá felszámolni a szabadtéri székletürítést.
- 6.3 2030-ra javítani a vízminőséget a szennyezés csökkentésével, a hulladékterhelés megszüntetésével, a veszélyes anyagok és vegyszerek kibocsátásának minimumra csökkentésével, a kezeletlen szennyvíz mennyiségének felére csökkentésével, valamint az újrafelhasználás és a biztonságos hulladékhasznosítás jelentős növelésével.
- 6.4 2030-ra valamennyi ágazatban jelentősen javítani a vízfelhasználás hatékonyságát, továbbá biztosítani a fenntartható vízkivételt és ivóvízellátást a vízhiány kezelésére, hogy a vízhiányban szenvedő emberek száma is jelentősen csökkenjen.
- 6.5 2030-ra minden szinten megvalósítani az integrált vízgyűjtő gazdálkodást, adott esetben ideértve a határokon átnyúló együttműködést is.
- 6.6 2020-ra védelem alá helyezni és helyreállítani a vízzel kapcsolatos ökoszisztémákat, beleértve a hegyeket, erdőket, vizes élőhelyeket, folyókat, felszín alatti vizeket és tavakat is.
- 6.a 2030-ig bővíteni a fejlődő országokkal való nemzetközi együttműködés és kapacitásfejlesztés támogatását a vízzel, higiéniaival, és szanitációval kapcsolatos tevékenységekben és programokban, beleértve a vízgyűjtést, a vízfelhasználás hatékonyságát, valamint a szennyvízkezelési, hasznosítási és újrafelhasználási technológiákat

- 6.b Támogatni és megerősíteni a helyi közösségek részvételét a vízgazdálkodás és a szanitáció fejlesztésében és igazgatásában.

## VILÁGMÉRETŰ VÁLTOZÁSOK MUTATÓI

Eddigiekben azt igyekeztünk kimutatni, hogy a környezetbe való emberi beavatkozás hatására világméretű változások kezdődtek el és/vagy valósultak meg. Az alábbiakat illetve a bennük végbement változásokat tekintik e folyamat mutatóinak:

**a levegő és éghajlat;**

**a víz és vízkészlet, vízfelhasználás;**

**a biológiai változatosság (biológia sokféleség, biodiverzitás);**

**a népesség;**

**az energia, energiaforrás, energiafogyasztás.**

A következőkben e kérdéseket tárgyaljuk részletesebben.

### Levegő és éghajlat

(globális melegedés, savasodás, szmogok, ózonréteg károsodás)

A földi életet többek között a légkör számunkra kedvező összetétele biztosítja. Ebben két igen kis koncentrációban és kis mennyiségben jelenlévő, de alapvető fontosságú alkotóelem az ózon és a szén-dioxid. Az ózon véd meg az ultraibolya sugárzástól, nélküle nem lenne élet a földön, a szén-dioxid pedig - más üvegházhatású gázokkal együtt - biztosítja a kellemes klímát az üvegházhatás révén. Az emberi tevékenység hatására azonban megváltozott a légkör összetétele, s ennek részeként az ózon mennyisége csökkenni kezdett a sztratoszférában és növekedni a troposzférában, a szén-dioxid mennyisége, kiemelten koncentrációja pedig „gyorsan” növekszik. A **változásokat** elsősorban a **globális felmelegedés**, a **savas esők**, a **szmogok**, az **ózonréteg elvékonyodása** (ózonlyuk) és a **fokozódó korrózió** jelzik. A savas eső kifejezést 1872-ben vezette be Robert Angus Smith angol kémikus; hatásában „kiemelkedő” volt az 1952. évi londoni szmog; az első fotokémiai szmogot 1943-ban Los Angelesben észlelték; az ózonréteg károsodását, néhány hétig tartó ritkulását először az 1970-es években tapasztalták az Antarktisz felett. Megbeszéltük, hogy a kén-dioxid és nitrogén-oxidok kibocsátásának csökkentése sikeresen megvalósult, elsősorban Európában és Észak-Amerikában. Látni fogjuk, hogy az ózonritkulás problémájának kezelése egy másik példa a valóban sikeres nemzetközi összefogásra, amíg a szén-dioxid és más üvegházhatású gázok kezelése lényegében megoldatlan probléma. Megoldására a Kiotó-i megállapodás mellett az éves klímakonferenciákon 2015. decemberében Párizsban tettek kísérletet, kétes sikerrel (l. később).

A **légkör (atmoszféra)** a Földet körülvevő, **a gravitáció által megtartott gázburok**, a benne található gázelegy a levegő. A légkör függőleges irányban kb. 3000 km-ig terjed, felső határa élesen nem határozható meg, fokozatosan megy át a bolygóközi térbe. Az atmoszférát tartományokra osztják, a bioszféra csak a troposzférával és a sztratoszférával van közvetlen kölcsönhatásban, ezért környezetvédelmi szempontból erre a két légköri tartományra fordítjuk figyelmünket. A levegő tiszta állapotban színtelen, szagtalan, környezetünk egyik alapvető eleme, minthogy:

- **az élő szervezetek anyagcseréjének legfőbb összetevője;**
- **az ipar, a mezőgazdaság, a közlekedés fontos nyersanyaga, üzemanyaga.**



A levegő mennyisége  $5.2 \cdot 10^{18}$  kg, mely a Föld tömegének mintegy egymilliomoda, a bioszféra egyetlen eleme, mellyel minden ország területével arányosan rendelkezik. A **levegő** mintegy 50 vegyületet tartalmazó **többkomponensű gázelegy**, összetétele tekintetében **sokkal régebben állandó, minthogy ember él a Földön**. A légköri gázokat részben koncentrációjuk, részben tartózkodási idejük szerint osztályozzák. Koncentráció szerint megkülönböztetik az 1 % (v/v) feletti koncentrációval rendelkező **fő összetevőket**, illetve az ennél kisebb koncentrációjú **nyomgázokat**, légköri tartózkodási idő alapján viszont állandó, változó és erősen változó gázokat. A **száraz levegő 99.96 %-ban oxigén, nitrogén és nemesgázok** (főleg argon) **keveréke**, melyek a **levegő állandó alkotói**. Átlagos moláris tömege 28.96 (közelítőleg 29). Az **erősen változó** komponensek közé tartozik a **vízgőz**, melynek koncentrációja igen széles tartományban változik (40-40000 ppm között, tehát akár 4 % (v/v) is lehet), de átlagosan mintegy 4000 ppm, tehát 0.4 % (v/v) illetve 0.25 %, m/m), összes légköri mennyisége  $13 \cdot 10^{12}$  t ( $13000 \text{ km}^3$ ). Átlagos légköri tartózkodási ideje 9 nap, vagyis a légköri víz évente átlagosan mintegy negyvenszer cserélődik ki. Ennek legalább 99 %-a a troposzférában található, 95 %-a gőzhalmazállapotban van jelen, 5 % a felhőkben található, köd vagy jég formában. Az atmoszféra fontos **alkotói a nem gázhalmazállapotú anyagok is**, mint a **levegő szilárd és cseppfolyós részecskék (aeroszolok)**. A fő alkotók közül az oxigén és a nitrogén, valamint az ózon és a vízgőz koncentrációja a magassággal csökken. A levegő összetétele a természeti folyamatok eredményeként helyileg és időszakosan ingadozhat (természeti katasztrófák, tűzhányók, rothadás stb.), de az emberi emisszió is változásokat idéz elő.

A problémákat a kis koncentrációban jelenlévő komponensek, az ún. **nyomgázok** (nyomokban jelenlévő gázok, nyomanyagok) okozzák. E komponensek között kiemeljük a **szén-dioxidot**, a **metánt**, a **kén-dioxidot**, a **nitrogén-oxidokat**, továbbá a **freonokat**, minthogy ezek okozzák a korábban felsorolt problémákat. A nyomokban jelenlévő komponensek közül a szén-dioxid a leggyakoribb a levegőmolekulák között, s ma közel 410 szén-dioxid molekula van a levegőt alkotó egy millió gázmolekula között. Tény, hogy a 19. század (lényegében az iparosítás) kezdete óta jelentősen nőtt a fosszilis tüzelőanyagok elégetésének mértéke, ezzel egyidejűleg világméretűvé vált az erdők pusztulása/irtása és erre az időszakra esik a földművelés gyakorlatának jelentős mértékű megváltozása is. Ezek együttes hatására felborult az egyensúly az atmoszférába bocsátott és az onnan eltávolított szén-dioxid mennyisége között, melynek eredményeként világméreteken közel egyenletesen megnőtt az atmoszférában a **szén-dioxid koncentrációja**, s ma **kb. 50 %-kal haladja meg a másfél évszázaddal ezelőtti értéket**. A légköri levegőbe az élő szervezetek és a talajban lejátszódó oxidációs folyamatok eredményeként állandóan kerül szén-dioxid, de ezt a zöld növények asszimilációs folyamataikhoz a fotoszintézis révén felhasználják, közben oxigént termelnek. Ezért mondják, hogy **az oxigén a bioszféra terméke**. Úgy vélik, hogy a levegő szén-dioxid egyensúlyát főleg az emberi tevékenységből eredő szén-dioxid kibocsátás bontja meg, s az üvegházhatás fokozódása révén a **globális felmelegedés** jelenségét eredményezi. Ugyancsak igen kis koncentrációban található a **kén-dioxid**, a legnagyobb kibocsátás helyén is legfeljebb 50 kén-dioxid molekula található a levegőt alkotó 1 milliárd gázmolekula között (50 ppb), de mégis felelős a savas esőkért, a savas ülepedésért, a fémek és a kőzetek, illetve a mészkővel borított történelmi épületek ún. **civilizációs korróziójáért**. Ezért határozták el kibocsátásának csökkentését Helsinkiben (1985) és Oslóban (1994) (l. előbb). Ennél még kisebb gyakorisággal található nitrogén-oxid molekulák a légkörben, de részben felelősek a savas esőkért, s részben az ózonlyuk kialakulásáért. A nitrogén-oxidok kibocsátásának csökkentését Szófiában határozták el (1988). Különleges helyet foglalnak el a **halogénezett szénhidrogének** (klórozott-fluorozott szénhidrogének), melyek **a múlt század közepén jelentek meg a légkörben**. A megnevezett káros jelenségeket a nyomokban előforduló komponensek okozzák, melyek:

- **szén-dioxid (CO<sub>2</sub>)**
- **metán (CH<sub>4</sub>)**
- **kén-dioxid (SO<sub>2</sub>)**
- **nitrogén-oxidok (NO<sub>x</sub>)**
- **halogénezett szénhidrogének (CFC-k).**

A globális felmelegedés megértését segítheti az atmoszféra fontosabb jellemzőinek ismerete, ezért ezeket röviden összefoglaljuk a következőkben, kisebb betűméretben.

**Levegő:** A légkör összetétele az idők folyamán sokat változott. Az ún. **ősatmoszféra** - elsődleges légkör - redukáló tulajdonságú volt, főként hidrogént, héliumot és egyéb alkotókat tartalmazott (ammónia, metán, nitrogén, vízgőz, szén-dioxid), oxigén csak elenyésző koncentrációban volt jelen. A redukáló komponensek az oxidáció révén fokozatosan átalakultak, csökkent a hidrogén koncentrációja és kis koncentrációban megjelent az oxigén, a **mai oxigénszint** azonban csak **350-400 millió évvel ezelőtt jött létre**. Az átalakulás révén erősen oxidáló hatású légkör alakult ki, melyben redukált állapotú gázok is maradtak, de csak nyomokban, legnagyobb koncentrációban a metán. Ennek ellenére ezek az ún. **nyomgázok** számos légköri folyamat szabályozásában aktívan részt vesznek. Így a légkör messze van a fizikai-kémiai egyensúlyi állapottól. A légkör alsó 25-30 km vastagságú rétegének átlagos összetétele (száraz állapotban) térfogatszázalékban az **állandó komponensekben** és ezek átlagos tartózkodási ideje a légkörben:

|          |        |                        |
|----------|--------|------------------------|
| nitrogén | 78.084 | 10 <sup>6</sup> év     |
| oxigén   | 20.946 | 3.8·10 <sup>3</sup> év |
| argon    | 0.934  | kb. 10 <sup>7</sup> év |

ill. az egyéb nemes gázok koncentrációja ppm-ben (pars/million, azaz a milliommód rész) a következő:

|         |       |                        |
|---------|-------|------------------------|
| neon    | 18.18 |                        |
| hélium  | 5.24  | kb. 10 <sup>7</sup> év |
| kripton | 1.14  |                        |
| xenon   | 0.087 |                        |

Az állandó komponensek mellett **változó komponensek** fordulnak elő a légköri levegőben, melyek koncentrációja (ppm-ben, azaz a milliommód részben) és átlagos légköri tartózkodási idejük (évben):

|                                       |        |         |
|---------------------------------------|--------|---------|
| szén-dioxid (CO <sub>2</sub> )        | 360.0  | 4       |
| metán (CH <sub>4</sub> )              | 1.7    | 10      |
| hidrogén (H <sub>2</sub> )            | 0.55   | 2       |
| dinitrogén-oxid (N <sub>2</sub> O)    | 0.31   | 150     |
| freonok (halogénezett szénhidrogének) | 0.001  | kb. 100 |
| metil-klorid (CH <sub>3</sub> Cl)     | 0.0006 | 1.5     |
| karbonil-szulfid (COS)                | 0.0005 | 40      |

Az **erősen változó komponensek** tartózkodási ideje néhány nap, melyek koncentrációja ppb-ben (pars/billion, azaz a milliárdod rész) és tartózkodási idejük a következő:

|   |            |                   |
|---|------------|-------------------|
| szén-monoxid (CO)                                 | kb. 100    | 0.1 év            |
| ózon (O <sub>3</sub> )                            | kb. 30     | 5-10 nap          |
| nitrogén-dioxid (NO <sub>2</sub> )                | 0.01-2.0   | 3 nap             |
| ammónia (NH <sub>3</sub> )                        | 0.01-2.0   | 5 nap             |
| kén-dioxid (SO <sub>2</sub> )                     | 0.01-5.0   | 2 nap             |
| dimetil-szulfid (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S | 0.001-0.05 | 1 napnál rövidebb |
| szénhidrogének (metán kivételével)                | 1-10       | 0.5-10 nap        |

A táblázatból látható, hogy az állandó komponensek tartózkodási ideje meghaladja az ezer évet, a változó komponensek tartózkodási ideje 1-100 év között van, az erősen változó komponenseknek pedig általában 10 napnál rövidebb a tartózkodási idejük (kivéve a szén-monoxidot). A nemes gázokra általában nem is beszélnek tartózkodási időről, mivel sem forrásaik, sem nyelőik nincsenek (a héliumot kivéve, mely a földkéregben bomlással keletkezik, s lassan a világűrbe távozik). Az erősen változó komponensek kémiai reakciókban vesznek részt (pl. aeroszol részecskékké alakulnak), és/vagy vízben jól oldódnak, így tartózkodási idejüket a víz körforgalma határozza meg, tehát tartózkodási idejük nem lehet hosszabb a víz tartózkodási idejénél. A **tartózkodási idő** egyébként szorosan összefügg a komponens koncentrációjának térbeli és időbeli változásával: minél hosszabb a komponens tartózkodási ideje, annál kisebb koncentrációjának térbeli és időbeli változékonysága. Így az oxigén, a nitrogén és a nemes gázok koncentrációja a jelenlegi légkörben, térben és időben állandó, az ember nem képes ezeknek a megváltoztatására, mivel tartózkodási idejük rendkívül nagy. A nyomgázok nagy része viszont az emberi tevékenységből származik. A tartózkodási idő jelentőségét kiemeli, ha

értékét a **légköri keveredési idővel** hasonlítjuk össze. A légkör alsó, kb. 10-15 km magasságú rétegében függőlegesen vagy a földrajzi szélesség mentén (nyugat-kelet irányban) egy-két hét a keveredési idő, amiből adódóan az erősen változó gázoknak nincs idejük az elkeveredésre, így koncentrációjuk térben is időben igen eltérő lehet. Észak-déli irányban a főlombi keveredési idő kb. egy év, az egész lépkörre pedig néhány év. Így csak a változó gázok tudnak elkeveredni, koncentrációjuk csak a forrásaik eloszlásától függ valamelyest. A sztratoszférába elsősorban az igen hosszú (10-100 év) tartózkodási idejű gázok kerülnek, amiből következik, hogy az ózon lebontásában főleg a természetes forrásokból származó dinitrogén-oxid és az antropogén eredetű halogénezett szénhidrogének (CFC-k) játszanak szerepet. (Mészáros, 2002.; Rákóczi, 1998).

A földi légkörben az **oxigén a bioszféra terméke**, minthogy a növények a Nap energiáját felhasználva vízből és szén-dioxidból állították, illetve állítják elő. Jelenléte alapvető jelentőségű, mivel oxidációval lehetővé teszi az energiatermelést. Így az állatok és az ember légzéssel és szénhidrátok felvételével visszanyerik azt az energiát, amelyet a növények a napenergiából felhasználtak. Az oxigén részt vesz az elhalt élő anyagok lebontásában, másrészt az ember az energiát a fosszilis tüzelőanyagok elégetésével (oxidálásával) nyeri. **Az oxigén légköri koncentrációja** – a szén-dioxid koncentrációjának növekedésével azonos mértékben – **csökken**, mely elhanyagolható mértékű, de kimutatható.

A Földön kialakult állapotok alapvetően különböznek a Naprendszer többi bolygóján uralkodó állapotoktól. Csak összehasonlításképp: a Földhöz legközelebbi két bolygó, a nagynyomású **Vénusz** és a kisnyomású **Mars** légkörét főleg szén-dioxid alkotja, ami az üvegházhatás eredményeként igen magas felszíni hőmérsékletet eredményez, ráadásul a Vénusz közelebb is van a Naphoz (kb. 28 %-kal). Mindkettő légkörében még kismennyiségű nitrogén (kb. 3.5 ill. 1 %-ban) és a Mars esetében még kismennyiségű oxigén is található (kb. 2 %-ban). Becslések szerint ha a Föld csupán 6 %-kal lenne közelebb a Naphoz, olyan „pokoli” hőmérséklet és nagy nyomás alakulna ki a Földön is, mely az életet lehetetlenné tenné.

A légkör függőleges irányban tartományokra osztható, melyek:

80 km-ig a belső légkör

0 - ~ 12 km **troposzféra** (átlagos magassága az Egyenlítő felett 18 km, a sarkok felett 8 km, a troposzférában van a légkör tömegének kb. 80 %-a, az időjárási jelenségek nagy része itt játszódik le, az üvegházhatás és a globális felmelegedés itt megy végbe, a hőt a földfelszíntől kapja, így hőmérséklete csökken a magasság növekedésével, felső határán a hőmérséklet -50 °C, -60 °C, e miatt a troposzférában erőteljes a függőleges keveredés);

12 - ~ 50 km **sztratoszféra** (ez tartalmazza az ózon 90 %-át, itt található az aeroszolok nagy része, hőmérséklete emelkedik a magassággal az ózonmolekulák sugárzást elnyelő hatása miatt, tehát a melegebb légrétegek felül, a hidegebb légrétegek alul helyezkednek el, ezért a függőleges irányú keveredés igen gyenge, a nyomógázok tartózkodási ideje hosszú; a globális felmelegedéssel ellentétben hőmérséklete csökken, a csökkenés egyik oka az ózonkoncentráció csökkenés);

50 - ~ 80/85 km **mezoszféra** (hőmérséklete ismét csökken a magassággal, legfelső rétege a légkör leghidegebb része, hőmérséklete -120 °C-ig süllyed);

80 km felett a külső légkör

80 - 2000 km között ionoszféra vagy termoszféra;

2000 km felett az exoszféra.

A Föld felszínén illetve a troposzféra alján elhelyezkedő bioszféra csak a troposzférával és a sztratoszférával van közvetlen kölcsönhatásban, ezért környezetvédelmi szempontból erre a két légköri tartományra fordítjuk figyelmünket. Az egyes tartományok között jelentős hőmérséklet és részecske koncentráció különbség van. A tartományokat a tropopauza, a sztratopauza, a mezopauza és a termopauza választja el. Homogenitás szempontjából megkülönböztetik a homoszférát kb. 80-90 km-es magasságig, melyben az igen intenzív keveredés révén a levegő összetétele állandó a magasság mentén, s e felett van a heteroszféra, melyre a gázok molekulatömeg szerinti rétegződése jellemző a gravitációs ülepedés miatt (Mészáros, 2002. ; Rákóczi, 1998.).

**Metán (CH<sub>4</sub>):** légköri koncentrációja a 16. század óta több mint kétszeresére növekedett, főleg a mezőgazdasági eredetű kibocsátás növekedése miatt (az ipar - a bányászat - a kibocsátás 25 %-át adja, a többi mezőgazdasági eredetű: az állattenyésztés 28 %-kal, a rizstermesztés 15 %-kal, a szerves hulladékok és a műtrágyázás 15 %-kal, a biomassza égetés 10 %-kal és a szántóföldek feltörése 7 %-kal járul hozzá a kibocsátáshoz).

Az éghajlatváltozásban legnagyobb hangsúly a **globális felmelegedésen** van. Okaként főleg azt tekintik, hogy az elmúlt másfél-két évszázad során kimutatható mértékben növekedett az **üvegházhatású gázok** légköri koncentrációja, a 20. században mindegyiknél

jelentős a növekedés és a század második felében (kiemelten az utóbbi két-három évtizedben) tovább gyorsult. Adatok szerint **az ipari forradalom óta a szén-dioxid koncentrációja közel 50 %-kal, a metáné közel 150 %-kal, a dinitrogén-oxidé mintegy 20 %-kal haladja meg az ipari forradalom előtti értékeket.** Egy kilogrammra vetítve a metán üvegházhatása 25-szöröse, a dinitrogén-oxidé pedig 298-szorosa a szén-dioxidénak (100 éves időtávra). (a melegítési potenciálról – GWP – kisebb betűméretben olvashat). A mesterséges eredetű freonok korábban nem voltak jelen a légkörben, kimutatható mennyiségben csak az 1950-es években jelentek meg. Ennek hatására növekszik a visszatartott kisugárzás mennyisége, mely a földfelszín felmelegedéséhez vezet, erősödött az egész Földre kiterjedő éghajlatváltozás kockázata. Legnagyobb mértékű változás kétségtelenül a szén-dioxid kibocsátásában következett be: az ipari kibocsátás 1860-ban 140 millió, 1910-ben 1.1 milliárd, **1990-ben 21 milliárd** és 2000-ben 23 milliárd, míg 2017-ben 33 milliárd tonna volt. **Napjainkban 35 milliárd tonna körül alakul.** Ennek háromnegyedét a fejlett ipari országok bocsátják ki és közel 60 %-át öt ország adja. A 2016-ban kibocsátott érték 36 milliárd tonna volt, a legfőbb kibocsátó öt ország és részesedésük a következő: Kína: 29 %; USA: 14 %; India: 7 %; Oroszország: 4.6 % és Japán: 3.5 %. Az Európai Unió (EU 28) együttesen a kibocsátás 10 %-át adta. Magyarországon mintegy 44 millió tonna szén-dioxidot bocsátottunk ki, a világon kibocsátott mennyiség 0.12 %-át. A történelmi hűség okán megjegyezzük, hogy az 1970-2013 közötti időszakban az összesített kibocsátásban legnagyobb kibocsátó az USA, majd az EU 28 következik, s Kína a harmadik, Kína kibocsátása a 2000-es években nőtt meg többszörösére, drasztikusan. Az egész világra az egy főre vetített fajlagos érték 5 t/év, az USA-ra 16 t/év, Kínára 8 t/év, hazánkra pedig 4.5 t/év. **Az antropogén eredetű szén-dioxid kibocsátás fő forrásai:** erőművek és finomítók, cementgyártás, gázgyártás, acélgégyártás, és jelentősen csökkent az elnyelés az erdőirtás következtében.

**A szén-dioxid kibocsátás 1990 óta közel kétszeresére emelkedett, a növekedés az elmúlt években töretlen volt, az 1997-ben elfogadott és 2005-ben hatályba lépett kiotói megállapodás ellenére. A metán és a dinitrogén-oxid koncentrációja elsősorban mezőgazdasági okok következtében növekedett.** Emlékeztetőül: az üvegházhatás előidézésében legnagyobb hatású a vízgőz, melyet rendszerint nem vagy ritkábban emlegetjük a globális felmelegedés kapcsán, mivel légköri mennyiségét az emberi tevékenység - a jelentős kibocsátás ellenére - nem tudja megváltoztatni, hiszen egyrészt igen nagy mennyiséget tartalmaz belőle a légkör, másrészt átlagos légköri tartózkodási ideje rövid (9 nap). Az átlagos hőmérséklet növekedésével a légkörben tartózkodó vízgőz mennyisége értelemszerűen növekszik, de ennek hatása kisebb a többi üvegházhatású gázhoz képest.

A **szén-dioxid** koncentrációjának alakulása az iparosítás előtti időszaktól napjainkig, illetve a becsült érték 2100-ban a következő:

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>iparosítás előtt (1000-1750 között)</b> | <b>280 ppm</b>                    |
| 1800-as évek végén                         | 300 ppm                           |
| 1980                                       | 339 ppm                           |
| 1990                                       | 354 ppm                           |
| 2000                                       | 368 ppm                           |
| 2018                                       | 408 ppm                           |
| <b>2020. február 16.</b>                   | <b>414 ppm</b> (növekvő fázisban) |
| 2100                                       | 600 ppm vagy akár még nagyobb.    |

Megjegyzések: (1) az utolsó érték extrapoláció, feltételezve a mai kibocsátási szintet; (2) a szén-dioxid koncentrációjával megegyezően csökkent az oxigén koncentrációja, melyet mérésekkel kimutattak; (3) a klímakutatók többsége szerint a 450 ppm-es légköri szén-dioxid-koncentráció már visszafordíthatatlan következményekkel járna az éghajlatváltozás szempontjából, de a földtörténetben előfordult már 1800 ppm-es

légköri koncentráció is, mégsem lett belőle a bioszférára, a társadalomra nézve pusztító esemény (kataklizma: Wikipédia: Szén-dioxid).

**Dinitrogén-oxid:** vízben és alkoholban jól oldódó, színtelen, kellemes édeskés ízű és szagú, könnyen cseppfolyósítható gáz. Vízrel nem lép kémiai reakcióba, nem gyúlékony, az égést táplálja, mivel könnyen bomlik nitrogénre és oxigénre. Kisebb mennyiségben belelegezve nevetést, mámort okoz, nagyobb mennyiségben érzéstelenítő és kábító hatása (innen a kéjgáz illetve a nevető gáz elnevezés). Ezért oxigénnel keverve altatógázként használják, foghúzások alkalmával pedig érzéstelenítésre. Habszifonokban szén-dioxid helyett használják. Egyre gyakrabban drogként is feltűnik mámorító hatása miatt. Belsőégésű motorok teljesítményét növeli, az égést fokozó oxidáló hatása miatt. A Föld légkörében jelenlévő dinitrogén-oxid gáznak üvegházhatása van, tehát koncentrációjának növekedése növeli a globális felmelegedést. Természetes forrása a talajban végbemenő nitrifikáció és denitrifikáció, antropogén forrása a műtrágyagyártás és a műtrágyázás. Szennyvíztisztítás során is keletkezik.

Az 1960-as évek második felére vált egyértelművé, hogy a légkör szén-dioxid tartalma fokozatosan növekszik, s mivel a szén-dioxid üvegházhatású gáz, ezért ez a földi éghajlat megváltozását okozhatja. Erre a kockázatra tekintettel a Meteorológiai Világszervezet (WMO) az akkoriban megszervezés alatt álló globális háttérlevegőszennyezettség-mérő hálózat (mai nevén Global Atmosphere Watch) mérési programjába beemelte a szén-dioxid légköri koncentrációjának mérését is. A szén-dioxid koncentrációját azonban 1958. óta mérik nagy pontossággal, Hawai Mauna Loa (Hosszú) hegyén, melyben **Charles Keeling** úttörő szerepét kell megemlíteni. Régebbi korok légköri szén-dioxid koncentrációjára a jégfúrással felszínre hozott jégmintákba zárt légbuborékok vizsgálatából lehet következtetni. Ezekből megállapították, hogy a 19. század közepét megelőzően **a szén-dioxid koncentrációja ma nagyobb, mint bármikor az elmúlt 800 ezer évben és feltehetően nagyobb, mint bármikor az elmúlt 20 millió évben, és az elmúlt pár ezer évben egészen a 19. század közepéig gyakorlatilag állandó volt 270-280 (275-285) ppm közötti értékekkel.** Ezt az időszakot követően folyamatosan növekedve érte el a mai 400 ppm feletti szintet, melyhez az előző évszázad utolsó harmadában átlagosan 1.5 ppm értékkel, a 2000-es években pedig 2 ppm értékkel növekedett évente. **Sok ezer vagy több tízezer évvel ezelőtt az emberiségnek nem volt köze a szén-dioxid koncentráció változásaihoz, de az utóbbi másfél évszázadban bekövetkezett folyamatos növekedés az emberi tevékenység - a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának – eredménye, vagy az is lehet.**

**Hazánkban** az 1980-as évek elejétől heti gyakorisággal mérik a szén-dioxid koncentrációját a K(ecske-mét)-pusztai és a hegyhátsági állomásokon (1980-tól illetve 1993-tól). A mérések növekedést mutatnak, mely megfelel a globális változásnak, de valamivel felette halad, melyet az ország földrajzi fekvése indokol (óceánoktól távol, szennyezőforrásokhoz közel, zárt medence). A változás nem egyenletes. Az ország éves középhőmérsékleti értékeiről már írtunk, de a kisebb terület miatt nagyobb a változékonyság, az évszakok tekintetében nem egyenletesen, tavasszal és nyáron nagyobb hőmérséklet-emelkedés következett be. **A melegedési tendenciát a nyarak tükrözik leginkább.** Az éves csapadék mennyisége csökkent, 109 év alatt 7 %-os a csökkenés. Az országos évi csapadékösszeg 1971 és 2000 közötti átlaga 568 mm. A csapadék térben és időben nagyon változó, így a – az éghajlatváltozás hatására bekövetkező – tendenciákat nehezebb kimutatni, mint a hőmérséklet esetén. Míg az évi középhőmérséklet az elmúlt 30 évben szignifikáns növekedést mutat, addig a csapadék változása még egy hosszabb, 50 évet felölelő időszakban sem mutatható ki egyértelműen (bár vannak olyan források is, melyek szerint az átlagos csapadék mennyisége 640 mm-ről 560 mm-re csökkent, a téli csapadék nagyobb, a nyári kisebb mértékben csökkent). A sztratoszféra hőmérsékletcsökkenésére 20 km magasan 2.7 °C értéket mértek. Az ózon koncentrációjának csökkenése – a világra jellemző helyzettel megegyezően – az 1990-es években volt a legnagyobb, a „gyógyulás” nálunk is megkezdődött,

de a koncentráció még mindig kisebb a sokéves átlagnál. (Éghajlatváltozás. Országos Meteorológiai Szolgálat)

**Jégmag:** a régmúltban felgyűlt, az idők folyamán újakristályosodott hó és jég mélyebb rétegeiből vett minta, melyeket **jégfúrással hoznak a felszínre**. A jégmag minden egyes szelete a múltból szolgál bizonyítékokkal. Általában az Antarktisz (mint legfontosabb mintavevő hely) és Grönland mélyéből, illetve gleccserekből gyűjtenek jégmagokat. A jégmag csapdába esett levegőbuborékokat tartalmaz, melyek összetétele, különösen az oxigén- és a hidrogénizotópok aránya, segít a minta keletkezési idejében uralkodó klíma meghatározásában. Ha deutériumból sok van egy jégmintában, az nagyobb hőmérsékletre (melegebb klímára) utal, ha kevés, akkor hidegebbre. A jégmagokból így a légköri gázok koncentrációja is számítható. Az Antarktisz jegéből (az orosz Vosztok állomás) 320000, 420000 és 720000 éves mintákat is vettek, így ennyi évre tekinthetünk vissza a Föld légköri viszonyaira.

Elsőként **Charles David Keeling** (1928-2005) amerikai kutató irányításával mérték meg a légkör szén-dioxid-koncentrációját a hawaii **Mauna Loa** vulkanikus hegy északi lejtőjére telepített obszervatóriumban, általa kifejlesztett műszerrel, 1958-ban, mely állomás azóta is működik. A Mauna Loa (magyarul: Hosszú Hegy) a **földkerekség legnagyobb vulkánja**, 1843 óta 33-szor tört ki, utoljára 1984-ben. Az obszervatórium 3400 méterrel a tengerszint felett van, jóval az emberi behatás magassága felett, lakott területektől távol, így az emberi tevékenység és a növényzet hatása elenyésző, tehát az egyik legjobb helyszín a földkerekség atmoszférájában bekövetkező változások kimutatására. A mérési eredményeket a vulkanikus szén-dioxid kibocsátás hatásának kiküszöbölése céljából helyesbítik. Az eredményeket grafikonon ábrázolják, és ez a **Keeling-görbe**. Az obszervatórium adatai szerint a szén-dioxid éves átlagos koncentráció az 1958-ban mért 315 ppm-ről a 2008-ban mért 385 ppm-re emelkedett (ugyanebben az időszakban az Antarktiszban a változás: 315-380 ppm). Charles Keeling egyértelműen a fosszilis tüzelőanyagok elégetésének tulajdonította a szén-dioxid koncentráció folyamatos emelkedését. A grafikonon kb. 3-9 (átlagosan 5) ppm-es szezonális ingadozás is megfigyelhető, vagyis a görbe **fűrészfog-jellegű**, aminek az északi félteke erdeiben zajló évszakos változás az oka. Az erdők ugyanis minden tavasszal hatalmas mennyiségű szén-dioxidot vonnak ki az atmoszférából a fotoszintézis révén, ami a Keeling-görbén a koncentráció visszaesésében jelenik meg. Az őszi beköszöntével viszont növekedni kezd a szén-dioxid koncentráció, a szerves anyagok természetes lebomlása következtében keletkező szén-dioxid révén. A Keeling-görbe azonban azt is mutatja, hogy minden tavasszal egy kicsivel nagyobb szén-dioxid koncentrációról indul a csökkenés, mint előző évben, tehát lassan növekszik a légköri koncentrációja. A XX. század végétől a szezonális ingadozás növekedését is megfigyelik. Megjegyezzük, hogy Keeling az 1960-as évek közepéig a Déli-sarkon is mérte a szén-dioxid koncentrációját, melyre vonatkozóan kimutatta, hogy az itt mért növekedés összhangban van a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásából becsülhető mértéknek. Munkája elismeréseként Charles Keeling 2002-ben G. W. Bush elnöktől megkapta a legmagasabb amerikai tudományos elismerést, a National Medal of Science-et (megjegyezzük, hogy ezt a kitüntetést, alapítását követően, elsőként 1963. februárjában Kármán Tódor vehette át J.F. Kennedy elnöktől, nem sokkal mindkettőjük halála előtt). A Mauna Loa obszervatórium az egyetlen vizsgálati állomás, mely 1958 óta folyamatosan és megbízhatóan szolgáltat adatokat a légköri szén-dioxid koncentrációjának változásáról. Ma kb. 100 hasonló meteorológiai állomás működik a Földön, így a Mauna Loa állomásról származó adatokat más független források is megerősítik. Megjegyezzük, hogy a **szén-dioxid koncentrációjának a növekedése nem egyenletes**, ugyanis 1991-et követően átlagosan 6.5 ppm-mel csökkent a koncentráció. Valószínűsítik, hogy az 1991. júniusi fülöp-szigeteki Mount Pinatubo tűzhányó kitörése során a légkörbe került nagy - 7 km<sup>3</sup>-re becsült - mennyiségű **finom szemcsés por – aeroszol** - hosszú légköri tartózkodásának hatására, mely a Földön öt éven keresztül 1 °C globális hőmérsékletcsökkenést is előidézett), de 1993 óta a növekedés mértéke meghaladja a korábbiakat (az aeroszolok hatását később tárgyaljuk).

A szén-dioxid kibocsátására vonatkozó adatokból könnyen kiszámítható, hogy az utóbbi másfél évszázadban, lényegében a nagyméretű iparosítás óta, mintegy 788 milliárd tonnával ( $788 \cdot 10^9$  t) növekedett a levegő szén-dioxid tartalma és jelenleg kb. 3154 milliárd tonna ( $3154 \cdot 10^9$  t) szén-dioxidot tartalmaz a légkör, amíg másfél évszázada ez 2366 milliárd tonna körül volt ( $2366 \cdot 10^9$  t). Itt jegyezzük meg, hogy a **légkör szén-dioxid tartalma** egyébként a **szerves élet egyik forrása**, hisz a zöld növények fotoszintézis útján az élő anyagukba építik azt.

Az üvegházhatású gázok az egész Földre kiterjedő melegedést okoznak (tehát hatásuk globális), szemben a kén-dioxid és az aeroszol részecskék hatásával, mely jobban követi a kibocsátás földrajzi eloszlását (de ezt a szélrendszer természetesen módosíthatja). A következő táblázat az üvegházhatású gázok koncentrációját és a globális felmelegedéshez való hozzájárulásuk mértékét adja meg, különböző években:

| Komponens | légköri koncentrációja | hozzájárulása a |
|-----------|------------------------|-----------------|
|-----------|------------------------|-----------------|

|                 | ppm-ben    |          |          | felmelegedéshez %-ban |         |
|-----------------|------------|----------|----------|-----------------------|---------|
|                 | 1860 előtt | 2000-ben | 2030-ban | 2000-ig               | 2030-ig |
| Szén-dioxid     | 280        | 375      | 450      | 44-50                 | 51-66   |
| Metán           | 0.7        | 1.7      | 2.4      | 6-18                  | 3-23    |
| Dinitrogén-oxid | 0.28       | 0.3      | 0.4      | 3-6                   | 6-9     |
| Freonok         | 0.0008     | 0.0031   | 0.006    | 35-39                 | 20-23   |

Az éghajlatváltozás kockázatainak vizsgálatára az ENSZ égisze alatt nemzetközi intézkedések is születtek, melyeket már korábban is említettünk. Így 1988.-ban megalakult az **Éghajlat-változási Kormányközi Testület**, mely világviszonylatban foglalkozik e kérdéssel, vizsgálatairól jelentésekben számol be (erről később több tájékoztatást adunk kisebb betűmérettel). A Testület **három fő témakörben** készít átfogó elemzéseket: értékeli és rendszerezi a globális felmelegedés kiváltó okaira rendelkezésre álló tudományos ismereteket; elemzi az éghajlatváltozás következményeit a környezetre és a gazdaságra; áttekinti és értékeli a szükséges és lehetséges válaszstratégiákat. A Testület 1990-ben, 1996-ban, 2001-ben, 2007-ben és 2012-ben adott ki jelentést. A hosszabb távú vizsgálatokhoz egymástól jelentősen eltérő **forгатókönyveket dolgoztak ki**, melyekben különböző feltételekkel éltek pl. a gazdasági növekedés mértékére, a felhasznált energia forrására - ez az ún. energia-mix (energiaköztől) -, a népesség növekedésének mértékére, a környezetvédelmi tevékenység felgyorsulására illetve ennek hatására stb., majd ezekre becsülték a szennyező anyagok kibocsátását és a klímaváltozás mértékét. Az első **jelentések csak valószínűsítik, az újabbak már egyértelmű kapcsolatot mutatnak ki az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése és a felmelegedés között**. A Testület **negyedik jelentése 2007-ben látott napvilágot**, melyben az átlagos hőmérséklet növekedésére **2100-ra 1.1-6.4 °C-t becsülnek, de legnagyobb valószínűséggel 2-4.5 °C közötti hőmérsékletnövekedés következik be, a legjobb becslés kb. 3 °C**. Kimutatták, hogy **1.5 °C alatti növekedés nagyon valószínűtlen, de a 4.5 °C-ot meghaladó emelkedés sem zárható ki**. Tehát a legpesszimistább becslések szerint is ebben az évszázadban 3 °C hőmérsékletnövekedés lép fel, ha nem teszünk semmit elkerülésére. A jelentés nem tartalmaz a korábbiaktól alapvetően eltérő vagy azoknak ellentmondó megállapításokat, de a kijelentések tudományos bizonyossága erősödött, és kézenfekvőbbé vált, hogy komolyan számolnunk kell a nagyobb mértékű változásokkal, ezek következményeivel, melyek csak hathatós intézkedésekkel kerülhetők el. A Testület megállapította, hogy **az elmúlt fél évszázadban bekövetkezett melegedés példa nélküli legalább a megelőző 1300 évben, a sarkvidékek viszont csak kb. 125 ezer évvel ezelőtt voltak ilyen melegek**. Nagyon valószínűnek tartják, hogy a 20. század közepe óta megfigyelt globális átlagos hőmérsékletemelkedés nagy része **az üvegházhatású gázok antropogén kibocsátásának a hatása**. A hazánkat is érintő megállapítás szerint „Közép- és Kelet-Európában várható a nyári csapadékmennyiség csökkenése, ami növekvő vízgondokat okoz. A hóhullámok egészségügyi kockázata várhatóan növekszik. Az erdők termőképessége valószínűleg romlik és növekszik a tűzesetek gyakorisága”.

Az üvegházhatású gázok mellett vannak **további léghő "melegítő" hatások**, melyek: a troposzférikus ózonkoncentráció emelkedése, a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből származó aeroszolok mennyiségének növekedése, a repülőgépekből a légkörbe kerülő égéstermékek hatása, valamint a Nap sugárzásának változásai. A sugárzási kényszer megváltozásához sokkal kisebb mértékben járulnak hozzá a **léghő "hűtő" folyamatok**: a sztratoszférikus ózonkoncentráció csökkenése, a szulfát-aeroszolok és a szerves anyagok égetéséből származó aeroszolok mennyiségének növekedése, valamint a földhasználatban bekövetkezett változások. Az aeroszolok visszaverődés és elnyelés révén csökkentik a Föld felszínét elérő sugárzás mennyiségét (közülük elsősorban a szulfát- és a nitráttartalmú lebegő

részecskék, melyek nagyrészt a fosszilis tüzelőanyagok felhasználása révén kerülnek a légkörbe). Becslések szerint az aeroszolok sűrűn iparosodott területeken a globális felmelegedés felét is ellensúlyozhatják. E jelenségek tehát **a globális felmelegedés mértékét csökkentik**, közülük **legjelentősebb az aeroszolok hűtőhatása**.

**Szén-dioxid (CO<sub>2</sub>):** A szén tökéletes égésének terméke, szintelen, gyengén savanykás ízű, nem éghető, könnyen cseppfolyósítható, megszilárdítható gáz (szárazjég). A vízben jól oldódik, azzal részben kémiaiilag szénsavvá egyesül. A levegőnek, ill. az atmoszférának állandó komponense kb. 0.04 %-ban. Zárt helyiségben ez jelentősen megnövekedhet, mivel az ember által kilélegzett levegő kb. 4 %-ban tartalmaz szén-dioxidot. Szerves anyagok lassú (alkoholos erjedés, rothadás) és gyors égése során keletkezik. A természetben kötött állapotban a karbonátos kőzetekben, oldott állapotban a természetes vizekben, ill. a hidroszférában található meg nagy mennyiségben (az óceánokban kb. 50-szer annyi szén-dioxid van oldott formában, mint a levegőben). A légkör szén-dioxid tartalmát a tengervízzel történő reakciók tartják állandó értéken, az óceánok szén-dioxid felvétele azonban igen lassú, az üledékekben való raktározás nagy késéssel valósul meg. Nem kifejezetten mérgező, de koncentrációjának növekedése a légkörben mégis egészségkárosodást okoz. Egyes országokban a munkahelyeken megengedett legnagyobb koncentrációja 10000 mg/m<sup>3</sup>. A növények fotoszintézis révén szén-dioxidból építik fel szervezetüket, a napfény sugárzó energiája és a zöld színanyagok (klorofill) segítségével. Az asszimiláció révén a szén-dioxid körforgása az oxigénéhez hasonló. (Megjegyzés: az asszimiláció révén a növények szerves anyagokból - szén-dioxid, ásványi anyagok, víz, növényi és állati eredetű tápanyagok - szervezetükbe beépülő szerves anyagokat termelnek. Ezzel az elpusztult élő állomány pótlódik, ill. az állomány növekedik. Az ehhez szükséges energia lehet külső eredetű (autotróf szervezetek), vagy belső eredetű (heterotróf szervezetek). Az autotróf szervezetek energiaforrása a napfény (fotoszintézis), vagy oxidálható szerves anyagok oxidációja (kemoszintézis).

**Éghajlati hatás:** a különböző gázok üvegházhatásának (éghajlati hatásának) összehasonlítására két tényezőt vezettek be, amelyek meghatározásához a szén-dioxid hatását egységnyinek veszik, és ehhez viszonyítva határozzák meg az egyéb gázok hatásának mértékét. Ezek a Globális Felmelegítő Képesség - Global Warming Potential, GWP -, ill. a Teljes Egyenértékű Felmelegítő Hatás - Total Equivalent Warming Impact, TEWI. A táblázat utolsó oszlopa a GWP értékeket mutatja.

A következő táblázat egyes üvegházhatású gázokat, főbb forrásait, befogadókat, jelenlegi légköri koncentrációjukat és éghajlati hatásukat mutatja (ez utóbbit a szén-dioxidhoz viszonyítva):

| Komponens                                | Forrásai   | Befogadók   | Koncentráció<br>Mg/m <sup>3</sup>   | Éghajlati<br>hatás<br>100 évre   |
|--|--|---|-------------------------------------|--|
| Vízgőz                                   | természetes párolgás<br>párolgás felhasználáskor   | Légkör  | Széles<br>tartományban<br>változhat | -  |
| Szén-dioxid                              | fosszilis tüzelőanyagok égetése<br>biomassza aerob leépülése (bomlás)<br>Talajpusztulás  | óceánok,<br>bioszféra                                   | 678                                 | 1  |
| Metán                                    | Kérődző állatok (juh, szarvasmarha<br>stb.)<br>rizstermesztés<br>biomassza anaerob lebomlása<br>földgázkitermelés és felhasználás<br>szénbányászat<br>oldószerpárolgás<br>biomassza égetés | fizikai, kémiai,<br>biológiai<br>átalakulások,<br>talaj | 1.2                                 | 34   |
| Klórozott<br>szénhidrogének<br>(freonok) | oldószerek előállítása<br>hűtőberendezések hűtőközege<br>aeroszolos berendezések hajtógáza<br>Habosító anyagok   | lebomlás a<br>sztratoszférában                          | 0.61                                | Freon 11<br>(CFCl <sub>3</sub> ):<br>5350<br>Freon 12<br>(CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> ):<br>9000 |
| Dinitrogén-oxid                          | Trágya<br>mezőgazdasági földhasználat  | lebomlás a<br>sztratoszférában                          |                                     | 298  |
| Ózon                                     | Fotokémiai folyamatok  | kémiai reakciók   | 0.04-0.20                           | -  |



|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  | troposzférában<br>(dinitrogén-oxid lebomlásakor) |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

**Éghajlat-változási Kormányközi Testület** (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC): Az éghajlatváltozás jelensége nemzetközileg egyre nagyobb aggodalmat váltott ki és egyre összetettebb lett, melynek hatására 1988 novemberében mintegy hatvan ország részvételével a Meteorológiai Világszervezet (WMO) és az ENSZ Környezetvédelmi Programja (UNEP) megalakította az Éghajlat-változási Kormányközi Testületet. Feladata, hogy „értékelje azokat a tudományos, technikai és társadalmi-gazdasági információkat, amelyek az ember által okozott éghajlatváltozás kockázatának megértéséhez szükségesek.” Az éghajlatváltozással kapcsolatos egyezmény kidolgozására Kormányközi Tárgyaló Bizottság alakult, mely 1991-ben kezdte meg munkáját. A Bizottság munkájának legfőbb célja az volt, hogy az 1992-re összehívott Riói Konferencia idejére megállapodjon az éghajlatváltozást előidéző emberi tevékenységek nemzetközi szabályozásának alapelveiről, a felelősség megosztásáról, a főbb feladatokról és kötelezettségekről, majd ezek eredményeként előkészítsen egy nemzetközi megállapodást. A Testület nem végez saját kutatást, hanem különböző tudományos intézetek, kutatóműhelyek, kutatók által közzétett, megfelelően dokumentált, alátámasztott kutatási eredményeket elemez, összesít és értékeli. Így munkájához több ezer kutató tanulmányát használja fel, az eredmények összesítése és értékelése három munkacsoport feladata. Az első munkacsoport az éghajlati rendszerrel összefüggő megfigyelési adatokkal, a változások nyomon követésével, elemzésével és a hosszabb távon várható változások becslésével foglalkozik (lényegében a természettudományos alapokkal). A második munkacsoport a globális éghajlatváltozás környezeti hatásaival szembeni érzékenységet, a változások társadalmi, gazdasági és környezeti hatásait, és az ezekre való felkészülés lehetőségeit vizsgálja. A harmadik munkacsoport a globális változást kiváltó tényezők mérséklésének illetve csökkentésének lehetséges módjait, eszközeit vizsgálja. A Testület objektív véleményt igyekszik kialakítani, a politikától függetlenül. A Testület **tudományos állásfoglalást tartalmazó jelentéseket 4-6 évenként ad ki**, ezek közös megállapodáson (**ENSZ konszenzuson**) alapulnak, s nem tartalmaznak szélsőséges álláspontokat. A „konszenzuseresés kényszere” a Testület munkájának eredményességére akár hátrányos is lehet. Az **1990**-ben közzétett első jelentésben megállapították, hogy az emberi tevékenység nyomán kibocsátott anyagok megnövelik az üvegházhatású gázok koncentrációját, mely fokozza az üvegházhatást és a földfelszín átlagos hőmérsékletének további emelkedését okozza, és a becslés szerint 2100-ra 4-5 °C hőmérsékletemelkedés is felléphet. A második jelentést **1996**-ban adták ki, de legnagyobb figyelmet a **2001**-ben kiadott harmadik jelentés kapott. E jelentés szerint az elmúlt 140 évben a globális melegedés mértéke 0.6-0.8 °C. A jelentés leszögezi, hogy a légkör kémiai összetétele az ember által a légkörbe juttatott szennyeződések, főként az üvegházhatású gázok következtében megváltozott. Hosszabb távra **négy**, egymástól jelentősen eltérő **forгатatókönyvet dolgoztak ki** (ezekben különböző feltételekkel éltek pl. a gazdasági növekedés mértékére, a felhasznált energia forrására - ez az ún. energia-mix -, a népesség növekedésének mértékére, a környezetvédelmi tevékenység felgyorsulására illetve ennek hatására stb.), majd ezekre becsülték a szennyező anyagok kibocsátását és a klímaváltozás mértékét. A modellek szerint a földi átlaghőmérséklet 2100-ra előreláthatóan 1.4-5.8 °C-kal növekszik, de a modellek bizonytalansága elég nagy (1-2 °C is lehet). Az IPCC 2001. évi jelentésének publikálása után az amerikai szenátus konkrét kérdésekkel fordult az Amerikai Tudományos Akadémiához, s a legfontosabb ezek közül: helytállóak-e a jelentés megállapításai, s mekkorák az éghajlati változékonyság természetes küszöbértékei. Húsztágú, tekintélyes tudósokból álló csapat vizsgálta az IPCC jelentést, a modelleket jónak, a forгатatókönyveket elfogadhatónak találták, s egyetértettek a kibocsátás csökkentésének mértékével is. Egyetlen fontosabb észrevételük a XXI. évszázad végére várható melegedés mértékére vonatkozott, minthogy az IPCC által becsült intervallumot - amely a modellszámítások nagy szórásából adódott - túlságosan tágasnak ítélték, s 3 °C melegedést valószínűsítettek a század végéig. E becslés az üvegházhatású gáztöbbletnek a légkörből történő lassú, fokozatos eltűnését (lényegében a világóceánokban történő elnyelését) feltételezi. De a 3 °C melegedés sem csekély, tennivalónk ez esetben is lesz bőven! A Testület negyedik jelentése **2007**-ben látott napvilágot, melyben hat forгатatókönyv szerint végeztek vizsgálatokat. E modellek szerint a földi átlaghőmérséklet 2100-ra előreláthatóan 1.1-6.4 °C-kal emelkedik, legnagyobb valószínűséggel 2-4.5 °C közötti hőmérsékletnövekedés következik be, a legjobb becslés kb. 3 °C. Kimutatták, hogy 1.5 °C alatti növekedés nagyon valószínűtlen, de a 4.5 °C-t meghaladó emelkedés sem zárható ki. A jelentés lerögzíti, hogy az elmúlt fél évszázadban bekövetkezett melegedés példa nélküli legalább a megelőző 1300 évben, a sarkvidékek viszont csak kb. 125 ezer évvel ezelőtt voltak ilyen melegek. A jelentés nagyon valószínűnek tartja, hogy a 20. század közepe óta megfigyelt globális átlagos hőmérsékletemelkedés nagy része **az üvegházhatású gázok antropogén kibocsátásának a hatása**, s ha a kibocsátás ezen a szinten marad, a következő két évtizedben évtizedenként 0.2 °C melegedés várható. A jelentés szerint 1961/2003 között a tengerszint emelkedés 1.8 mm volt évente, de 1993/2003 között már 3.1 mm, a 20. században összesen 0.17 m szintemelkedés következett be. Megemlítjük, hogy e jelentés kiadását követően a Testületnek ítéltek a **Nobel-békedíjat 2007**-ben, **Al Gore** korábbi amerikai alelnökkel megosztva, akit a Kellemetlen igazság: A bolygónkat fenyegető globális felmelegedés és leküzdésének lehetőségei (An inconvenient truth: The planetary emergency of global warming and what we can do about it) című könyvéért ítéltek méltónak a Nobel-békedíjra.

Néhány összegző megállapítás az IPCC ötödik jelentéséből: (IPCC 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-31.):

**A megfigyelt változások és azok okai:** Az ember befolyása az éghajlati rendszerre egyértelmű, az üvegházhatású gázok antropogén kibocsátásai történelmileg a legmagasabbak. A közelmúltbeli éghajlati változások széleskörű hatással voltak az ember által létrehozott és a természeti rendszerekre.

**Az éghajlat jövőbeli változásai, kockázatok és hatások:** Az üvegházhatású gázok folytatódó kibocsátása további felmelegedést és az éghajlati rendszer valamennyi összetevőjében hosszú távú változásokat fog okozni, amely megnöveli a társadalmat és az ökoszisztémákat érintő súlyos, mindenre kiterjedő és visszafordíthatatlan hatások valószínűségét. Az éghajlatváltozás korlátozása megköveteli az üvegházhatású gázok nagyfokú és tartós kibocsátás-mérséklését, amely az alkalmazkodással együtt korlátozhatja az éghajlatváltozás miatti kockázatokat.

**Az alkalmazkodás, mérséklés és a fenntartható fejlődés jövőbeli útjai:** az alkalmazkodás és a mérséklés egymást kiegészítő stratégiák az éghajlatváltozás kockázatainak csökkentésében és kezelésében. Az elkövetkezendő néhány évtized jelentős mértékű kibocsátás-mérséklési csökkenést tudják az éghajlati kockázatokat a XXI. században, és tovább növelhetik a hatékony alkalmazkodás lehetőségeit, csökkenthetik a mérséklés költségeit és kihívásait hosszabb távon, valamint hozzájárulhatnak egy éghajlatváltozásnak ellenálló megoldás megtalálásához a fenntartható fejlődés érdekében.

**Alkalmazkodás és mérséklés:** Sokféle alkalmazkodási és mérséklési alternatíva segíthet az éghajlatváltozás kezelésében, de egyik sem eléggé önmagában. Ezek hatékonysága a szakpolitikákon és a minden szinten való együttműködésen múlik, melynek sikerét elősegíthetik az olyan integrált válaszreakciók, amelyek összekötik az alkalmazkodást és a mérséklést egyéb társadalmi célokkal.

A globális felmelegedéssel kapcsolatban **eltérő vélemények** is megfogalmazódnak, döntően okával kapcsolatban. Ezek alapja az a tény, hogy a **Föld 4.6 milliárd éves története alatt jelentős mértékű éghajlatváltozás ment végbe, emberi beavatkozás nélkül is**. Ezt ugyan ma még nem vagyunk képesek tudományos pontossággal teljesen megmagyarázni, de tény, hogy a **Föld a jelenlegi átlagos hőmérsékletnél sokkal többször volt melegebb, mint hidegebb!** Igaz ez az utóbbi 350-400 millió évre is, amikor az atmoszféra oxigéntartalma már a jelenlegi szint körül volt. Az utolsó néhány százezer évre ismereteink részletesebbek, az antarktisi és a grönlandi **jégminták izotópos elemzése**i alapján, melyekből a légkör összetételének változása mellett a földfelszín átlagos hőmérsékletének változására is következtethetnek. A kételyek azonban **nem a bekövetkező globális felmelegedést vitatják**, hanem azt, hogy ehhez az **emberi kibocsátás milyen mértékben járul hozzá**, illetve azt, hogy ezt alapvetően az emberiség által kibocsátott szén-dioxid okozza-e. E kételyre pl. az is alapot adhat, mely szerint az utóbbi 160 ezer év nagy részében a szén-dioxid koncentráció 190-280 ppm között változott, amikor emberi beavatkozásról illetve emberi eredetű szén-dioxid kibocsátásról nem beszélhetünk. Korábban is előfordultak a jelenleginél 2-3 °C–kal melegebb időszakok, ugyancsak emberi beavatkozás nélkül. Így tehát **a természet is létrehozott a jelenleginél melegebb klímát**. Az emberi tevékenység hatását vitatók szerint a ma észlelhető klímaváltozás nem köthető közvetlenül a szén-dioxid koncentráció növekedéséhez, hanem egy ciklikus geofizikai folyamat eredménye, amely az Antarktisz-kutatások szerint mindig is létezett, s hasonló változások az elmúlt évmilliók során sokszor bekövetkeztek. De ennek az álláspontnak a képviselői sem gondolják, hogy az emberiség korlátlanul bocsáthat ki szén-dioxidot.

Az éghajlatkutatók között tehát vita folyik arról, hogy a felmelegedést mennyiben természeti hatások (a napsugárzás erősödése, a vulkáni tevékenység, a Föld pályaelemeinek változása) és mennyiben emberi tevékenység idézi elő. A legelfogadottabb vélemények szerint a globális felmelegedés emberi okokra vezethető vissza, s erről szoltunk eddig. Ezt alátámasztja az is, hogy mind a naptevékenység, mind a vulkánosság a globális felmelegedés ellen hat. De hangsúlyozzuk, hogy ezen álláspont széles körű elfogadottsága még nem jelenti a tudományos bizonyítottágát is! Tehát a globális felmelegedéssel kapcsolatban **eltérő vélemények** is megfogalmazódnak, döntően okával kapcsolatban. A földi hőmérsékletre vonatkozó vizsgálatok szerint az utolsó 1 millió évben a Föld átlagos hőmérséklete 13 °C volt, ezen belül az utolsó 100 ezer évben 14 °C, az utolsó 10 ezer évben pedig már 15 °C. Tehát az utolsó 1 millió évben az átlagos hőmérséklet kisebb volt a jelenleginél, de nagy ingadozásokkal jellemzett folyamatos emelkedése tapasztalható. Ebben az időszakban

mintegy 100 ezer éves periodicitással jégkorszakok és melegebb időszakok követték egymást, a hőmérséklet 9-16 °C között változott. Az utolsó 100 ezer évben - melynek nagy részét egyébként jégkorszak tette ki - a legkisebb hőmérséklet 11 °C körül volt, és ennek végeként kb. 15 ezer évvel ezelőtt elkezdődött egy gyors felmelegedés, és kb. 8 ezer évig tartott. Ennek eredményeként a földi átlagos hőmérséklet kb. 5 °C értékkel növekedett és a melegedési időszak végén (vagyis kb. hét ezer évvel ezelőtt) közel 16 °C körüli értéket ért el. Így jelenleg tulajdonképpen az utolsó jégkorszak utáni meleg időszakban élünk. Tekintettel arra, hogy a jégkorszakok közötti időszakok 5-10 ezer évig, de legfeljebb 15 ezer évig tartottak, így az is lehetséges, hogy pár ezer év múlva egy újabb jégkorszak (lehűlés) következik be. Az utóbbi 7 ezer évben is kisebb-nagyobb melegedési és hűlési szakaszok követték egymást, és egy nagyobb mélypont (ún. kis jégkorszak) az 1500-as évek második felében alakult ki. Történeti adatok, évgűrűk, jégminták izotópvizsgálata stb. alapján 1000 és 1860 között enyhe ingadozásokkal kb. 0.1-0.3 °C hőmérséklet csökkenést mutattak ki, 1200 és 1300 közötti maximummal (kb. 0.5 °C), s 1600 és 1700 közötti minimummal (kb. 0.6 °C). Az utóbbi 150 évben a hőmérséklet növekszik, a XX. század utolsó harmadában rohamosabban, melynek már nagy valószínűséggel emberi okai lehetnek. A kételyek **nem a bekövetkező globális felmelegedést vitatják**, hanem azt, hogy ehhez az **emberi kibocsátás milyen mértékben járul hozzá**, illetve azt, hogy ezt alapvetően az emberiség által kibocsátott szén-dioxid okozza-e. E kételyre több ok is alapot adhat. Ezek egyike szerint az utóbbi 160 ezer év nagy részében a szén-dioxid koncentráció 190-280 ppm között változott, amikor emberi beavatkozásról illetve emberi eredetű szén-dioxid kibocsátásról nem beszélhetünk. Kételyeket ébresztenek a hőmérsékleti adatok is, melyek szerint korábban is előfordultak a jelenleginél 2-3 °C-kal melegebb időszakok, ugyancsak emberi beavatkozás nélkül. Ugyancsak bizonytalanságot okoz az is, hogy a különböző üvegházhatású gázok légkörbe való juttatásában az emberi részarány igen különböző, de légköri koncentrációjuk növekedése ettől részben eltér. Így a légkörbe kerülő metán esetében az antropogén kibocsátás kb. másfélszerese a természetesnek, légköri koncentrációjának növekedése közel megfelel ennek, amíg a dinitrogén-oxid antropogén kibocsátása alig néhány százaléka (legfeljebb 6-7 %) a természetinek, koncentrációja mégis kb. 20 %-kal emelkedett. Ezekkel ellentétben a légkörbe jutott szén-dioxid mindössze 4 %-a antropogén eredetű, koncentrációjának növekedése viszont 50 %. E két komponensre tehát a koncentrációnövekedés lényegesen meghaladja az emberi tevékenységből adódó kibocsátás növekedését. Ennek okát keresve arra a következtetésre is juthatunk, hogy a szén-dioxid légköri koncentrációja az óceánokban oldott szén-dioxid felszabadulása miatt növekedhetett ilyen mértékben, hiszen az óceánok (általában a hidroszféra) oldott állapotban közel 50-szer annyi szén-dioxidot tartalmaznak, mint maga a légkör. A folyadékokban a gázok oldhatósága a nyomás és a hőmérséklet függvénye, a hőmérséklet csökkenésével növekszik, növekedésével csökken. Így ha a hőmérséklet növekszik, a folyadékban oldott gáz egy része felszabadul. Ennek okát kutatva alaposabban megvizsgálták az utolsó 160 ezer évre felvett adatokból a szén-dioxid koncentrációjának és a hőmérsékletnek a változását, s azt tapasztalták, hogy a hőmérsékletnövekedés mindig előbb jelentkezett, s csak ezt követte valamely késéssel a szén-dioxid koncentrációjának légköri növekedése. Hasonló tapasztalatokat kaptak a metánra is, vagyis a metánkoncentráció emelkedését is megelőzte a hőmérséklet emelkedése. Most már csak az a kérdés, hogy mitől következett be a hőmérséklet emelkedése, melyre ma még nincsen tudományos válasz. E vélemények tehát arra építenek, mely szerint a földi hőmérséklet változását nemcsak a légkör összetétele idézi elő, ennek még számos más oka is lehet. Ilyenek pl. a napsugárzás intenzitásának hosszú távú változásai ill. rövid távú ingadozásai, a Föld pályájának és belső hőmérsékletének változásai, az óceáni és a légköri áramlatok hőmérsékleti hatásai. Összegzésként így tehát azt állítják, hogy az emberi tevékenységből eredő szén-dioxid koncentrációnövekedés nem lehet az oka a hőmérséklet növekedésének, annál is inkább, mert az éghajlatváltozás vizsgálata azt igazolja, hogy a hőmérsékletváltozás volt előbb, és ez idézhette elő a szén-dioxid koncentrációjának a növekedését a légkörben.

**Hogyan tovább klímaváltozás?** Az ENSZ sok éven át törekedett a kiotói megállapodást követő nemzetközi klíma megállapodás elfogadtatására a 2012. utáni időszakra, figyelemmel a változásokra és a tapasztalatokra. **Cél, hogy az üvegházhatást előidéző gázok éves kibocsátását a jelenlegi 50 milliárd tonna értékről 35 milliárd tonnára csökkentsék 2050-ig, mellyel a becsült hőmérsékletemelkedés 2 °C alatt lenne tartható.** Úgy becsülik ugyanis, hogy ezt az értéket túllépve visszafordíthatatlan folyamatok indulnak el a klímaváltozásban, az emberiség „veszélyzónába” kerül. Az évente rendezett tárgyalásokon nem sikerült előrelépni, de **2015. decemberében Párizsban** talán áttörés következett be! A sajtó ugyanis így „tálalta” az eseményt, a következő címekekkel bejelentve a **Párizsi Megállapodást**: „Tapsvihar a klímacsúcson”, „Megmenekül a Föld”, „Történelmi jelentőségű nap december 12.”, vagy pl. „Befellegzett a fosszilis energiahordozóknak”. A megállapodást nagyban segítette, hogy az USA és Kína előre elkötelezte magát a megállapodás aláírására.

A megállapodás lényege: a konferencián résztvevő országok elfogadták az **első egyetemes klíma-megállapodást**, amelyben az aláíró államok vállalták, hogy 2100-ig  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  alatt tartják az átlagos hőmérsékletemelkedést az „iparosodás előtti mértékhez” képest, és rögzítették elkötelezettségüket arra is, hogy lehetőség szerint  $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  alatt tartásuk ezt az értéket („erőfeszítéseket tesznek, hogy a növekedés  $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  alatt legyen”). Ez utóbbi cél a tengerszint emelkedésével fenyegetett országok törekvése volt, amit 100 országnál több támogató, de nem kapott nemzetközi elfogadottságot. Távlati cél, hogy 2050 utánra az emberi tevékenységből eredő szén-dioxid kibocsátás és a bioszféra általi szén-dioxid elnyelés egyensúlyban legyen, tehát üvegházhatású „**gázsemlegesség**” (**karbon semlegesség**) jöjjön létre. A pénzügyi források megteremtése céljából a fejlett államok vállalták, hogy 2020-ig évente 100 milliárd dollárt fizetnek be az ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezménye alatt működő **Zöld Klíma Alapba**. Ehhez az egyes országok hozzájárulásának mértékét nem rögzítették. Hazánk 2 milliárd forintot (mintegy 3.3 millió dollárt) fizet az alapba. Megállapodtak, hogy 2020 után a befizetett összeg emelkedik, de mértékét nem határozták meg. Az Alap a fejlődő országokat szándékozik támogatni a kisebb szén-dioxid kibocsátású technológiák bevezetésében és működtetésében. A megállapodás szerint először 2023-ban vizsgálják meg a célok teljesülését, mellyel a szándékok szerint „nyomon követhetővé és összevethetővé” válnak az egyes országok teljesítményei. A vállalásokban lényegében a „**közös, de megkülönböztetett felelősség elve**” kell, hogy érvényesüljön a fejlett és a fejlődő országok érdekellentéte miatt (melyre sokszor utaltunk a nemzetközi konferenciák kapcsán). Ugyanis jelenleg közel azonos a fejlett és a fejlődő országok üvegházhatású gáz kibocsátása, de történelmileg elsősorban a fejlett országok felelősek a jelenlegi helyzetért, a fejlődő országok pedig elsősorban gazdasági eredményeiket és életszínvonalukat (annak növekedését) féltették, s nem foglalkoztak kibocsátásaikkal. A hivatkozott elv szerint az első lépcsőben a fejlett országoknak kibocsátásuk tényleges csökkentését kell vállalniuk, a fejlődő országoknak pedig kibocsátásuk szabályozására kell vállalkozniuk. A vállalásokat 2023-mat követően ötévente kell megújítani, emelt szinten. A következőkben az országoknak kibocsátás-csökkentési intézkedéseket kell hozniuk, hogy elérjék célkitűzéseiket, az eredményeket 2023-ban mérik fel. A Párizsi Megállapodás a már jól ismert kétszer 55-ös szám teljesülése után **2016. november 04.-én hatályba lépett**

Ez az első olyan megállapodás, amely valamennyi országot egy közös cél érdekében egyesíti, ami a  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletemelkedés elkerülése. A Párizsi Megállapodás aláírásával az országok „globálisan” (egyetemesen) vállalták a célok teljesítését, de az egyes országok vállalásai nem képezik az aláírt dokumentum részét! Tehát kötelező érvényű előírások, számszerűsített értékek nem szerepelnek a megállapodásban, melynek részleteit a későbbiekben az évente megszervezett klímakonferenciák lettek volna hivatottak kidolgozni. A konferencia előtt az egyes országok felajánlásokat (nemzeti hozzájárulásokat, angolul nationally determined contributions) tettek az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére („előzetes szándékok”), de a becslések szerint ezek nem elégségesek a vállalt célok teljesítéséhez, hiszen  $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletemelkedést jelentenének. A megállapodás nem jár következménnyel, ha az országok nem teljesítik a hozzájárulásukat, a megegyezés ilyen szempontból tehát gyenge. A hangsúlyt lényegében az **öszönzésre**, s nem a kipellengérezésre helyezi a megállapodás. Egyes országok kilépése az egyezményből más kormányok visszalépését is eredményezheti, a megállapodás pedig akár össze is omlhat.

A megállapodást 194 ország és az Európai Unió írta alá, és közülük 185 ratifikálta vagy elfogadta, köztük Kína, az Amerikai Egyesült Államok (amely kilépni készül) és India: három ország, melyek a szén-dioxid kibocsátás felét adják. Oroszország nem csatlakozott az egyezményhez. Az egyezmény lehetővé teszi az országoknak a kilépést is, ha az országban az egyezmény már három éve hatályba van. A kilépés ezen felül még egy évet vesz igénybe. 2017. június 1-jén az Amerikai Egyesült Államok 2017 januárjában beiktatott elnöke bejelentette, hogy az USA kilép az egyezményből, mely 2016. november 4-én lépett életbe az országban, így 2020. november 4-én lesz lehetséges legkorábban a kilépés. Kétségünk sem lehet afelől, hogy ez megtörténik!

A Párizsi Megállapodás tartalma alapján nem felmérhető, hogy elkerülhető lenne-e a globális éghajlatváltozás, ehhez sok, egymással összefüggő kérdést kellene tisztázni, mely akár éveket is igényelhet. Ilyen a fosszilis energiahordozók felhasználásának visszaszorítása vagy kiszorítása (feladása), illetve az üvegházhatású gázsemlegesség megteremtése, mely egyébként jelentős feladatot ró valamennyi országra, így természetesen hazánkra is. Ugyanis a megújuló energiák részaránya energiafogyasztásunkban 2018-ban mindössze 12.2 % volt (bár 2013-ban 16.2 %-on járt; a „fáma” szerint azért, mert a falopást is beszámították, lényegében jó okkal), ennek ellenére pl. 2011 óta nem épült új szélerőmű hazánkban. A megújulók tekintetében jelentős előrelépés a napenergia hasznosításában látszik megvalósulni villamos energia termelésére, bár ellentmondásosan, a járulékos adók miatt.

Sokan úgy gondolták, hogy a **Párizsi Megállapodás** olyan új korszakot nyitott a világban, mely **derűlátásra ad alapot**, s úgy vélték, hogy 2050-re főként a megújuló és az új technológiákkal előállított energiaforrások fedezik az emberiség energiaigényét. Erre alaposan rációzott a közben eltelt időszak, hiszen nem sikerült előrelépni a minden év decemberében megrendezett klímakonferenciákon sem (sorra: Marrakesh, Bonn, Katowice, Madrid). Történik mindez akkor, amikor az Éghajlat-változási Kormányközi Testület 12 évet adott az emberiségnek a cselekvésre a 2018. október 08.-án megjelentetett közleményében. Nem történt előrelépés a 2019. szeptemberi ENSZ Közgyűlésen sem.

Sokak szerint (szerintem is) valódi eredmény a legifjabb nemzedék megjelenése, minthogy a szervezők lehetőséget adtak a megjelenésre a jövőjük miatt aggódó „tizenéves aktivistáknak”, akik jogosan kérik számon a világ politikusain „a **tutyimutyi felelőtlenséget** és **diplomátikus időhúzást**”. A svédországi iskolákban sztrájkot szervező 15 éves **Greta Thunberg** felszólalása felhívta a figyelmet arra, hogy az idős döntéshozók fontolva haladásával nem lehet megmenteni a felnövekvő generációk jövőjét.

A globális felmelegedés közben, amint láttuk, „csúcsokat” döntött az utóbbi években, így aztán mind több kutató úgy véli, hogy ennek 1.5 °C alatti tartása a szén-dioxid kibocsátás haladéktalan erélyes csökkentésével érhető el. Vannak olyan vélemények is, melyek szerint gyakorlatilag már nincsen esély 1.5 °C alatt tartani a hőmérsékletnövekedést 2100 előtt! Sőt! Ha így folytatjuk, akár már 2040-re elérhetjük 1.5 °C emelkedést! E vélemények szerint a kitűzött cél eléréséhez radikálisan csökkenteni kellene a fosszilis energiahordozók felhasználását, és szükség lenne a légköri szén-dioxid tartalom egy részének kivonására is!!!

**Mi a fontosabb, mivel menthetünk meg több embert?** A „másként” gondolkodók közül megemlíti a „**Koppenhágai konszenzus**” kiadványt és szerzőit, s kiemelten Björn Lomborg (sz: 1965) dán statisztikust, aki „**szkeptikus környezetvédőnek**” tartja magát. Őt a Time magazin 2004 áprilisában a világ száz legbefolyásosabb embere közé választotta. E kutatók kiadványukban nyilvánosságra hozták a szerintük kevés ráfordítással, leggyorsabban „megtérülő” projektek listáját: ezt az AIDS és az alultápláltság elleni harc vezeti. A környezetvédelmet, s különösen a globális felmelegedés elleni harcot ezzel szemben a „gazdagok hobbijának” tekintik. Úgy vélik, hogy a kiotói egyezmény sokba kerül, és ehhez képest nagyon csekély hasznot hajt, s ezért véleményük szerint a globális felmelegedésnél és a környezetszennyezésnél sokkal égetőbb problémákkal kell a világnak szembeállnia, így a rendelkezésre álló csekély forrásokat tehát ezekre kellene fordítani. Személy szerint Björn Lomborg sem tagadja, hogy a globális felmelegedés fontos probléma, de még nagy költségekkel is csak keveset tudunk tenni ellene: „évi 150 milliárd dollárért cserébe azt érjük el, hogy nem 2.1 fokkal, hanem csak 1.9 fokkal nő majd az átlaghőmérséklet 2010-re”. A következőket mondja: „A kiotói egyezményt persze nehéz támadni, mert a környezetvédők szemében valóságos szimbólummá vált, de nem sok ennyi pénz egy jelképért, ami majd csak száz év múlva hoz valamicske változást? Ehelyett nem most kellene segíteni a valóban rászorulóknak? ... Alapvető különbség van a gazdag és a szegény világ megközelítésében. Ha az ember nem tudja, hogy aznap lesz-e mit ennie, akkor kevésbé érdekli a környezete, pláne, hogy mi lesz száz év múlva. A hosszú távú problémákra, így a környezetvédelemre is, hosszú távú megoldásokat kell keresni: a legjobb módszer a fejlődés, a szegény országok felzárkóztatása. Ehhez először a legsürgetőbb gondokat - AIDS, alultápláltság stb. - kell orvosolni. **Az embereknek általában fontos a környezetük, de még ennél is fontosabb, hogy a gyerekeknek legyen mit enniük.** Ha ez az első megvalósult, akkor következhet a második ... A fejlett világban sikeresen lehet érvelni a környezetvédelmi befektetések mellett, mert a többi problémát már megoldottuk. Persze a levegőszennyezés sokkal sürgetőbb probléma, mint a rovarirtók szermaradványai. Mindkettő emberéleteket követelhet, de a levegőszennyezés jóval többet. Nagy-Britanniában évente 40-50 ezer ember hal meg a légszennyezés miatt, a feregirtóktól pedig legfeljebb egy-kettő. Mexikóvárosban évek óta csökken a légszennyezés, az ország ugyanis már eljutott a fejlődés megfélemlő színvonalára, amikor érdemes a környezetvédelembe befektetni. Ezzel szemben Fekete-Afrikában, ahol az AIDS terjedése nemzetgazdaságokat is megbénít, az AIDS elleni harcnak sokkal több értelmét látom, mint bármiféle környezetvédelmi beruházásnak. A ráfordítás itt azt jelzi, hogy mennyit vagyunk hajlandóak áldozni egy élet megmentésére. Ha Magyarországon építenek egy körforgalmat kétféle euróért, mert ezzel egy emberélet megmenthető, akkor ez azt jelenti, hogy egy élet önöknél legalább kétféle euró ér. Ha ezt nem teszik, akkor nyilván nem értékelik annyira. A tapasztalat azt mutatja, hogy **egy emberi élet értéke a fejlett világban 3-7 millió euró között mozog, a fejlődő világban viszont ennek legfeljebb egytizede.** Ezt sokan szörnyűnek találják, hiszen minden élet egyszeri és pótolhatatlan. Elméletileg tehát minden erőforrást arra kellene fordítanunk, hogy életet mentünk, de ez csak egy ideális világban történne így. A valóságban Nyugaton több millió eurót költünk egy emberélet megmentésére,

miközben tudjuk, hogy ebből több száz, vagy éppen több ezer embert tudnánk megmenteni a harmadik világban. Akármennyire brutálisan is hangzik, a világ ma így működik. A Koppenhágai Konszenzussal arra próbáltunk rámutatni, hol tudnánk a legkisebb ráfordítással a lehető legtöbb életet megmenteni: ez pedig az AIDS elleni harc, az alultápláltság elleni küzdelem és a kereskedelmi korlátok eltörlése. Kiotó pedig a lista utolsó előtti helyére került .... már nincsenek valódi (a *fejlett világban*), nagy problémáink. Van mit ennünk, gazdagok vagyunk, iskoláztatjuk a gyerekeinket, ha betegek leszünk, megfelelő ellátást kapunk a kórházban. Napi öt-tíz percünk van arra, hogy a viláért aggódjunk, és ezt alapvetően befolyásolja a média. Hajlamosak vagyunk a valódi problémák helyett az úgynevezett "szexi" témák miatt aggódni, amelyek kellően ijesztőnek tűnnek a tévében vagy a moziban. Például az Exxon Valdez tankhajó 1989-es katasztrófájakor a média azt harsogta, hogy 250 ezer madár esett áldozatul az olajszennyeződésnek. Csak azt nem mondták, hogy naponta ugyanennyi madár hal meg természetes okokból az Egyesült Államokban, vagy két nap alatt ennyit gyilkolnak meg a macskák Angliában. Ez nem azt jelenti, hogy az olajszennyezés nem baj, de fontos az arányok figyelembevétele. Az igazi tragédia annak a több százezer embernek az elvesztése, aki évente a levegőszennyeződés miatt hal meg, vagy annak a több milliónak, aki AIDS-ben vagy a tiszta víz hiánya miatt veszti életét ... Továbbra is "zöldnek" tartom magam, de emellett szeretnék javítani a világ állapotán. Ez pedig túlmutat a környezetvédelmen. Két dolog változtatta meg a mentalitásomat: néhány éve Julian Simon amerikai szerző egy cikkének kritikájához kerestem statisztikai ellenérveket. Simon szerint környezetünk állapota nemhogy romlott volna, inkább javult az utóbbi 50 évben. Az adatokból meglepetésemre kiderült, hogy igaza van: **Londonban például 1585 óta most a legjobb a levegő minősége.** Statisztikusként egyértelműen megbizonyosodtam arról, hogy **a fejlődő világban sokkal fontosabb problémák is vannak, mint a környezetvédelem.** Tehát nem szabad mindent ennek alárendelni!" (Népszabadság, 2004. július 22.).

A környezet (a felszíni vizek és a talaj) **savasodása** (a pH érték csökkenése) az utóbbi évtizedekben vált ismertté, melyet a **savas ülepedés** okoz. A savas ülepedéssel a légkörben lévő savas kémhatású, ill. savképző anyagok (kén-dioxid, nitrogén-oxidok, szulfátok, nitrátok) kiülepednek a légkörből. A gáznemű komponensek, a szilárd anyagok és az aeroszol részecskék egy része közvetlenül is kiülepedik a felszínre (talajra, tárgyakra, növényzetre stb.), mely a **száraz kiülepedés**. A szennyezők másik része a levegőben és a csapadékban savvá alakul, így a csapadékban oldva hagyja el a légkört, s ez a **nedves kiülepedés**. A csapadék a természetes légkörben is kissé savas kémhatású, így **savas csapadékról akkor beszélünk, ha a csapadék kémhatása 5 alá csökken, mely emberi beavatkozás nélkül nem fordulna elő.** Hazánkban a csapadék átlagos pH-ja 4.5 körül van, míg Európában nem ritka a 3-4 közötti pH érték sem. Az eddigi legkisebb értéket, 2.25-öt, Kínában mérték 1981-ben. Az északi féltekén az 1970-es évek óta az ülepedő anyagok kémhatása erősen savas. Európai átlagban – s nagyrészt hazánkban is – a nedves ülepedés (savas csapadék) okozza a savas ülepedés mintegy felét. A savas ülepedés hatására a vizek, a tavak és az élővilág mellett az épített (művi) környezet is károsodik. A tavak és a talajvíz savasodása jól mérhető. Savasodik a talaj is, pH-ja csökken, s ez a savas kémhatás kivonja a tápanyagokat, a kalcium, a magnézium és a kálium ionokat, amely ezek hiányához vezet. A talaj savasodásának eredményeként **a talajban lévő nehézfémek (Cd, Hg, Pb, Sn stb.) oldhatóvá válnak** és a talaj mélyebb rétegeibe szivárognak, illetve a talajvízbe kerülnek. Az oldott állapotba került nehézfémeket a növények is felveszik, szervezetükbe építik, s elfogyasztásukkal a nehézfémek **a táplálékláncba kerülnek**, károsítva az ember és az állatok egészségét. A talajban élő mikroorganizmusok is elpusztulhatnak, melynek egyik hatása egyes fajok pusztulása erdeinkben. E jelenség az északi féltekén kontinentális méreteket öltött. A savas esőt okozó anyagok nemcsak a kibocsátás helyén tudják kifejteni hatásukat, hanem attól sok száz, ill. több ezer kilométer távolságra is, mivel a szélrendszer akár a néhány napos tartózkodási idő alatt is lehetővé teszi ilyen távolság megtételét. Ez tehát nemzetközi probléma, s ennek megfelelően igyekeztek kezelni (l. a nemzetközi megállapodásokat a kén-dioxid és a nitrogén-oxidok kibocsátásának korlátozására).

**Savas ülepedés:** A szilárd szemcsék és az aeroszol részecskék száraz kiülepedése a gravitációs téreőr hatására és a légáramlás során bekövetkező iránytörés (tehetetlenség) hatására jön létre, s mértéke arányos a szennyező anyag koncentrációjával. Az ülepedés folyamatát az ülepedési sebesség, a turbulens diffúzió, valamint a talajon, a tárgyakon és a növényzeten való adszorpció, ill. abszorpció szabályozza. A nedves ülepedés (kimosódás) úgy jön létre, hogy a csapadék átmossa a légréteget, s magával ragadja a szennyező anyagok jelentős részét, beleértve a gázfázisú komponenseket is. Magyarország területén évente mintegy 214 kt kén és 245 kt nitrogén rakódott le az ülepedés révén. Az ülepedés során egészségre káros anyagok is a földfelszínre, ill. a légzési zónába kerülnek, s az újabb vizsgálatok szerint ez krónikus egészségkárosodáshoz vezethet.

Az épített környezetben a savas ülepedés korróziót okoz (hidak, vasúti sínek, közlekedési eszközök, erő- és munkagépek stb.), de károsodnak az épületek is, mivel a kénsav a mészkővel (márvánnyal) kémiai reakcióba lép és fekete gipszréteg képződik az épületek felületén (két vízmolekulát tartalmazó kalcium-szulfát), mely

pikkelyesen leválik (katedrálisok és egyéb történelmi épületek mennek tönkre). A légszennyező anyagok közvetlen vagy közvetett hatására bekövetkező korróziót gyakran **civilizációs korrózió**nak nevezik.

A **csapadék** (mely egyébként a környezetben található egyik legtisztább víz) a természetes légkörben is kissé savas kémhatású: csak a légkör természetes szén-dioxid tartalmát figyelembe véve a csapadék kémhatása (pH-ja) 5.5-5.6 lenne, ami a természetes forrásokból származó nitrogén- és kénvegyületek következtében 5-re csökken. A pH-e csökkenését a kén-dioxid és a nitrogén-oxid elnyelése okozza, melyek légköri koncentrációja ugyan sokkal kisebb a szén-dioxid koncentrációjánál, de ezek sokkal erősebb savat képeznek a vízzel, ezért hatásuk jelentősebb. Megjegyezzük még, hogy talaj savasodását a műtrágyázás is előidézhetheti.

**A füstköd (szmog) a légszennyező anyagoknak a határértéket nagy területen, hosszú időn át, jelentős mértékben meghaladó felhalmozódása.** Kialakulását a nagymértékű emisszió, a kedvezőtlen meteorológiai körülmények (szélcsendes időszak, ill. 2 m/s alatti szélesség) és a domborzati viszonyok határozzák meg. Két típusát különböztetik meg: a **London-típusú redukáló** és a **Los Angeles-típusú oxidáló füstködöt** (utóbbit fotokémiai füstködnek is nevezik). Az első London-típusú füstködök völgyekben elhelyezkedő iparvidékeken és Londonban (innen az elnevezés) következtek be. A fotokémiai füstködöt 1943-ban Los Angelesben észlelték először. Hazai nagyvárosokban az 1960-as években először a London-típusú, majd az 1980-as évektől a Los Angeles-típusú szmogok jelentek meg. **A redukáló füstködök a mérsékelt égövben október-február között fordulnak elő, főleg fosszilis tüzelőanyagok emissziójából keletkeznek** (fűtés, ipari és erőművi tüzelőberendezések). **A fotokémiai szmog erős napsütésben, szélcsendes időben a legerősebb, főleg közlekedési eredetű kibocsátásokból keletkezik**, a nyári hónapokban (június-szeptember). Ez a tulajdonsága különbözteti meg legjobban a hagyományos (London-típusú) szmogtól, azt ugyanis a napsütés eloszlatja. Az eddigiekből következik, hogy a **London-típusú** (mely este és reggel a legerősebb) füstködben a kén-dioxid, a korom és a szén-monoxid, a **Los Angeles-típusú** füstködben (mely a déli órákban a legerősebb) az ózon, a nitrogén-oxidok, a szén-monoxid és a szénhidrogének játsszák a fő szerepet.

**London-típusú füstköd:** erről volt „hírhedt” London az 1950-es években megjelent levegőtisztasági jogszabályok megjelenése előtt. A legsúlyosabb londoni szmog **1952. decemberében** volt, amikor a kén-dioxid koncentrációja  $3800 \mu\text{g}/\text{m}^3$  értéket ért el, s hatására a halálozás 72 %-kal emelkedett és öt nap alatt kb. 4600 halálesetet okozott; ezt megközelítő érték,  $3300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fordult elő **1962. decemberében**, amikor a halálozás 21 %-kal növekedett. A füstköd egészségkárosító hatása a csecsemők, az időskorúak és légzőszervi, ill. keringési elégtelenségben szenvedők körében jelentkezik, s fejfájást, nyálkahártya irritációt, nehéz légzést, rosszulletet okoz. Hosszantartó füstköd esetén növekszik a halálozási arányszám. **Súlyos füstköd esetén készülséget, ill. füstködriadót (szmogriadó) rendelnek el. Magyarországon először 1989-ben észleltek ilyen típusú szmogot**, Miskolcon és Budapestben. A fővárosban télen egy hét párás, mozdulatlan időszak is elég ahhoz, hogy megduplázódjon a légszennyező anyagok koncentrációja. Magyarországon készülséget rendelnek el, ha a kén-dioxid, a nitrogén-dioxid és az ózon ill. a szén-monoxid koncentrációja három órán át rendre meghaladja a 400, 350 és  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ill. a  $20000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vagy a szálló por koncentrációja két egymást követő napon meghaladja a  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  értéket. A készülség mellett még két intézkedési fokozat van: riadó 1 és riadó 2, amelyeket az előzőekben megadott koncentrációknál nagyobb határértékek három órát meghaladó vagy az előző fokozatban megadott koncentráció 72 órás túllépése esetén léptetnek életbe (tehát a riadó 1-et a készülségre, ill. a riadó 2-et a riadó 1-re megadott koncentrációk 72 órás túllépése esetén). A legfontosabb intézkedések lehetnek: az ipari termelés, ill. a közúti közlekedés korlátozása, fokozott egészségügyi ügyelet, a lakosság tájékoztatása (forrás: 4/2001.(I.14). VM és a 25/2008. (X.17). KvVM-EüM-FVM együttes rendelet).

**Los Angeles-típusú füstköd:** Los Angeles és környezete (Kalifornia állam) az Egyesült Államok második legnagyobb települési agglomerációja. Népessége az 1950-es évek 4 millió lakos számáról 1990-re 10 millió fölé emelkedett. A régióban alapvetően hiányzik a tömegközlekedés, ezért a legtöbb ember saját autóját használja. Sokan naponta akár 100-120 km-t is utaznak munkahelyük és lakásuk között. A terület meteorológiai és topográfiai jellemzői ideális körülményeket nyújtanak a pangó légtér kialakulásához, ami lehetővé teszi a levegő szennyező anyagainak feldúsulását. Ennek eredményeként itt volt legszennyezettebb az ország levegője, amelynek kialakulásához jelentős mértékben hozzájárult a közlekedés. A város szmogjának forrását a nitrogén-oxidok és az illékony szerves vegyületek jelentették, amelyek a napsugárzás hatására másodlagos szennyező anyagokat termelnek, beleértve az ózont is. Itt jelentkezett a legsúlyosabb ózon-probléma nemcsak USA szerte, de a világ nagyvárosait tekintve is. Egyedül Mexico Cityben volt ennél magasabb ózontartalom. Minthogy az ózon másodlagos szennyező anyag, koncentrációja csak olymódon csökkenthető, ha szabályozzuk a keletkezését

kiváltó szennyező anyagok kibocsátását, mely a járművek és az ipari szennyező anyag kibocsátók szabályozása mellett kihathat a fogyasztási szokásokra is. A fotokémiai szmog előfordulása nem korlátozódik csupán a Los Angeleszhez azonos klímájú területekre, a jelenség tapasztalható volt más országokban is (pl. Anglia, Japán stb.).

Az **ózonlyuk** az ózon elbomlása révén keletkezik. Az **ózon** a légkörben csak igen kis mennyiségben és kis koncentrációban fordul elő (a teljes légkörben átlagos koncentrációja 430 ppb, a troposzférában ma már 40 ppb körül, korábban 30 ppb; szennyezett levegőben nem ritka a 100 ppb koncentráció sem), de ennek ellenére a szó szoros értelmében **életfontosságú**, mely szerepét már régóta ismerjük. Ugyanis a Nap ultraibolya-sugárzásának jelentős részét elnyeli (UV-C 100-280 nm hullámhosszúságú sugárzást teljesen és UV-B 280-315 nm hullámhosszúságú sugárzást 90 %-ban), ezzel megakadályozza, hogy ez a rendkívül veszélyes sugárzás a Föld felszínére jusson (**ózonpajzs**). Csaknem teljes az elnyelés a 200-300 nm hullámhosszúságú sávban, tehát abban a tartományban, mely huzamos besugárzás esetén bőrrákot okoz. Egyáltalán nincs elnyelés az UV-A sugarak tartományában (315-400 nm), melyekről a közelmúltban állapították meg rákkeltő hatásukat. Az ózon nélkül sem állati, sem növényi élet nem volna lehetséges - legalábbis a szárazföldön. Ha nem tudnánk megőrizni az ózont, a szárazföldek szikla- és homoksvatagokká válnának. Emiatt volt nagy jelentőségű keletkezésének megértése, illetve az ózoncsökkenés okainak felderítése, majd nemzetközi egyezmények megkötése az ózonpajzs helyreállása és védelme érdekében.

A levegőszennyezés hatásának tulajdoníthatóan a légköri ózonnal kapcsolatban **két ellentétes tendencia** tapasztalható: **a sztratoszférában csökkenést figyeltek meg, amíg a troposzférában** (főleg az északi félgömbön a délihez viszonyítva) **az ózonkoncentráció növekszik, egyértelműen antropogén hatásra**. Mindkettő jelenség probléma, de nem azonos súlyú.

Vizsgálattal kimutatták, hogy a nitrogén-oxidok - mind az NO, mind az NO<sub>2</sub> - katalizálják az ózon bomlását egyszerű oxigénmolekulákká, s mivel a sztratoszférában a szuperszonikus repülőgépek kibocsátanak nitrogénoxidot (is), veszélyt jelentenek az ózonrétegre (katonai repülőgépek 20-25 kilométeres magasságban is repülnek, de egyes személyszállító gépek is közlekednek 10-12 km-es magasságban, vagyis utóbbiak a troposzféra és a sztratoszféra határán). Ennél sokkal nagyobb veszély a légkörbe került **freonok** által előidézett **ózonbomlás**. Ugyanis a halogénezett szénhidrogének (freonok, CFC gázok) az atmoszféra alsó rétegében hosszú ideig megmaradnak, végül a sztratoszférába vándorolnak, ahol a különleges sarki időjárás, ill. az ultraibolya sugárzás lehetővé teszi bomlásukat, miközben klóratom hasad le, mely az ózonnal reagálva csökkenti a sztratoszféra ózontartalmát (az ózonréteg helyileg elvékonyodik). Hasonló hatással vannak a felső légrétegekbe feljutó nitrogén-oxidok, szén-dioxid és egyéb légszennyező gázok.

Az Antarktisz feletti sztratoszférikus ózontartalom átmeneti, néhány hétig tartó ritkulását már az 1970-es években jelezték, de vita zajlott ennek okáról (természetes folyamatok vagy emberi tevékenység hatása idézte-e elő). Egyes kémikusok a freonok ózonbontó hatására gyanakodtak, de ezt akkor még nem sikerült igazolni. Így tehát az „eredmény” már ismert volt, de egy évtizeden át érdemi intézkedés mégsem történt. A **freonok ózonbontó hatását tudományosan 1988-ban igazolták**, melynek kiemelkedő jelentőségét bizonyítja, hogy három kutató 1995-ben kémiai Nobel-díjat kapott (Crutzen, P.J., Molina, M.J. és Sherwood, R.F.) A kedvezőtlenebb mérési eredményekre először 1985-ben figyeltek fel, amikor az ózoncsökkenés egyetlen év alatt igen nagy volt, **az ózonlyuk keletkezését 1988-ban igazolták**. Ezt az **Antarktisz feletti ózonréteg csökkenést** nevezik szemléletesen, bár nem egészen pontosan "**ózonlyuknak**". Az ózonlyuk keletkezésekor nagy területen az ózonkoncentráció az eredeti érték felére csökken (150 dobson alá, tehát ténylegesen ózonlyuk még egyszer sem jött létre), de néhány hét után visszaáll a természetes állapot. A csökkenés az antarktisi tavasz kezdetén (szeptember-október) rendszeresen megismétlődik, egyre nagyobb területen, de a 2000 utáni években már augusztus elején



jelentkezett, s szeptemberre az ózonkoncentráció a 30-40 évvel korábbi átlagérték felére csökkent, s gyakran kitartott egészen december elejéig. Az 1980-as évek elején legnagyobb kiterjedése néhány millió  $\text{km}^2$  volt, 1990 után minden évben meghaladta a 20 millió  $\text{km}^2$ -t, legnagyobb értékét 2006-ban érte el, mely 29 millió  $\text{km}^2$ . Az utóbbi években valamelyest csökken az ózonlyuk kiterjedése, így 2018-ban 25 millió  $\text{km}^2$  nagyságúra csökkent. Úgy becsülik, hogy 2000 óta évtizedenként 1-3 %-kal csökken az ózonlyuk kiterjedése és ennek alapján az északi féltekén 2030-ra, a déli féltekén 2060-ra teljesen helyreállhat az ózonpajzs. Tehát lassan kezd „meggyógyulni” illetve „begyógyulni” az ózonréteg. A **sztratoszférikus ózonréteg** védelmét szolgáló **Bécsi Egyezmény** megkötésére **1985**-ben került sort, s **1987**-ben aláírták a **Montreali Egyezményt**. Később ezt kiegészítették és - a fejlődő országoknak adott néhány éves türelmi idő után - az ózont károsító anyagok kibocsátásának teljes tilalmában egyeztek meg. **Ezen intézkedések nélkül 2065-re az ózonpajzs kétharmada eltűnt volna!** Megjegyezzük, hogy a leírtaknál óvatosabb álláspontok is olvashatók a témában, melyek a folyamatot lassúbbnak tartják.

**A troposzférában viszont ózon keletkezését mutatták ki**, a 20. század folyamán eleinte mérsékeltebben, de az 1970-es évektől fokozottabban, melynek **forrása a nitrogén-monoxid**. E vegyületet ugyanis a szerves anyagok nitrogén-dioxiddá oxidálják, s ennek fotokémiai bomlásából származó oxigénatom a levegő oxigénmolekulájával ózont képez. Összetett mechanizmuson keresztül hasonló hatással van a szén-monoxid is. A troposzférában az ózonkoncentráció legalább egy nagyságrenddel kisebb, mint a sztratoszférában. A **troposzférikus ózon másodlagos szennyező**, a nagy ózonkoncentráció izgatja az emberek szemét és nyálkahártyáját, megtámadhatja a növények és fák leveleit, felerősítheti a savas esők hatását. Koncentrációjának csökkentése nem egyszerű feladat (l. a fotokémiai szmoggal kapcsolatban leírtakat).

Alapvetően fontos az egész Földre számított átlagos ózonkoncentráció alakulása. Ebben fokozatos csökkenést figyeltek meg az 1970-es évek végétől az 1990-es évek elejéig, majd a csökkenés mérséklődni kezdett és 1993-tól állandósult az ózontartalom. Ez mintegy 4 %-kal kisebb a korábbi természetes értéknél, mely a sztratoszférában és a troposzférában végbemenő ellentétes folyamatok eredménye, vagyis a troposzférában bekövetkező növekedés nem képes ellensúlyozni a sztratoszférában fellépő csökkenést.

**Ózon:** Az oxigén allotróp módosulata, három oxigénatomot tartalmaz (kémiai neve: trioxigén,  $\text{O}_3$ ), rendkívül mérgező, világoskék színű, szúrós szagú gáz, erősen lehűtve ( $-112\text{ }^\circ\text{C}$  alatt) ütésre robbanó, sötétkék folyadék, illetve sötétkék kristály ( $-193\text{ }^\circ\text{C}$  alatt). Mindhárom halmazállapotban heves nyomásváltozásra, ütésre rendkívül érzékeny, robbanásszerűen bomlik, de megfelelő stabilizáló anyag hozzáadásával tárolható. De óvatosan kell vele bánni és körültekintően kell tárolni, célszerű a felhasználása helyén előállítani. Jellegzetes szaga a foszforra és a kén-dioxidra emlékeztet, az ember általában még mintegy félmilliószoros hígítású ózon-levegő elegyben is észleli. **Schönbein** (Schönbein, C.F., 1799-1886) német kémikus fedezte fel **1839**-ben a víz elektrolízisének vizsgálata során, az **anódon** képződött gázban, **jellegzetes szaga alapján**. Erre utal görög eredetű neve is, melynek jelentése „szagos, szagot árasztani”. Tiszta állapotban először 1922-ben állították elő, mellyel lehetővé vált fizikai és kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Az ózonmolekula instabil és spontánul,  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on háromnapos felezési idővel, oxigénre bomlik, hőfelszabadulás közben. Már az igen csekély mennyiségű ózont tartalmazó levegőnek is jellegzetes szaga van, azonban az ún. **ózonos levegő** kellemes illatát inkább a **tülevelű fák gyantái okozzák**. Jellegzetes szaga észlelhető a kvarclámpák közelében, valamint elektromos kisüléseknél. Igen erőlyes oxidáló hatású, a szerves színezékeket elszínteleníti, a mikroorganizmusokat megöli, s ebből adódóan színtelenítő, szagtalanító, fertőtlenítő hatását több ipar felhasználja (így a szennyvíztisztítás is). Baktériumölő hatását az 1800-as évek végén mutatták ki, mely elindította gyakorlati alkalmazását. Vízben jól oldódik: 100 ml víz 105 g ózont képes oldani  $0\text{ }^\circ\text{C}$ -on, oldhatósága a szokásos hőmérséklet és nyomás mellett a kémhatástól - pH - is függ. Az ózon mind a troposzférában, mind a sztratoszférában előfordul (főleg 20-30 km magasságban, de nyomokban még 70 km magasságban is, sűrűsége 22 km magasságban legnagyobb, teljes mennyiségének mintegy 90 %-a a sztratoszférában van). Alapvetően a sztratoszférában keletkezik, itt is főleg a trópusi vidékek felett, az oxigén fotokémiai reakcióin keresztül (atomos oxigén, majd ózon keletkezik). A fotokémiai ózontermelődéssel első elméletét Sydney Chapman (1888-1970) angol matematikus és geofizikus fogalmazta meg. A tényleges ózonkoncentráció azonban 20-30 %-kal kisebb, mint ami a fotokémiai reakciók alapján várható lenne, melyet ózonbontó folyamatok idéznek elő (ilyenek lehetnek a nitrogén-monoxid, a hidrogén-oxid - H<sub>2</sub>O - ,

hidroxilgyök - OH -, az atomos klór, de a nitrogén-dioxid is; a sztratoszféra alacsonyabb rétegeiben összességében az NO<sub>x</sub> felelős az atmoszférikus ózombontás 65 %-áért). A sztratoszférában keletkező ózon a légköri folyamatok révén jut le a troposzférába, ahol a szerves részecskék oxidálása útján állandóan elbomlik. Természetes formájában tehát a légkör magasabb rétegeiben fordul elő, ahol elnyeli a napsugárzás veszélyes ibolyántúli sugarait, melyet már az 1880-as években kimutattak (ezért az „**ózonpajzs**” elnevezés). A 200-290 (280) nm hullámhosszúságú UV-sugarakat gyakorlatilag teljesen elnyeli (UV-C sugarak), a 290-320 (280-315) nm-es UV-B sugarakat csak részben, a 320-400 (315-400) nm-es UV-A sugarakat pedig egyáltalán nem abszorbeálja. Összes mennyisége igen csekély (mintegy 3500·10<sup>6</sup> t, mely a levegő összes tömegének mintegy 7·10<sup>-7</sup>-ed része), tengerszint magasságon atmoszférikus nyomáson és 0 °C hőmérsékleten mindössze kb. 3 mm vastagságú réteget alkotna. Mennyiségét Dobson egységben fejezik ki, Dobson (G.M.B. Dobson; 1889-1976) angol meteorológus tiszteletére, aki munkatársaival együtt 1920-as években vizsgálta a légkör ózontartalmát, és kifejlesztette a ma is alkalmazott Dobson-spektrométert, mellyel lehetővé vált az ózonkoncentráció földfelületről történő megmérése. Ezzel négy hullámhosszon méri a Nap ultraibolya-sugárzását, amelyek közül kettőt elnyel az ózon, kettőt pedig nem érint. 1 Dobson atmoszférikus nyomáson és 0 °C-on 0.01 mm rétegvastagságot jelent, tehát az átlagos koncentráció 300 Dobson. Már Dobson kimutatta, hogy az ózon koncentrációja évszakonként és földrajzi szélességenként is változik, így az **évszakok szerint** koncentrációja **290-380 Dobson** tartományban van, **földrajzi szélesség** tekintetében a **tropusokon 220 Dobson** körül van az átlagos koncentrációja, a **sarkvidéki térségekben pedig 600 Dobson** körül. **Magyarország** felett az elmúlt 20 évi átlagos értéke **348 Dobson**. A levegőszennyezés hatásának tulajdoníthatóan a sztratoszférában csökken az ózon koncentrációja, amíg a troposzférában növekszik. Olyan anyagok, mint például a klórozott szénhidrogének, az atmoszféra alsó rétegében hosszú ideig megmaradnak, végül a sztratoszférába vándorolnak, ahol a különleges sarki időjárás, ill. az ultraibolya sugárzás lehetővé teszi bomlásukat, miközben klóratom hasad le, mely az ózonnal reagálva csökkenti a sztratoszféra ózontartalmát (az ózonréteg helyileg elvékonyodik). Hasonló hatással vannak a felső légrétegekbe feljutó nitrogén-oxidok, szén-dioxid és egyéb légszennyező gázok. A nitrogén-oxidok ózombontó hatását az 1970-es évek elején írták le, ekkor vetődött fel az atomos klór hasonló hatása is. A CFC-k ózonromboló hatását először 1974-ben figyelték meg, az **ózonlyuk** keletkezését az Antarktisz felett először 1988-ban igazolták. Ekkor az ózonkoncentráció 100-150 Dobsonra csökkent, tehát védőhatása lecsökkent mértékben, de megmaradt, s ezért nem szerencsés az ózon-lyuk elnevezés. A folyamat eredményeként az ultraibolya sugárzás (elsősorban a 280-320 nm hullámhossz közötti tartomány) eljut a Föld felszínére, hatására nőhet a rákos bőrmegbetegedések száma és károsan hat a növényekre, valamint a tengeri élő szervezetekre is. Az Antarktisz felett a sztratoszférikus ózon igen jelentős csökkenését, az ún. ózonlyuk megjelenését a Montreali Jegyzőkönyv (1987) rögzítette. A troposzférában ózon keletkezését először 1974-ben mutatták ki, bár már 25-30 évvel korábban is észlelték a talaj közeli levegőben. Ennek forrása a nitrogén-monoxid, melyet a szerves anyagok nitrogén-dioxiddá oxidálnak, s ennek fotokémiai bomlásából származó oxigénatom a levegő oxigénmolekulájával ózont képez. Összetett mechanizmuson keresztül hasonló hatással van a szén-monoxid is. Ezt a légköri mérések is alátámasztják: a reggeli órákban a gépkocsiforgalom megindulásával először az ózon koncentrációja növekszik, s a nitrogén-monoxid koncentráció, majd a nitrogén-dioxid, s ezután az ózon koncentrációja növekszik. **Az ózon koncentrációja a déli órákban éri el a maximumot.** Emiatt nem tanácsos napozni 10 óra és délután 4 óra között még Magyarországon sem. Este az elsődleges szennyezők koncentrációsintje ismét növekszik, de a fotokémiai aktivitás hiánya miatt az ózon koncentrációja nem növekszik, hanem még csökken is (Mészáros, 1997.; Papp és Kümmel, 1992.).

**Kén-dioxid:** Színtelen, szúrós szagú, vízben oldódó, mérgező gáz, a levegő oxigénjével kén-trioxiddá oxidálódik, katalizátorok jelenlétében. Erélyes redukáló szer, a szerves festékek egy részét elszínteleníti. Napfény vagy katalizátor hatására a klórral szulfuril-kloriddá egyesül. A levegő nedvességével kénsavat, ill. kénsavat képez, a savas esők alkotóeleme, melynek hatására a vizek és a talaj pH-ja csökken, a talaj elsavanyodik. Élő szervezetekre erősen mérgező hatású, különösen a növényzet érzékeny rá. A növényekben kénsavképződés közben oldódik, gátolva az anyagcsere-folyamatot. Az embernél tisztán belélegezve fulladásos halált, néhány század százaléknyi mennyisége légszervi nehézséggel járó mérgezési tüneteket, köhögési inger okoz, erős mérgezés hatására köhögés, görcs, tüdő ödéma, öntudatzavar és halál következhet be. Részben természetes úton (bomlási folyamatok, vulkáni kitörések stb.), részben emberi tevékenység révén kerül a légkörbe. Az antropogén eredetű forrás mintegy 70 %-a az erőműi és a háztartási fosszilis tüzelőanyag égetés. A szén igen változó, mintegy 0.2-4 tömeg %-ban, a nyers kőolaj 0.1-2 %-ban tartalmaznak kenet. A hazai szén kéntartalma viszonylag magas, 2-4 %. Kisebb mennyiségben olajtüzelésből, Diesel-motorok kipufogógázából is származik. Az energiatermelés után a kohászat, a kőolaj-feldolgozás és a kénsavtermelés jár a legnagyobb mértékű kén-dioxid kibocsátással. Magyarországon a munkahelyeken megengedhető legnagyobb kén-dioxid koncentráció 10 mg/m<sup>3</sup>.

A **nitrogén-oxidok** elnevezés a különböző arányú nitrogén-oxigén vegyületek összefoglaló neve, melyekre az NO<sub>x</sub> jelölést alkalmazzák. Szűkebb értelemben a nitrogén-monoxid és a nitrogén-dioxid keverékét nevezik így, tágabb értelemben ide sorolják az egyéb

nitrogén oxidokat is (pl.  $N_2O$ ,  $N_2O_3$ ,  $N_2O_5$ ). Szúrós szagú, nem éghető, de égést, oxidációt okozó, igen mérgező gázok, vízzel érintkezve erősen maró savakat adnak. Bizonyítottan meghatározó szerepet játszanak a **fotokémiai szmog** (füstköd) kialakulásában, valószínűsíthető a szerepük az **ózon-lyuk** vagy **ózonréteg-ritkulás** előidézésében. Részben természetes forrásokból (talaj kibocsátás, villámlás, biomassza), részben emberi tevékenység (égés és egyéb ipari folyamatok, közlekedés) révén kerülnek a légkörbe. Részt vesznek a **savas esők** kialakulásában. Nitrogén-oxid minden tüzelési folyamatban keletkezik, közel azonos mértékben (100-200 g/GJ mennyiségben). A tüzelőberendezésekből kibocsátott füstgázok nitrogén-oxid tartalma rendszerint nem haladja meg 0.05 %-ot (500 ppm-et), ezek 90-98 %-a nitrogén-monoxid és 2-10 %-a nitrogén-dioxid, arányuk a tüzeléstechnikai jellemzőktől függ.

**Nitrogén-oxidok:** Képződésük három reakciómechanizmus alapján lehetséges:

- tüzelőanyag  $NO_x$ : a tüzelőanyagban szervesen kötött nitrogénből képződik, kb. 1000 °C égési hőmérsékleten;
- prompt (pillanatnyi)  $NO_x$  képződés: rövid életű, közbenső termék az ún. gyökök révén, s nincs gyakorlati jelentősége a nitrogén-oxid kibocsátás szempontjából;
- termikus  $NO_x$  képződés: kb. 1300 °C felett, a levegő oxigénjének és nitrogénjének egyesülésével. A keletkezett nitrogén-oxidok mennyisége elsősorban a hőmérséklettől függ: 1300 °C-ig alig keletkezik, s e felett kb. exponenciálisan növekszik, maximumot 1700-1800 °C között éri el, majd ezt követően gyorsan bomlik.

A nitrogén-oxidok megengedett koncentrációja közutak mentén a forgalomtól függően 1-160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . **Belső** terekben koncentrációjuk igen nagy is lehet (gázkonvektoros fűtésnél 100-110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , gázsütővel működő konyhákban 1000-1500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Nitrogén-monoxid (NO):** Tüzelés során elsődlegesen keletkező nitrogén-oxidfajta (a képződő nitrogén oxidok 90-98 %-a). Színtelen, vízben kevésbé oldódó, igen reakcióképes, könnyen oxidálódó gáz. Egészségre ártalmas. Veszélyessége főleg nagy reakcióképességéből adódik, melynek eredményeként a levegő oxigénjével nitrogén-dioxiddá alakul, s e folyamat a napsugárzás UV spektruma hatására különösen felgyorsul. Klórral nitrozil-kloridot alkot. A nitrogén-monoxidot a vér haemoglobinja megköti. Oxidálószer és víz jelenlétében salétromsavvá oxidálódik. Elemeiből igen magas hőmérsékleten, pl. villámláskor képződik.

**Nitrogén-dioxid (NO<sub>2</sub>):** A levegőnél nehezebb, vízben rosszul oldódó, nagyon reakcióképes (szabad vegyértékkel rendelkezik), ezért erősen oxidáló hatású, fémeket képes eloxidálni, s így feloldásukat elősegíteni. Töményen vörösesbarna színű, fojtó szagú gáz. Erősen mérgező, az élő szervezetben nagyon káros. Tüzelés során keletkezik (a képződő nitrogén oxidok 2-10 %-a). A nitrogén-dioxid alacsonyabb hőmérsékleten nitrogén-tetraoxiddá alakul, s már szobahőmérsékleten is jelentős a nitrogén-tetraoxid aránya. Nitrózus gázok a műtrágyagyártás, műanyaggyártás, valamint nagy nyomáson végbemenő égési folyamatok (Diesel-motorok) során keletkeznek és jutnak a légkörbe.

A **freonok** klórozott-fluorozott szénhidrogének (CFC-k, az ún. kemény freonok és HFC-k, az ún. lágy freonok). A **CFC-eket szintetikusán 1928-ban állították elő**, s a 20. század 30-as éveitől gyártottak ilyen vegyületeket (DuPont, ma Chemours). Előzetes **vizsgálatokkal kimutatták**, hogy nem lépnek kémiai reakcióba (kémiailag stabilak), a hőhatásnak ellenállnak, nem égnak és az élővilágra kevésbé veszélyesek, s e mellett olcsók. Nem-mérgező voltak miatt ideális **környezetbarát anyagoknak** is tartották őket. Elterjedten alkalmazták cseppfolyósított alakban aeroszolok hajtógázaként, műanyagok habosítására és tűzoltó készülékekben ugyancsak habosításra, **hűtőgépek hűtőközegeként**, vegytisztításban és elektronikus alkatrészek tisztítására. E kedvező tulajdonságaik miatt felhasználásuk gyorsan növekedett. A későbbi vizsgálatokkal kimutatták azonban, hogy **a sztratoszférikus ózonréteg elsődleges károsítói, összetett kémiai reakciók közben az ózont lebontják**, mely az ózonréteg vékonyodásához vezet (ózon-lyuk). Légkörmelegítő hatásuk messze felülmúlja a többi üvegházhatású gáz légkörmelegítő hatását. Elsőként 1978 januárjában Svédország tiltotta be használatukat. A sztratoszférikus ózonréteg védelmére először a 1987-ben elfogadott, majd 1997-ben felülvizsgált és módosított **Montreali Egyezmény** több lépcsőben korlátozta használatukat, s mára már a világ minden jelentős országa aláírta a jegyzőkönyvet

(Magyarország 1989-ben). A 2007 szeptemberében Montrealban rendezett konferencián megállapodás született arról, hogy az előirányoztnál tíz évvel hamarabb mondanak le az "ózongyilkos" anyagokról: az iparosodott államok így már 2020-ig, a fejlődő országok pedig 2030-ig beszüntetik a HFC-anyagok felhasználását (a lágy freonok ózontató képessége csekély, melegítő hatásuk igen jelentős). Az 1980-as évek végén a sztratoszférában a klórkoncentráció 3 ppb körül volt, s ezt legalább 2 ppb-re kell csökkenteni ahhoz, hogy az ózonlyuk megjelenése előtti állapot visszaállhasson. Számítások szerint erre 60 évet becsülnek.

A **freonok** (vagy akár a **DDT**) **felhasználásának története** arra **figyelmeztet** bennünket (persze csak akkor, ha észrevesszük), hogy az emberi tevékenység hatásai igen sokszor nem becsülhetők előre, gyakran csak utólagosan észleljük ezeket. Nehéz olyan emberi tevékenységet elképzelni (ha nem lehetetlen!), amely semmilyen hatással nincs a környezetre. Ilyen módon a **környezetbarát kifejezés használata** (technológiára, iparra, közlekedésre stb.) **rendszerint nem indokolt**. Így tehát tulajdonképpen „csupán” olyan technikai, technológiai megoldásokat kell keresnünk és találnunk, melyek a környezetre a legkevésbé hatnak, azt a legkisebb módon befolyásolják, módosítják. A freonhoz kapcsolódó további probléma az, hogyan lehet az atmoszférában felhalmozott nagymennyiségű freont mielőbb „eltüntetni”.

**Freonok (CFC-k):** Klórozott-fluorozott szénhidrogének, klór-fluor-metánok. Lehetnek teljesen klórozott-fluorozott szénhidrogének, a chlorofluorocarbonok, röviden CFC-k, az ún. kemény freonok; továbbá részlegesen klórozott-fluorozott szénhidrogének, a hydrochlorofluorocarbonok, röviden HFC-k, az ún. lágy freonok; a kemény freonok a szén mellett csak klórt és fluort tartalmaznak, a lágy freonok tartalmaznak hidrogént is). Tipikus képviselőik a  $CF_2Cl_2$  és a  $CFCl_3$  (kódjelük: CFC-11 vagy freon 11 és CFC-12 vagy freon 12). A sztratoszférikus ózonréteg elsődleges károsító, ugyanis stabilitásuk miatt feljutnak a légkör felső rétegeibe és összetett kémiai reakciók közben az ózont lebontják. Ekkor a freon molekulából az erős napsugárzás hatására a klóratom leszakad és az ózon molekulából egy oxigénatomot kiszakítva klór-monoxidot képez, a maradék egyszerű oxigénmolekulává válik. A klór-monoxid molekula labilis, így idővel elbomlik. A felszabadult oxigénatom egy másik oxigénatommal oxigénmolekulát képez, a felszabadult klóratom viszont már egy másik ózonmolekulát bonthat le. Így **egy klóratom több mint százezer ózonmolekulát is lebonthat**. Az ózonkoncentráció csökkenésével a kívánatosnál nagyobb mennyiségű ultraibolya sugárzás jut el a Föld felszínére (ózonréteg vékonyodás, ózonlyuk), mely bőrbetegséget, kötőhártya-gyulladást, szürke hályogot okoz. A nyolcvanas évek végén a sztratoszférában a klórkoncentráció 3 ppb körül volt, s ezt legalább 2 ppb-re kellene csökkenteni, hogy az ózonlyuk megjelenése előtti állapot visszaállhasson. Az 1987. szeptember 16-án megkötött **Montreáli Egyezmény** (mely az egész világra kiterjedő első környezetvédelmi egyezmény) több lépésben korlátozza használatukat (első lépésben 1993 közepére 80 %-ra és 1998 közepére felére kellett csökkenteni a felhasználást, majd az 1990-ben Londonban aláírt módosítás 2000 utánra teljes betiltásukat írta elő). Az egyezmény 1989. január 1-én lépett hatályba, miután 30 fél ratifikálta. Hazánk 1989-ben csatlakozott az egyezményhez. Jelenleg 175 ország vesz részt a végrehajtásban. Kezdetben öt CFC és három halonvegyület felhasználását korlátozták, majd ezt módosításokkal fokozatosan kiterjesztették egyéb hasonló hatású gázokra is (pl. metil-kloroform, szén-tetraklorid, metil-bromid stb.) és a végrehajtást gyorsították. Az aláírók 1990-ben Londonban számos ózonkárosító anyag forgalomból való teljes kivonásában egyeztek meg, az Európai Unió országai pedig megállapodtak abban, hogy a klórozott szénhidrogéneket 1997 közepéig kivonják a forgalomból, más anyagokkal helyettesítik. A végrehajtás ellenőrzésére ültek össze Montrealban 1997. szeptember 15.-17. között az aláíró országok képviselői. Itt szeptember 16-ot **Ózon-napnak** nyilvánították. A nemzetközi összefogás eredményes volt, minthogy egy évtized alatt az ózonkárosító anyagok termelése ötödére csökkent. Magyarország gyakorlatilag eleget tett vállalt kötelezettségeinek, mivel az 1986. évi mintegy 6000 tonnás fogyasztás 1997-re 1000 tonna alá csökkent, s 1996. január 1-től tilos a freonok, a kloroform és a metil-kloroform felhasználása. Magyarország sosem gyártott freonokat.

**Fluor:** Az elemi fluor sárgászöld, szúrós szagú, sűrűsége – azonos nyomáson és hőmérsékleten – a levegőénél nagyobb. Valamennyi elem közül a legreakcióképesebb. Hidrogénnel hevesen egyesül, a vizet bontja. A hidrogén-fluorid (folsav) szobahőmérsékleten forr. A  $H_4F_4$  molekulák a hőmérséklet emelkedésével fokozatosan  $H_2F_2$ , majd HF-molekulákra disszociálnak. Vízrel minden arányban elegyednek. Az üveget oldja. A fluor és a hidrogén-fluorid az élő szervezetre igen veszélyes, nagyon agresszív mérge. A légkörbe az alumínium-kohászatban használatos folyópát bomlása révén, üvegyárak és zománcgyárak tevékenysége során kerül. Műtrágyagyártás, téglák és cserépezés egyes esetekben ugyancsak fluort bocsát ki. A fluoridok közül levegőszennyezőként főleg a vízben oldódó alkáli-fluoridok jöhetnek számításba.

**Szén-monoxid (CO):** Színtelen, szagtalan, íztelen, vízben kevésbé oldódó, szobahőmérsékleten nehezen oxidálható gáz. A levegőnél - azonos nyomáson és hőmérsékleten - kissé könnyebb. Huzamos belélegzés esetén rendkívül mérgező emberre, állatra egyaránt. Igen erős vérméreg, a vérben az igen stabilis szén-oxid-hemoglobin alakjában halmozódik fel. Tökéletlen égés során keletkezik. Gépjárművek és az ipar (kohók) nagy mennyiségben bocsátják a légkörbe.

**Fotoszintézis:** A zöld növények alapvető életfolyamata, amelynek során **szervetlen anyagokból** (szén-dioxidból és vízből) **a napfény energiájának felhasználásával szerves anyagot** (alapvetően szénhidrátokat, melyek általános sztöchiometriai képlete:  $\text{CH}_2\text{O}$ ) **állítanak elő**. A fényenergia felhasználása a növények színes anyaga, a klorofill közreműködésével a növények színtestecskéiben (kloroplasztisz) valósul meg. A növények éves átlagban a rájuk eső fényenergia mindössze 2 %-át használják fel (legnagyobb elméleti érték 17 %, gyakorlatilag legfeljebb 10 %), a többi részben visszaverődik, nagy része pedig hőenergiává alakul, s így a növény számára gyakorlatilag értékesíthetlenné válik. A folyamat reakcióegyenlete általánosan:



vagy a szőlőcukorra:



A folyamat endoterm, megvalósulásához 2830 kJ energia szükséges. Tehát a nap sugárzó energiájának hatására **az energiában szegény szén-dioxidból és vízből energiában gazdag szénhidrát (cukor) keletkezik**. Ez tette, ill. teszi lehetővé a napenergia felhalmozódását a korábban élt, ill. a ma élő szervezetekben (ásványi szén, kőolaj, földgáz, olajpala, tőzeg stb.). A szén-dioxid fő tömegét a heterotróf szervezetek szolgáltatják anyagcserejük során. A növények fotoszintézisének és a heterotróf szervezetek működésének köszönhető, hogy az oxigén és a szén-dioxid aránya a Föld légkörében lényegesen nem változott, s ezt „igyekszünk” most megbontani. A fotoszintézis révén előállított szénhidrát vagy növényi anyagok elégetésekor exoterm kémiai reakció valósul meg, s hőfejlődéssel jár mind a szénnek, mind a hidrogénnek az oxigénnel történő égése, melynek során szén-dioxid is felszabadul, de csak olyan mennyiség, amennyit a növény a fotoszintézis révén megkötött (vagyis nincsen többlet kibocsátás), tehát nem járul hozzá a légkör üvegházhatásához. Megjegyzés: a fotoszintézis révén tehát a napsugárzás fényenergiájának egy része kémiai energiává alakul, mely a jelenlegi földi élet energetikai alapját jelenti, s ez a biomasszában illetve a fosszilis energiaforrásokban testesül meg. Emlékeztetőül: erre csak a heterotróf élőlények képesek!

## Víz és vízkészlet, vízfelhasználás

„Víz! Se ízed nincs, se színed, se zamatod, nem lehet meghatározni téged, megízlelnék, anélkül hogy megismernének. Nem szükséges vagy az életben: maga az élet vagy.”

Saint-Exupéry, Antoine de (1900-1944) francia író,  
pilóta, a II. világháborúban repülőtiszt

„ugyanis nélkülözhetetlen az élethez, az élet örömeihez és a mindennapi szükségletekhez”

Marcus Vitruvius Pollio (kr.e. 80/70, kr.e. 15):  
De architectura libri decem (Az építészetről),  
római építész, hadmérnök, szakíró

„A víz nem szokásos kereskedelmi termék, hanem örökség,  
amit annak megfelelően óvni, védeni és kezelni kell.”

Európai Parlament Víz keretirányelv  
(2000. október 23.)

**A víz nélkülözhetetlen volt az élet keletkezéséhez és elengedhetetlen a bioszféra fenntartásához.** Az egyik legfontosabb környezeti elem, a földi életet lehetővé tevő vegyület, a bioszféra hőmérsékletszabályozója, a sejtekben végbemenő biokémiai folyamatok oldószere. Fontos szerepe van az anyagcsere folyamatokban, minthogy a sejtek vizes oldatban kapják a táplálkozásukhoz szükséges szerves, ill. szervetlen anyagokat. Az állandó hőmérsékletű állatok, de az ember szervezetében is **fontos hőszabályozó**, a verejtékezés és a párologtatás révén. A víz jelentős részt képvisel a növények, az állatok és az ember szervezetében (70-80 %, az ember szervezetében átlagosan 67 %, a lágy szövetekben 85-95

%), a túlzott vízvesztés, kiszáradás vagy dehidratáció halállal jár. Szervezetünkben a víz közel harmada sejten kívüli, kétharmada sejten belüli víz. A sejten kívüli víz egy része az érpályán belül, másik része az érpályán kívül található. Egy felnőtt ember sejtjei kb. 28 liter vizet tartalmaznak.

Az élettelen világ is sokféle formában tartalmazza, előfordul mind a szerves, mind a szervetlen anyagokban. A víz nemcsak ivóvízként jut a szervezetünkbe, táplálékaink is jelentős részben tartalmaznak vizet (burgonya - 78 %, tojás - 75 %, marhahús - 64 %, pizza - 48 %, kenyér - 38 %, vaj - 16 % stb.). Az ember egy hónapig is élél élelem nélkül, de tiszta víz nélkül csak néhány napig. Folyadékháztartásunk egyensúlyának fenntartása igen fontos számos fiziológiás folyamat normális működéséhez, ezért az embernek rendszeres folyadékbevitelre van szüksége a szervezet működése közben (izzadás, légzés, vizelet) elvesztett folyadék pótlására. A víz belső kohéziója, ill. felületi feszültsége nagy (72-73 N/m). Kapillárisokban más folyadékoknál magasabba emelkedik, mely alapja a növények nedvkeringésének. E tulajdonsága teszi lehetővé azt is, hogy a növények által elérhető felső talajréteg nedves maradjon. A vízben képződő jelentős felhajtóerő miatt a vízinövényeknek nincs szüksége támasztó, ill. merevítő rendszerekre, a szárazföldi növényekkel ellentétben. **Víz nélkül tehát nincs élet**, a víz a szerves élet (minden élőlény) és általában minden emberi szükséglet (mely lehet biológiai, egészségügyi és higiéniai szükséglet) kielégítésének nélkülözhetetlen és alapvető eleme, egyúttal az egyik legfontosabb **alap- és segédanyag az ipar, a mezőgazdaság, az erdő- és halgazdaság számára, szállítóeszköz, alapvető energiaforrás és energiahordozó**. Egyes ipari alkalmazásokban még a termékbe is beépül, mint pl. az élelmiszeriparban. Ugyanakkor a víz romboló erejével, árvizek és belvizek okozásával, a bele jutó mindenfajta káros szennyeződés továbbításával veszélyforrás is, mely szennyezést rendszerint emberi tevékenység okozza. Ezért nemcsak a szükséges mennyiségben és minőségben történő biztosításáról, de az általa okozott károk elhárításáról is gondoskodni kell. Így tehát a víz az ember számára nélkülözhetetlen, de időszakonként és helyenként veszélyt is jelent, melyet az emberiség már igen régen felismert, megértett és ennek megfelelően kezelt. Az utóbbi néhány évtizedben viszont veszélybe került a világ vízkészlete, melyet a népességnövekedés, a szakszerűtlen felhasználás, a szegénység, de nem utolsósorban a **gondatlanság, a tudatlanság és a felelőtlenség** idézett elő. A vízkészletből kiemelten kell figyelni az **édesvízkészletre**, mely a becslések szerint **2200-ra „kimerülhet”**.

Az újszülöttek szervezetének kb. 75-80 %-át víz képezi, a felnőttek testének kb. 60-70 %-a víz. A vér 86 %-a, a szív 77 %-a, az izmok 70 %-a, a tüdő 90 %-a, az agy 76 %-a, a csontok 25 % víz. Bőrünk mintegy 7 liter vizet tartalmaz. A szervezetnek elemi szüksége van a vízre! De nem csak azért kell innunk, hogy ki ne száradjunk, hanem azért is, hogy a víz kimossa szervezetünkben az amúgy lerakódó méreganyagokat. A víz az előzőekben összefoglaltak alapján igen sok feladatot lát el szervezetünkben, így segíti egészségünket.

A víz az **ipar legfontosabb hőhordozója**, kiváló **fűtő-, ill. hűtőanyag**, melynek alapja nagy sűrűsége, nagy fajhője (közel 4.2 kJ/kg°C) és nagy párolgáshője (a hőmérséklettől függően 2200-2500 kJ/kg). Elpárolgásával járó térfogati munkát hasznosítja a **gőzgép**, mely az ipari forradalom fontos műszaki újítása volt (feltalálása 1712-ben Thomas Newcomen, tökéletesítése 1763-ban James Watt nevéhez kötődik). A térfogati munkát hasznosítja a gőzturbina is az elektromos áramot előállító erőművekben. A víz az egyetlen folyadék, melynek sűrűsége a hőmérséklet függvényében rendellenesen maximummal bír, sűrűsége légköri nyomáson 4 °C hőmérsékleten a legnagyobb (1000 kg/m<sup>3</sup>), minden más hőfokon kisebb. Felülről kezd befagyni, a képződött jég kitágul, sűrűsége kisebb a víz sűrűségénél (kiterjedése 9 %). A jég térfogati tágulása okozza a kőzetek fizikai mállását, ami a talajképződés első lépése, valamint azt, hogy a jég úszik a vízben. Ebből, valamint a jég jó hőszigetelő képességéből (kis hővezetési tényezőjéből) adódóan megvédi az alatta lévő víztömeget és élővilágot a lehüléstől és a megfagyástól. Olvadáspontja és forráspontja más folyadékoknál magasabb. Az egyetlen közeg, mely a Földön mindhárom halmazállapotban

előfordul, viszonylag szűk (100 °C) hőmérséklettartományon belül. Fázisváltásai teszik lehetővé körforgását, aminek hajtóereje a napenergia. Ezekből a tulajdonságokból adódóan **a víz sokkal állandóbb és kiegyenlítettebb környezetet biztosít a benne lévő élővilág számára, mint a szárazföld**. Fontos jellemzője a kis viszkozitás (környezeti nyomáson és hőmérsékleten  $10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ cP}$  körül), ami szivattyúzás (továbbítás, szállítás) esetén rendkívül fontos. Hőhordozóként más hőhordozókkal (pl. ásványolajokkal, szintetikus olajokkal) szemben hátrányos tulajdonsága, hogy telítési gőznyomása viszonylag gyorsan emelkedik a hőmérséklettel.

A kémiai értelemben tiszta víz színtelen, szagtalan, íztelen, semleges kémhatású, de **kémiailag tiszta állapotban a természetben a víz nem fordul elő**. Ugyanis a víz a **legáltalánosabb oldószer**, és a benne oldott anyagok (főleg a különféle sók) jelenléte miatt fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai, tehát minősége jelentősen megváltozik. A vízben oldott sók ionokra disszociálnak, a pozitív töltésű kationokat és a negatív töltésű anionokat hidratburok veszi körül. A kationok tekintetében a kalcium, a kálium, a magnézium és a nátrium dominál. Jól oldja - gyakran kémiai reakció kíséretében - az aszimmetrikus szerkezetű gázokat, mint pl. az ammóniát, de rosszul a legtöbb szimmetrikus (apoláros) szerkezetű gázt, mint pl. a nitrogént és az oxigént. A különböző gázok vízbéli oldékonysága jelentősen eltér, mely alapja a levegőben lévő gáznemű szennyezők eltávolításának. Ezt az **abszorpció** műveletével valósítjuk meg. Lényegében oldószer jellege teszi alkalmassá arra, hogy az élő szervezetek felhasználják. A megfelelő mennyiségű **oldott oxigéntartalom a vízi élet feltétele**. A túl sok **oldott só** keménnyé teszi a vizet, felhasználását megnehezíti vagy adott formában (tehát eltávolítása, a víz lágyítása vagy sótelenítése nélkül) lehetetlenné teszi. Hazánkban az Alföld déli területein a vízben oldott **arzén** nagy koncentrációja okoz problémát, annál is inkább, mert pár éve az ivóvíz arzéntartalmára a határérték jelentősen szigorodott (50 µg/l értékről 10 µg/l-re, melyet ma kb. 370 település nem teljesít). Gondot okoz a nagy **nitrát** tartalom is, mely a szennyvíz nem megfelelő elhelyezése és a túlzott műtrágyázás miatt léphet fel, minthogy a nitrát nitritté redukálódva csecsemőknél fulladásos halált okozhat. Egyes országokban a folyóvizek nitrátosodását is megfigyelték. Hasonlóan általános problémát jelent a vas, az ammónium és a mangán határértékének szigorítása. **A természetben légköri, felszíni és felszínalatti formában fordul elő, minősége szerint megkülönböztetünk édes és sós, kemény és lágy, tiszta és szennyezett vizet. Közvetlen felhasználásra csak a tiszta és kis sótartalmú édesvíz alkalmas, ezért a vizet felhasználás előtt gyakran kezelni kell (víztisztítás, vízkezelés, vízlágyítás, sótelenítés).**

A földi vízkészlet (hidroszféra) becsült tömege  $1.38 \cdot 10^{21}$  kg (vagyis közel 1400 millió  $\text{km}^3$ ), mely a Föld tömegének mindössze 0.023 %-a, de mégis a **Föld felszínének kerekén 71 %-át tengerek és óceánok borítják**: az északi féltekén 61 %, a déli féltekén 81 %. Innen van a **kék bolygó** elnevezés! Így tehát az időszakos és a helyenkénti vízhiányok szempontjából különösen elképzelhetetlen, hogy milyen óriási mennyiségű a Földön fellelhető víztömeg. A vízkészletre adott becslések között gyakran jelentős eltérések vannak, az édesvízre különösen. A bizonytalanságot főleg a Föld szilárd közeiben rejtőzködő víz mennyisége okozza, mely valószínűleg jóval több a felszínen látható összes víz tömegénél. Így pl. csak a földkéreg felső 5 km vastagságú rétegében előforduló víz mennyisége, a becslések szerint, 60 millió  $\text{km}^3$ . A felszín alatti víz döntő része az ember számára hozzáférhetetlen, ezért gyakorlatilag elegendő a földkéreg felső 1 km vastagságú rétegében rejtőzködő víz figyelembevétele. Az így meghatározott felszínalatti és felszíni vizek mennyiségét  $1700 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$ -re becsülik (1700 millió  $\text{km}^3$ ). Ez borzasztóan nagy mennyiség, de túlnyomó része nem használható az ember számára, hiszen mind háztartási célokra (ivás és főzés), mind az élelmiszeriparban és a mezőgazdaságban, de több más iparágban is csak a tiszta édesvíz használható. A Földön

található víz összes mennyiségének egy becslését mutatja a következő adatsor (Kerényi, 1998. ; Mészáros, 2002.):

| Környezet                                   | Víztérfogat (1000 km <sup>3</sup> ) | Részarány |
|---|-------------------------------------|-----------|
| Óceánok és tengerek                         | 1330000                             | 97.27     |
| Sarki és hegyvidéki jégtakaró és gleccserek | 29000                               | 2.12      |
| Szárazföldi felszínalatti vizek             | 8067                                | 0.59      |
| Légkör páratartalma                         | 13                                  | 0.001     |
| Szárazföldi felszíni vizek                  | 230                                 | 0.017     |
| Ebből:                                      |                                     |           |
| Sósvízű tavak és mocsarak                   | 104                                 | 0.008     |
| Édesvízű tavak és mocsarak                  | 125                                 | 0.009     |
| Folyókák                                    | 1.2                                 | 0.000     |
| Összesen (megközelítő becslés)              | 1367000                             | 100.000   |

E táblázatból az első rápillantásra szembeötlő, hogy a **víz készlet 97 %-a** az óceánokban és tengerekben található **sósvíz**, így legfeljebb 3 % az édesvíz részaránya, melyből 2 % szilárd formában a sarki jégsapkákban és gleccserekben van, a maradék 1 % nagy része felszínalatti víz, és csak egészen kis része található a tavakban, a mesterséges víztározókban és a folyókban, de ez sem használható fel teljes egészében emberi szükséglet kielégítésére. Úgy becsülik, hogy a Föld teljes vízkészletének kb. 0.03 % használható az ember számára, bizonyos feltételekkel, mely a fenti megközelítő becslés alapján mintegy 400000 km<sup>3</sup> vízmennyiség, s ez ugyancsak óriási mennyiség. De nézzük az adatokat részletesebben!

Tehát az óceánokban és a tengerekben található sós vizek mennyisége összesen 1330 millió km<sup>3</sup> (1330·10<sup>15</sup> m<sup>3</sup>), és ez a **sósvíz képezi a Föld felszínén található víztömeg mintegy 97 %-át**. Ebből a Csendes-, az Atlanti- és az Indiai-óceánra jut rendre 53, 26 és 21 %. A vízkészlet túlnyomó részét tehát ez a kb. 3.5 tömegszázalék (közel 35000 g/m<sup>3</sup> vagy 35000 ppm) sótartalmú óceáni és tengervizek teszik ki, a bennük oldott sónak átlagosan 85 %-a nátrium-klorid, kisebb része magnézium-klorid, magnézium-szulfát, illetve egyéb oldott anyagok. Érdekes, hogy a jelentős beáramló sótartalom ellenére az óceáni vizek sótartalma gyakorlatilag állandó, s a bevezetés ellenére sem növekszik. Ez valamilyen nyelő hatása lehet, mely egyelőre tudományosan sem tisztázott. E **sósvíz a legtöbb célra használhatatlan**, még öntözővíznek sem jó, mert a talajt terméketlenné teszi. E mennyiséget még növeli a szárazföldi sósvízű tavak és mocsarak 104000 km<sup>3</sup>-re becsült vízmennyisége.

A tengervízben oldott formában egyébként a legtöbb kémiai elem megtalálható, a fő komponensek azonban a nátrium és a klór, melyek koncentrációja 10540, ill. 18980 g/m<sup>3</sup>. Jelentősebbek még a kén: 2460 g/m<sup>3</sup>, a magnézium: 1270 g/m<sup>3</sup>, a kalcium: 400 g/m<sup>3</sup>, a kálium: 380 g/m<sup>3</sup>, a bróm: 65 g/m<sup>3</sup>, a szén: 28 g/m<sup>3</sup>, a bór: 20 g/m<sup>3</sup> és a stroncium: 8 g/m<sup>3</sup> értékű koncentrációja, melyek mellett a többi elem alárendelt szerepet játszik.

A Földön fellelhető vízmennyiségnek elenyészően kis része az **édesvíz**, mely 37 millió km<sup>3</sup>-t tesz ki. Részaránya tehát elenyésző, de óriási ez a mennyiség is. Ide tartoznak a felszíni vizek: a tavak és a folyók vizei, a jégtakarók és gleccserek, továbbá a felszínalatti vizek és a légkör víztartalma. A légkör 13000 km<sup>3</sup> vizet tartalmaz vízgőz és vízcseppek formájában, melynek egyensúlyát a lehulló csapadék és az állandóan párolgó víz tartja fenn. Ez emberi vízigény kielégítésére értelemszerűen számba sem jöhet, ebben a formában. Az édesvízkészletből 29 millió km<sup>3</sup> a sarki és a hegyvidéki jégtakaróban, a gleccserekben, az ún. krioszférában, döntően az Antarktisz és Grönland jégmezéjében van. Így a sós vizeken felüli maradék vízmennyiség több mint 2 %-át a jégtakaró és a gleccserek teszik ki. Ez a **jégtakaró az édesvízkészletnek több mint háromnegyede**, sokszorosan több mint a szárazföldek összes tavában és folyójában együttesen előforduló víz. Ez tulajdonképpen a természet által,



az ember számára képzett **nagy tartalék, a jövőre nézve!** Ha addig el nem olvad! Az antarktiszi jég tökéletesen tiszta, mert amikor képződött, bolygónkon nyoma sem volt a civilizációs légszennyezésnek. Jelentős mennyiségű vizet tárolnak a magashegységek hómezői és gleccserei is, bár víztartalékuk a sarki jégtakaró víztömegének legfeljebb tizede. Ezek ugyancsak potenciális vízkészletnek tekinthetők, víztömegük közel tízszerese a tavak és a mocsarak víztömegének. A maradék a szárazföldi felszínalatti és felszíni vizek (ennek elenyészően kis része a sós tavak vízkészlete), mennyisége 8.3 millió km<sup>3</sup>, mely a teljes vízmennyiség 0.6 %-a. Ennek döntő részét a felszínalatti vizek adják, mennyiségük közel 8 millió km<sup>3</sup>. Ennek egészen kis része (kb. 1 %) pórúsvíz, a többi talajvíz. Ehhez a vízréteghez fúrások, kutak révén juthat hozzá az emberiség, így felhasználásának a költségek természetesen határt szabnak, mely viszonylagos, idővel változhat. Lényegében az eddig bemutatott **sarki jég és a talajvíz együttesen adja az édesvízkészlet 99.6 %-át.** A szárazföldi felszíni vizek (melyek a teljes vízmennyiség mindössze 0.017 %-át adják) döntő része a tavakban és a mocsarakban található, közel egyenlő arányban megosztva a sósvízű és az édes vízű tavak között. Ennek alapján **az ember számára közvetlenül hozzáférhető felszíni édesvíz mennyisége 100-120 ezer km<sup>3</sup>.** Ez az összes földi vízkészlet százalékában rendkívül kicsi vízmennyiség abszolút értékben még mindig jelentős. E felszíni vizek legkisebb mennyisége a folyómedrekben van (1200 km<sup>3</sup>, mely a szárazföldi felszíni vizeknek csak 0.5 %-a), folytonos és viszonylag gyors mozgásban, jelentős mozgási és kedvező esetben jelentős helyzeti energiát képviselve. Ezt használja ki az ember vízierőművek építésére, mely a világ energiaszükségletének alig több mint 2 %-át biztosítja, egyes országokban viszont igen jelentős (pl. Ausztria, Brazília, Kanada, Norvégia). A sósvízű tavak vízmennyiségének háromnegyede a **Kaszpi-tengerben** található (mely egyébként a 371000 km<sup>2</sup> területével és a 78200 km<sup>3</sup> víztérfogatával a világ legnagyobb sósvízű tava), sótartalma 1.2 % (tehát harmada a tengervizek sótartalmának), az édesvízű tavak vízének 70 %-a a világ tíz legnagyobb tavában van. A legnagyobb édesvízű tó a **Bajkál-tó**, mely a **világ legmélyebb tava** is (legnagyobb mélysége 1620 m), **a Föld felszíni édesvízkészletének közel ötödét** (23000 km<sup>3</sup>) **tartalmazza** (tájékoztatásul: a Balaton közel 2 km<sup>3</sup> vizet tartalmaz).

A víz tartózkodási ideje a légkörben 9 nap (mint már láttuk), a bioszférában 5 nap, a folyókban (és tavak, mocsarak), a talajban, az óceánokban és a jégtakaróban rendre 6.4, 212, 3057 és 14500 év. Tehát a légkörben és a bioszférában a víz körforgalma igen gyors, mely a bennük található viszonylag csekély vízmennyiség következménye. A nagy vízmennyiséggel rendelkező óceánokban a tartózkodási idő több ezer év, de még ennél is hosszabb a jégtakaróban tárolt víz tartózkodási ideje. Ebből következik egyébként, hogy a földi jégtakaró csak több mint tízezer év alatt keletkezhetne újra, ezért járna komoly veszéllyel a globális melegedés.

A fentieket összefoglalva tehát látjuk, hogy az emberi célokra használható vízkészlet mindössze a közel 3 % körüli édesvíz, de ennek nagy része nehezen elérhető, az ember számára **kis költséggel hozzáférhető édesvízmennyiség mintegy 100-120 ezer km<sup>3</sup>,** mely a Földön rendkívül egyenetlen eloszlásban fordul elő. Mindez tovább szűkül, ha csak az éves **megújuló készletet** vesszük figyelembe, melyet kb. **40-50 ezer km<sup>3</sup>-re** becsülnek. Így egyes arab országok - Szaud-Arábia, Bahrein – vagy pl. Izrael az édesvizet is tengervízből kénytelenek előállítani (pl. desztillációval, fordított ozmózissal, elektrodialízissel), amíg pl. Izlandon 68 ezer, Malajziában 26 ezer, hazánkban 600 és Pakisztánban 540, az egész világon 2400 m<sup>3</sup> jut egy főre évente. **A világ éves vízfogyasztása 6000-7000 km<sup>3</sup> körül van, mely az éves megújuló vízkészletnek hatoda-hetede, a könnyen hozzáférhető felszíni vízkészletnek huszada.** A felhasználás is rendkívül egyenetlen a Földön: 1995 körül az egy főre jutó átlagos éves édesvíz felhasználás Afrikában volt a legkisebb, 252 m<sup>3</sup>, Észak-Amerikában a legnagyobb, 2190 m<sup>3</sup>, hazánkban 612 m<sup>3</sup>, a világtátlag 650 m<sup>3</sup>. Ennek a víznek

jelentős részét a mezőgazdaság használja fel (70 % körüli részarányt képvisel), lényegesen kevesebbet használ az ipar (20 % körül) és még kevesebbet a lakosság, az intézmények és a szolgáltatás (kb. 10 %). Hazánkban a mezőgazdasági felhasználás jelenleg igen kis részarányt képvisel (10 % alatt van), az ipari (beleértve az erőműveket is) felhasználás - főleg hűtési célokra - a meghatározó. Az egész világra tekintve a 20. században a vízfogyasztás mintegy hatszorosára nőtt, amíg a lakosság lélekszáma közel négyszeres lett, vagyis a vízfogyasztás gyorsabban növekedett az emberiség létszámánál (mint sok minden más is, pl. az energiafelhasználás). A felhasznált víznek legalább fele szennyvíz formájában visszajut az élővizekbe, de ha a „hővel” szennyezett vizet (vagyis a környezeti víznél melegebb vizeknek az élővizekbe bocsátását, az ún. hőszennyezést) is tekintetbe vesszük, akkor még ennél is nagyobb a visszabocsátott részarány, pl. hazánkban közel 90 % (hőerőművek hűtővize). Az adatok alapján tehát már igazán nem tűnik soknak az emberiség által elérhető és közvetlenül felhasználható édesvízkészlet, melyet a víztestből rendszerint kiemelünk és használat során beszennyezzük, majd többé-kevésbé megtisztítva juttatjuk vissza a vízfolyásokba! A földi vízkészletek a víz körforgása révén szakadatlanul megújulnak, melynek energiaszükségletét a napenergia szolgáltatja (a Naptól a Földre jutó energia kb. 23 %-a biztosítja ezt a körforgást).

A vízigények nagymértékben függenek az éghajlati és a fejlettségi viszonyoktól, s alapvető gond, hogy a készletek és az igények jelentős mértékben eltérhetnek (mind időben, mind pedig földrajzilag). Az **ivóvíz** forrását jelentő édesvíz lényegében a felszínalatti vizek és a szárazföld felszíni vizeinek összefoglaló elnevezése, mely **50-400 g/m<sup>3</sup> koncentrációban oldott sókat, s ezen belül legfeljebb 300 g/m<sup>3</sup> koncentrációban nátrium-kloridot tartalmaz (g/m<sup>3</sup>= mg/l).**

A természetes vizek tehát mindig tartalmaznak oldott anyagokat, amelyek módosítják tulajdonságait (pl. sűrűségét, viszkozitását, forráspontját, fagyáspontját, vezetőképességét stb.). A felszíni vizek iontartalmának legnagyobb része a talajból, a meder és a vízgyűjtő terület közetéből ered, gyakran azonban a csapadék iontartalma sem elhanyagolható (melyet a csapadék a légkörből mos ki, az azon való áthaladása során). A szerves anyagokat is oldja a víz. A természetes vizek összetétele tehát mindig egyedileg és jelentősen eltér a tiszta vizétől.

A hőmérséklettel az általánostól eltérően változik a víz sűrűsége, mely miatt a mély vizekben hőmérsékleti rétegződés alakul ki és a felülről felmelegedő melegebb vízréteg „lebeg” az alatta lévő lényegesen hidegebb alsó rétegen. Az ezeket elválasztó vékony vízrétegben igen jelentős hőmérséklet-gradiens alakul ki. A nagy sűrűség és a levegőnél lényegesen nagyobb viszkozitás miatt az egyes rétegek összekeveréséhez nagy energia szükséges, ezért a víz keveredése lassú folyamat. A sekélyvízű tavakban a szél rendszerint állandóan átkeveri a vizet, beleértve az üledékben felhalmozott anyagokat is, melyek az élőlények tápanyagaiként szolgálnak. A mélyvízi tavakban ez csak ritkábban és rövidebb időszakokban következik be, így pl. a mérsékelt égövön belül, mint pl. hazánkban, tavasszal és ősszel (megjegyezzük, hogy a Balaton a maga 10 m körüli legnagyobb mélységével lényegében sekélyvízű tónak minősül). A tengerekben és óceánokban viszont csak a felső 200 m vastagságú vízrétegekben állandó a keveredés, mely rétegben a hőmérséklet gyakorlatilag állandó marad lefelé haladva. E keveredési réteg alatt 200 m és 2000 m mélységek között a hőmérséklet lefelé fokozatosan 0 °C-ra csökken. Az egyenlítő környékén e rétegben jelentősebb a hőmérsékletváltozás (hőmérséklet-gradiens), a sarkokhoz közel viszont lefelé haladva a hőmérséklet e rétegben is gyakorlatilag állandó. A 2000 m alatti réteg az óceánok mélyvízi öve, melyben a hőmérséklet lefelé haladva gyakorlatilag állandó, az itteni áramlások is igen lassúak.

A vizet kisebb részben elfogyasztjuk, nagyobb részben igényeinknek megfelelően felhasználjuk, melynek során kisebb-nagyobb mértékben, de gyakran igen jelentős mértékben beszennyezzük. Az elfogyasztott, ill. felhasznált vizet a csapadék folyamatosan pótolja, részben ugyancsak szennyezett (l. a korábban említett légköri kimosást, vagy nedves kihullást). A folyóvizeknek (általában az élővizeknek) van egy **természetes öntisztulási** folyamata, melyet a vízben élő **mikroorganizmusok** hajtanak végre azzal, hogy biológiailag lebontják a szerves szennyező anyagokat, tápanyagként hasznosítva azokat. Ma már azonban a legtöbb folyónál a bekerülő **szennyezés mennyisége meghaladja az öntisztulási képességét**, ezért a szennyezők felhalmozódnak a vizekben, így az élővizekbe bocsátott vizek szennyező anyag tartalmát korlátozni kell, vagyis az emberi felhasználást követően rendszerint **tisztítani kell a szennyvizeket** az élővízbe bocsátás előtt, melyre egyre szigorúbbak az előírások.

**Keménység:** a víznek az **alkáli földfém-só-tartalom (kalcium- és magnézium-sók, kisebb mértékben bárium-sók)** által okozott tulajdonsága, a víz jellemző adata. Mértékét régebben keménységi fokban adták meg, melynek használatos egysége a német keménységi fok (nk°). Ez megmutatja, hogy egy liter víz hányszor 10 mg kalcium-oxidot vagy ezzel egyenértékű kalcium- és magnéziumionot tartalmaz (más területeken használatos volt még az angol, a francia és az orosz keménység). A keménység ma használatos egysége a mval, mely a pozitív és a negatív töltésű ionokat forrásuktól függetlenül egyenértékre számítja át, s ennek alapján 1 mval keménységű az a víz, melynek 1 literében 1 milligramm egyenérték alkáli földfém-só van. Minthogy a kalcium-oxid egyenértéksúlya 28, így 1 milligramm egyenértékűnyi kalcium-oxid 28 mg, melyből következik, hogy 1 mval = 2.8 nk°. A keménységet okozó sók kationjaik és anionjaik szerint csoportosíthatók, s így beszélhetünk kalcium- és magnézium-sók okozta keménységről, valamint karbonát- és nem-karbonát keménységről. Más csoportosítás szerint **változó keménységet, állandó keménységet** és a kettő összegeként **összes keménységet** különböztetnek meg. **Az összes keménység a kalcium- és a magnézium-sók összessége által okozott keménység**, melyben gyakorlati szempontból változó és állandó keménységet különböztetnek meg. A **változó keménység** (vagy **karbonát keménység**) az **alkáli földfém-karbonátok** és az **alkáli földfém-bikarbonátok (hidrokarbonátok)**, azaz a kalcium- és a magnézium-karbonátok és a kalcium- és a magnézium-bikarbonátok összessége által okozott keménység; az **állandó keménység** (vagy **maradó keménység**, ill. nem karbonát keménység) a vízben oldható többi alkáli földfém-só (tehát a kalcium és a magnézium kloridjai, szulfátjai, nitrátjai stb.) összessége által okozott keménység. A megkülönböztetés oka, hogy a **változó keménységet okozó sók a víz forralásakor (melegítéskor) vízkő (kazánkö) formájában kiválnak**. Így tehát melegítés, ill. forralás hatására a változó keménység csökken (lényegében a kalcium és a magnézium-bikarbonátok oldhatatlan kalcium karbonáttá és magnézium-hidroxiddá,  $\text{CaCO}_3$  és  $\text{Mg(OH)}_2$ , bomlanak, szén-dioxid keletkezése közben), amíg az **állandó keménységet okozó sók forraláskor nem válnak ki a vízből, csak vegyileg távolíthatók el**. A kazánkö túlnyomórészt kalcium-karbonátból áll, de tömörségét és tapadó képességét kalciumszilikát ( $\text{CaSiO}_3$ ) tartalmától és az olajszenyvezésektől kapja. A kazánok ún. keménységtűrését üzemi hőmérsékletük és nyomásuk határozza meg. Így 10 bar nyomás alatt 3 nk° a megengedett keménység, melynek eléréséhez elegendő a meszes-szódás **vízlagytítás**. De 10-30 bar közötti ún. középnyomású kazánokban 0.5 nk° alatt kell lennie a keménységnek; a 100 bar feletti nagy nyomású kazánok **teljes sótalanítást** kívánnak meg, ami a desztillált víz minőségének felel meg. Ezt hagyományosan **ioncserés vízlagytítással** valósítják meg, de ezzel ma már versenyképesek a különböző **membrántechnikai műveletek** (elsősorban a fordított ozmózis és az elektrodialízis), bár – elsősorban gazdasági okok miatt - nem teszik feleslegessé az ioncserélők alkalmazását. Keménység alapján a vizeket csoportosítják, így nagyon lágy a víz 4 nk° alatt, lágy a víz 4-8 nk° között, közepesen kemény a víz 8-12 nk° között, kemény a víz 12-18 nk° között, nagyon kemény a víz 18-30 nk° között, s igen kemény a víz 30 nk° felett (más osztályozás is létezik).

**Öntisztulás, öntisztulási képesség** alatt általában a természetnek azt a tulajdonságát értik, melynek révén az **elszenvedett károsodás egy részét emberi beavatkozás nélkül képes elhárítani és az eredeti állapotot visszaállítani**. Szűkebb értelemben csak az élővizekre (tehát azokra vizekre, melyekben a vízi szervezetek életfeltételei, mint pl. a megfelelő oxigéntartalom, pH, hőmérséklet stb. adottak) alkalmazzák e kifejezést, s azt a képességét értik öntisztulás (önderítő képesség) alatt, hogy a bekerülő nem mérgező anyagok egy részét a befogadó víz képes természetes úton lebontani ásványi anyagokká (ásványosodás), fény és oxigén jelenlétében, aerob baktériumok révén. Ennek az oxidációs folyamatnak a sebessége a hígítási aránytól (vagyis a szennyvíz és az élővíz arányától), az elkeveredés mértékétől, a víz oxigéntartalmától és a hőmérséklettől függ. A lebontás feltétele a szennyezések halmozódásának elkerülése (tehát a folyamat alatt újabb szennyeződés nem érheti a vízfolyást, melyről gondoskodni kell). Erre épít az a gyakorlat, mely szerint a biológiai szennyvíztisztítás után a

víz maradék szennyezettsége  $KOI = 50$ , abban bízva, hogy a befogadó víz öntisztuló kapacitása ennél nagyobb. Védett területekre ennél szigorúbb az előírás (forrás: 28/2004. (XII.24.) KvVM rendelet).

**Ásványosodás:** a szerves vegyületek szerveslenné bomlásának természetes folyamata, a szerves anyagok lebontásának utolsó szakasza, a vizek öntisztulásának alapja.

A **víz** a felszíni párolgás és a csapadékképződés révén állandó **körforgást végez** (mint ismeretes), melyben az óceánok meghatározó szerepet játszanak. Ugyanis a felszíni párolgással innen indul el a víz körforgalma, majd a folyók vízszállításával és az óceánokba hulló csapadékvízzel itt is zárul. Az óceáni és a szárazföldi párolgás évente kb. 454000, ill. 72000  $\text{km}^3$ , tehát összesen 526000  $\text{km}^3$  (ebből könnyen kiszámítható, hogy közel 2600 év kell ahhoz, hogy a Föld teljes vízkészlete egyszer körbeforduljon). A szárazföldi párolgás értelemszerűen nemcsak a talajból és a kőzetfelszínről származik, hanem a bioszféra is párologtat, melyben a növényzet igen jelentős részt képvisel (evapotranszspiráció). Az elpárologtatásra felhasznált energia mennyisége közel 23 %-a a Naptól a Földre jutó energiának. Az elpárologtatt vízből **csapadék** formájában 416000  $\text{km}^3$  az óceánokra és 108000  $\text{km}^3$  a szárazföldre hull vissza, a maradék mintegy 2  $\text{km}^3$  pedig a jégtakarókra kerül. Az egész Föld esetén a légköri vízmérleg természetesen nullával egyenlő, tehát a légkörbe kerülő és az azt elhagyó vízmennyiség éves átlagban kiegyenlíti egymást (anyagmegmaradás törvénye), de adott környezetben a vízmérleg előjele pozitív vagy negatív is lehet. Az adatok jól tükrözik, hogy **az összes szárazföldre pozitív, az összes óceánra negatív a vízmérleg**, mely szárazföldi többlet a folyók révén kerül vissza az óceánokba (vagyis ezzel zárul a víz körforgása, amint írtuk is). Ennek a víztöbbletnek legalább 40 %-át a húsz legnagyobb folyó szállítja, melyből 15 % jut a leghosszabb és legnagyobb vízhozamú Amazonasra (vízhozama 3500  $\text{km}^3/\text{év}$ ; ehhez megjegyezzük, hogy Európa első illetve második legnagyobb folyója a Volga illetve a **Duna**, vízhozamuk a torkolatnál 250  $\text{km}^3/\text{év}$  illetve **204  $\text{km}^3/\text{év}$** ; Budapestenél 74  $\text{km}^3/\text{év}$ ). A csapadékvíz édesvíz, de a folyók által az óceánokba beszállított vízmennyiség csak helyileg módosítja a tengervíz hőmérsékletét és összetételét, hiszen egyrészt a mennyiségi eltérés óriási, másrészt az óceánok felső 200 m vastag rétegében igen intenzív a keveredés. Trópusi vidékeken és a magasabb szélességeken a vízmérleg ugyancsak pozitív, a téritők környékén negatív, itt találhatóak a sivatagok. A víz elpárologása tulajdonképpen egy nagyléptékű desztillációként működik, melynek során a vízmolekulák az óceánból a légkörbe lépve hátrahagyják sóikat és szennyező anyagaikat, és ennek eredményeként „tisztá” édesvíz jut a szárazföldre fölé, mely azonban tartalmazza a légkörből beoldódott gázokat. A lehulló csapadék a talajból és a kőzetekből különböző anyagokat old ki, miközben a felszíni vizekbe, majd a folyókon keresztül a tengerekbe és az óceánokba fut, vagy a viszonylag lassabban megújuló felszínalatti vizekbe szivárog. Fontos tehát kihangsúlyozni, hogy lényegében **a párolgás illetve a csapadék biztosítja a szárazföldi élet számára az édesvizet!**

**Magyarország összes megújuló felszíni, ill. felszínalatti vízkészlete** 120, ill. 3000  $\text{km}^3$ , összesen tehát **3120  $\text{km}^3$** . Felszínalatti vízkészleteink mintegy kétharmada sérülékeny környezetben található, így fennáll annak a veszélye, hogy a vízbázis néhány évtizeden belül elszennyeződhet. Fontos megemlíteni, hogy jelenleg erre utaló jelek szerencsére nincsenek. Jelentős ásványvízkészletünk is, ezért nem meglepő, hogy Magyarországon közel annyi bejegyzett ásványvízmarika van, mint Európa többi részében. A lakossági igények kielégítéséhez az évente felszínre hozott, döntően a felszínalatti vízkészletből származó víz mennyisége évek óta 600-650 millió  $\text{m}^3$  (0.6-0.65  $\text{km}^3$ ) körül mozog, melynek egy része nem jut a lakossághoz, „útközben” a vezetékekből veszteségként távozik (becslések szerint 35-40 %). A készletekhez viszonyítva az évente felszínre hozott víz mennyisége tehát igen kicsi, így az közel 5000 évre biztosítaná igényeinket, de ez a számítás csalóka! Ugyanis környezeti okokból nem szivattyúzhatjuk ki magunk alól a vizet, csak a felszíni vizekből és a csapadékból a talajon keresztül beszívargó víz egy részét használhatjuk fel, nagyobb részét

meg kell hagynunk a természetnek, hiszen csapadékmentes időkben ebből származik a felszíni vízfolyások medrében látható víz. Ezek alapján a hasznosítható vízkészlet évente mintegy 2000 millió m<sup>3</sup> (2 km<sup>3</sup>). Így tehát a lakossági igény kielégítésére felszínre hozott víz mennyisége átlagosan csak 40 %-a a felhasználható vízkészletnek (viszont a talaj- és rétegvíz, valamint a karsztvíz tekintetében meghaladja az 50 %-ot), országos viszonylatban, de területenként már vannak ellátási problémák, vannak területek, ahol többet hozunk felszínre, mint a helyi készlet (egy-alföldi területek illetve a karsztforrásokat használó területek). A teljes képhez hozzátartozik, hogy nagyobb folyóink mentén vannak kihasználatlan lehetőségek (elsősorban a Duna mentén, de ilyeneket találhatunk még a Tisza, a Maros, a Rába, a Mura és a Dráva mentén is). Az ország összes éves vízfelhasználása 6000 millió m<sup>3</sup> (6 km<sup>3</sup>), ennek kb. 85 %-a felszíni forrásokból származik, mely mennyiség a rendelkezésre álló készlet mindössze néhány százaléka. Az évente rendelkezésre álló megújuló vízkészlet viszont közel megegyezik ezzel, minthogy az 6 km<sup>3</sup> körül van. Így tehát hazánkban több vizet fogyasztunk vagy ahhoz nagyon közeli mennyiségű vizet, mint az évente rendelkezésre álló megújuló készlet, a különbséget a felszínalatti vízkészletből fedezzük. Magyarország 1992 óta szerepel a vízhiányos országok listáján. Előrejelzések szerint **hazánk 2050-re félsivatagossá válhat** (az adatok tekintetében l. Papp és Kümmel, 1992. ; Somlyódy, 2000.).

**Ivóvíz hazánkban:** Az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről a 201/2001. (X.25.) kormányrendelet rendelkezik. E szerint az **ivóvíz** „a rendeletben meghatározott olyan víz, amely ivásra, főzésre, élelmiszer-készítésre vagy egyéb háztartási célra szolgál. Tekintete nélkül az eredetére, valamint arra, hogy vízvezetékéből vagy tartályból származik.” Az ivóvízben számos, élettanilag fontos oldott ásványi anyagnak kell lennie, a vízkezelő műben ezeket a határértékeket állítják be. Az ivóvíz biztosítása szempontjából kedvező helyzetben vagyunk, mert vízkészleteink bőségesek, bár a források helyileg változnak. Magyarországon a nyersvíz előteremtése négyféle vízbázisból lehetséges. A **felszín alatti védett rétegekből származik a nyersvíz 35 %-a (mélységi vízbázis)**. Ez földalatti vízkészlet, és szigorúan őrzött, zárt rendszerű kutak biztosítják a nyersvizet. A kutak mélysége a tíz métertől akár több száz méterig terjedhet. **Folyamparti kavicságyból a nyersvíz további 35 %-a ered (parti szűrésű vízbázis)**. A Duna menti vastag kavicsréteg kitűnő fizikai és biológiai szűrőként működik. Ennek köszönhetően a folyómederhez közeli sekély mélységű (10-25 m mély) akna kutak és ún. csápos kutak ivóvíz minőségű vizet szolgáltatnak. Mészkö, dolomithegyek karsztjából származik **a nyersvíz 25%-a (karsztvíz)**. Karsztvíznek a mészkő és dolomit kőzetek hasadékaiban tárolt vizet nevezzük. Ez a legkiválóbb minőségű, a kőzetekből kioldott kalcium- és magnézium-ionok miatt magas keménységű ivóvíz, amely általában nem igényel tisztítást. A karsztok igen sérülékenyek, ezért fokozott védeltséget élveznek. Ilyen mészkő és dolomithegyek Magyarországon a Bakony, a Vértes és a Bükk. Igen ritkán kell **felszíni vizekből eredő** nyers vizet használni, mely **a teljes mennyiségnek mintegy 5%-a**. Ezt a megoldást a vízművek csak ott alkalmazzák, ahol más lehetőség nincs, vagy annak alkalmazása nem volna gazdaságos. Magyarországon a Tiszából (pl. Szolnok), a Bükkben és a Mátrában lévő számos mesterséges tározóból, illetve a Balatonból nyerünk ki felszíni vizet. A kiemelt nyersvíznek meglehetősen bonyolult tisztítási eljárásokon kell keresztülmennie, hogy a minősége megfeleljen a szigorú követelményeknek.

**Mennyi vizet kell innunk:** a nap közben elfogyasztott élelmiszerekkel mintegy 0.5 - 1 l víz jut be a szervezetbe, míg a fehérje, zsír és szénhidrát-metabolizmussal további 0.25-0.4 l keletkezik. A napi ajánlott folyadékbevitel férfiaknak kb. 2-3 liter, nőknek napi 1-2 liter. A melegebb éghajlati öveken élőknek jóval több vízre van szüksége, csakúgy azoknak, akik nehéz fizikai munkát végeznek, vagy sportolnak.

A **háztartások** vízfogyasztását a következő nagy csoportokba sorolják: **étkezés, tisztítás, tisztálkodás és egyébek** (pl. autómosás, állattartás, kiskertöntözés), melyek értékét egy főre vetítve határozzák meg. Ezek közül az étkezésre a legkisebb a vízigény, mindössze 3-4 l/nap, mely lényegében az élettani minimum. Tisztításra naponta 15-30 l/nap, a tisztálkodásra 50-70 l/nap a tartomány, így **az indokolt átlagos fogyasztás 70-100 l/nap** érték közé becsülhető (az alsó határ a takarékos, a felső határ a kényelmes vízhasználatra jellemző). Az Európai Unió a minimális vízfogyasztásra a fenti takarékos értéket ajánlja, vagyis egy fő részére a 70 l/nap vízfogyasztást. A városokban nagyobb a vízfelhasználás, mint a kisebb településeken (becslések szerint a városi vízfelhasználás mintegy 40 %-át elpazarolják). Statisztikai adatok szerint Magyarországon a vezetékes ivóvízzel rendelkező háztartásokban az egy főre jutó vízfogyasztás eléri, ill. többségében meghaladja ezt az ajánlott takarékos értéket. **Hazánkban** már közel két évtizede **az egy főre vetített fajlagos**

**vízfogyasztás átlagos értéke 90-100 l/nap között van** (35-40 m<sup>3</sup>/év), mely hasonló az EU tagországaiban mért fogyasztáshoz. Ezek a fajlagos értékek több tényező egyidejű (pl. vízár emelkedése, jobb szerelvények alkalmazása, hálózati veszteségek csökkentése stb.) hatására folyamatosan csökkenve alakultak ki, lényegében a rendszerváltás megelőző és követő években, mintegy 15-20 év alatt. Az 1980-as évek végén még közel másfélszeres volt az egy főre jutó vízfogyasztás. Az országos átlaghoz viszonyítva a budapesti 180 l/nap fogyasztás „pazarló”, a nagyobb városokra 130-135 l/nap, a kis településekre mintegy 50 l/nap érték a jellemző. Ennél lényegesen kisebb a vízfogyasztás azokban a háztartásokban, amelyek közkutakról nyerik a vizet, s fogyasztásuk 20-25 l/nap közé tehető, de valószínűsíthető, hogy igényeik egy részét nem ellenőrzött ázott kutakból elégítik ki.

Az elmondottak alapján tehát alapvető a **vízzel való ésszerű gazdálkodás**, hiszen a mennyiségi igény folyamatosan növekszik (a 20. században az édesvíz vízfelhasználás hatszorosára, az elpazarolt víz mennyisége becslések szerint pedig hússzorosára nőtt), a rendelkezésre álló egészséges víz mennyisége pedig csökken (hiszen a szennyvíz és a beszennyezett víz mennyisége növekszik). Az előrejelzések szerint 2020-ra az egy főre jutó vízmennyiség 30 %-kal csökken. A Földön jelenleg közel másfél egymilliárd ember (a teljes népesség közel ötöde) nem jut tiszta vízhez, részben az elégtelen víz, részben gazdasági okok miatt, és mintegy két-hárommilliárd ember környezetében nincs megoldva a szennyvízkezelés illetve a szennyvízelvezetés. Ezek az arányok az ENSZ statisztikái (FAO vizsgálatai) szerint növekszenek. Tehát hiányzik az öntözésre és a fogyasztásra alkalmas vízkészlet, illetve fokozódik az elszennyeződés, mely nehezíti az éhínség felszámolását is. A világ több régiójában a **víz az első számú és nélkülözhetetlen „ásványkinccsé” lépett elő**, gyakran **konfliktusok forrása lett illetve lehet, akár már a közeljövőben** (mellyel egyes stratégiai tanulmányok - mint valóságos veszéllyel – számolnak, pl. az Egyesült Államokban). A 2015. évi **Víz Világnapja** (március 22., a Riói konferencia kezdeményezésére) alkalmából kiadott ENSZ jelentés szerint az elkövetkező évtizedek egyre nehezebben elérhető természeti erőforrása a víz lesz, és 2030-ra a Föld lakosságának vízigényét alig 60 %-ban lesz képes a természet kielégíteni, de már most is vannak olyan területek, ahol gondot jelent az élethez szükséges tiszta ivóvíz megszerzése. Így tehát a rendelkezésre álló víz minőségének megóvása alapvető gond és feladat. A vízzel tehát gazdálkodni kell: a túl sok víz is gond (árvíz, belvíz), a túl kevés víz is gond (aszály, sivatagosodás), világviszonylatban - de bizonyos mértékig hazánkban is - az egyenetlen területi eloszlás jelenti egyelőre a legfőbb, és feltételezhetően egyre nagyobb gondot. Hazánkban az 1995. évi LVII. törvény rendelkezik a vízgazdálkodásról.

Már a kőszerszámokat használó ember is felismerte az öt körülvevő éltető elem fontosságát, hiszen az ókori kultúrák legtöbbször a folyók mentén alakult ki. Mégis a víz, mely a Föld felületén többségben van, mára kevéssé vált, s az **édesvíz** a Föld egyre nagyobb részén lassan **hiánycikké válik**. Ez konfliktusok, tragédiák forrása lehet! Természetesnek vettük, hogy a jó minőségű ivóvíz a kellő mennyiségben mindig rendelkezésünkre áll, így sokszor nem úgy bánunk vele, mint ahogyan megérdemelné, pazaroljuk, szennyezzük, melyen mielőbb változtatnunk kell, minthogy a jövő generációk sorsa múlik azon, hogyan gazdálkodunk a meglévő vízkészletekkel.

Az Európai Unióban az Európai Parlament és a Európai Tanács 2000. október 23.-án fogadta el az un. **Víz Keretirányelvet**, mely a tagországok számára meghatározza a víz védelmével kapcsolatos sokrétű feladatokat, s ezt sokan mérföldkőnek tekintik Európában (Az Európai Unió Hivatalos Lapja 15/5. kötet 275-346. oldal). A Víz Keretirányelv számunkra különösen jelentős, hiszen Magyarország teljes egészében a Duna vízgyűjtő területén fekszik (annak 11.8 %-át teszi ki). Az Irányelv a teljes Duna medencét egy vízgyűjtőnek tekinti, s az

ezzel kapcsolatos tevékenységet a Duna Védelmi Nemzetközi Bizottság koordinálja (angol elnevezésének rövidítése: ICPDR).

**Víz Keretirányelv:** az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról:

„Ezen irányelvnek az a célja, hogy keretet adjon a szárazföldi felszíni vizek, az átmeneti vizek, a parti tengervizek és a felszín alatti vizek védelmének, amely:

- a) megakadályozza a vízi ökoszisztémák, és – tekintettel azok vízszükségletére – a vízi ökoszisztémáktól közvetlenül függő szárazföldi ökoszisztémák és vizes területek további romlását, védi és javítja azok állapotát;
- b) elősegíti a hasznosítható vízkészletek hosszú távú védelmére alapozott fenntartható vízhasználatot;
- c) a vízi környezet fokozott védelmére és javítására irányul, többek között célzott intézkedések révén a veszélyes anyagok bevezetésének, kibocsátásának és veszteségeinek fokozatos csökkentésére, továbbá a különösen veszélyes anyagok bevezetések, kibocsátásának és veszteségeinek megszüntetésére vagy fokozatos kivonására;
- d) biztosítja a felszín alatti vizek szennyezésének fokozatos csökkentését, és megakadályozza további szennyezésüket; és
- e) hozzájárul az árvizek és aszályok hatásainak mérsékléséhez, és ezzel hozzájárul:
  - a fenntartható, kiegyensúlyozott és méltányos vízhasználathoz elegendő, jó minőségű felszíni és felszín alatti víz biztosításához,
  - a felszín alatti víz szennyezettségének jelentős csökkentéséhez,
  - a felségvizek és a tengervizek védelméhez, és
  - a vonatkozó nemzetközi egyezmények célkitűzéseinek eléréséhez, beleértve azokat is, amelyek célja a tengeri környezet szennyezésének megelőzése és kiküszöbölése, olyan közösségi intézkedéseken keresztül, amelyek az elsőbbségi veszélyes anyagok bevezetésének, kibocsátásának és veszteségeinek megszüntetésére vagy fokozatos csökkentésére irányulnak azzal a végső céllal, hogy a tengeri környezetben elérjék a természetben előforduló anyagok koncentrációja a háttér értékhez közeli értéket és a mesterséges szintetikus anyagoknál a nullához. (Az Európai Unió Hivatalos Lapja 15/5. kötet, 275. oldal)

**Csapadék: Magyarországon a csapadék sokéves átlagos értéke 600 mm**, mely 58 km<sup>3</sup> csapadékot jelent évente. A lehullott csapadék mintegy 90 %-a azonnal elpárolog (a talajfelszín párolgása az evaporáció, a növények párologtatása a transzspiráció, a kettő együtt az evapotranszspiráció), s kb. 6 km<sup>3</sup> beszivárogva a mélységi vízkészletet, ill. lefolyással a folyóvizek készletét gyarapítja és az összes megújuló vízkészlet egy kisebb részét (mindössze 5 %-át) adja. A csapadék területi eloszlása rendkívül egyenetlen: a legcsapadékosabb nyugati peremvidék (Kőszeg közelében 1000 mm) és a legszárazabb tiszántúli vidék (500 mm) között igen nagy a különbség. Így a Dunántúlon általában elegendő mennyiségű csapadék hull (mely egyébként is vízzel jól ellátott terület), a Tisza vízgyűjtő területe viszont csapadékban szegény, a terület 54 %-án 550 mm-nél, 80 %-án 600 mm-nél kevesebb csapadék hull. A napsütéses órák száma 2000 óra körül van évente (az évszakoktól függően 1900-2200 óra között változik, mely havi átlagban 50-280 órát jelent), s az elpárolgás 500-600 mm/év, mely tehát felülmúlhatja a csapadék mennyiségét is. A nyári hónapokban azonban a párolgás mindig nagyobb a csapadék mennyiségénél (átlagosan 30-40 % az eltérés). Ez idézheti elő az aszályt, mely elsősorban az ország keleti felét jellemzi. Az elmúlt ötven évet tekintve hazánkban az 1999-es év volt a negyedik legcsapadékosabb esztendő, mivel országos átlagban 771 mm csapadék hullott (1950-ben 825 mm, 1965-ben 816 mm 1955-ben 782 mm). Rendkívül egyenetlen volt a területi eloszlás is, ugyanis a jellemzően aszályos Alföldön 200 mm-rel több csapadék volt, mint a legcsapadékosabb Sopron környékén. Az Alföldön általában 550 mm körüli a csapadék mennyisége, de 1999-ben 900 mm fölött esett. Egyes helyeken a szokásos évi átlag kétszerese is előfordult. Az év nyári hónapjaiban lehullott csapadék mennyisége (321 mm) felülmúlta a mérések kezdete óta mért legnagyobb értéket (1882-ben 304 mm). Az ország éghajlata mérsékelt, de erősen kontinentális hatás alatt áll, mely igen bizonytalanná teszi az időjárás előrejelzését. Az évi középhőmérséklet 1999-ben 10.9 °C volt, mely csaknem egy fokkal volt magasabb a sokévi átlagnál (B. Varga, 2000.).

**Tengeri környezet:** A tengerparttal rendelkező országokban évszázadokon keresztül, de még a XX. század nagy részében is, mindennapos volt a **hulladéktól úgy megszabadulni**, hogy azt a tengerbe bocsátották. Ezért a tengeri környezet védelméért a század utolsó harmadában számos nemzetközi szervezet vállalt felelősséget, s az Északi Tengeri Konferenciák egész során egyeztek meg a tengerbe bocsátott szennyezések szabályozásáról illetve korlátozásáról. A második Északi Tengeri Konferencia 1987-ben célul tűzte ki, hogy 1985-1995 között kb. felére csökkentsék az ún. vörös listán szereplő anyagok folyókba bocsátott mennyiségét. A **vörös lista** (ezt legutóbb 1989-ben határoztak meg az Egyesült Királyságban) azokat az anyagokat tartalmazza, amelyeket a vízi környezet szempontjából a legkárosabbnak tekintenek. A listán szerepelnek fémek (pl. higany, kadmium) és szerves vegyületek (mint pl. rovarirtó szerek, klórozott vegyszerek). Ezek közül sok nem bomlik le, mérgező, az élő szervezetekben felhalmozódik. A harmadik Északi Tengeri Konferencián 1990-ben további intézkedésekben

is megegyeztek; ezek között volt az, hogy 1999. végéig minden ismert poliklórozott-bifenilt (PCB) kivonnak a forgalomból, gondoskodnak ártalmatlanításukról vagy biztonságos tárolásukról.

Az 1974-es Oslói Konvenció célja az volt, hogy a hajókból és a repülőgépekről kidobott szeméttől, a hulladékok tengermelléki égetésétől védje az Atlanti Óceán északkeleti részét. Az Oslói Bizottság ellenőrizte a Konvencióban foglaltak végrehajtását, és a résztvevők megegyeztek a tengerbe történő hulladék elhelyezés legtöbb formájának beszüntetéséről. Az 1978-as Párizsi Konvenció a tenger szennyezésének szárazföldi forrásait célozta meg. A Londoni Konvenció globális alapokból kiindulva új szabályokat léptetett életbe, melyen sikerült megegyezni a tengerek melletti hulladékégetők, és az ipari hulladékok tengerbe öntésének megszüntetéséről. Ez az egyezmény oldotta meg a radioaktív hulladékok tengeri elhelyezésének szabályozását is.

**Exxon Valdez tragédia:** az Exxon Valdez egy **olajszállító tankhajó** volt, mely 1989. március 24.-én a Prince William-szorosnál, Alaszka (USA) Valdez nevű kisvárosának halászkikötőjéhez mintegy 40 km-re szenvedett balesetet, mely minden idők egyik legnagyobb környezeti katasztrófáját okozta. A hajó emberi mulasztás következtében víz alatti szikláknak ütközött, a hajótest kilyukadt és az olaj ömleni kezdett a tengerbe. Becslések szerint több mint 50 millió liter (mások szerint kb. 40000 tonna) olaj került a vízbe, és 1300 négyzetkilométernyi területet szennyezett be, vastag olajréteggel borítva be Alaszkától több száz kilométerre is a tengerpartot. A baleset helyszíne távol esett mindentől, és a zord idő további gondokat okozott. Az egyik katasztrófaelhárító hajó két napig nem tudott elindulni, a legközelebbi repülőtér épületeit pedig egy vihar tette tönkre. Az illetékesek sem álltak a helyzet magaslatán, vita bontakozott ki amiatt, hogy az olajszennyezést vegyi anyag tengerbe szórásával akarták semlegesíteni. A tisztítási műveleteket csak késve tudták megkezdeni. A hajótestben lévő kőolajat egy másik tankerre szivattyúzták át, hogy ezzel is csökkentsék a szennyezést. Két héttel a katasztrófa után a kiömlött olaj mindössze 20 százalékát sikerült még csak összeszedni vagy záró lánccal körülfogni, és a hatalmas olajfolt már 115 km hosszan terült el a hajó körül. Több mint 10000 ember vett részt a mentésben, a költségek közel 2 milliárd dollárba rúgtak. Becslések szerint legalább 200000 tengeri madár, fókák, más emlősök és számtalan hal pusztult el a szennyezés következtében néhány nap alatt. Az olaj tönkretette a költöző madarak költőhelyeit is. Tíz évvel a katasztrófa után az élővilág még nem állt helyre, a halak betegek voltak, a fókák nem tértek vissza, a környék gyűjtögetésből élő őslakosai pedig még mindig szenvedtek a szénhidrogének maradványaitól. Szakemberek szerint hetven évig is eltarthat, amíg az alaszakai madárvilág a katasztrófa előtti szintre fejlődik.

**Mélytengeri szörnyetegek (Rozsdásodó időzített bombák):** a tengeri hajózás velejárója a hajókatasztrófák és ezek révén a tengerfenékre süllyedt hajótestek. Becslések szerint e roncsok kétharmada a második világháború hat éve során került a tengerfenékre, számukat közel 8600 darabra becsülik, közülük az olajszállító tankhajók száma közel 1600 darabra rúg. E hajók jelentős olajmennyiséget tartalmaznak, a becslések 2.5 millió és 20 millió tonna között lehet. Tehát még a legkisebb becslés is közel 60-szorosa az Exxon Valdez katasztrófával a tengerbe került olajmennyiségnek. E hajótestek már közel 70 évet töltöttek el a tengerfenéken, s várható, hogy egyre több hajóból hamarosan megkezdődik az olaj szivárgása. A szakemberek szerint ez a folyamat 5-10 év múlva éri el a maximumát és eltarthat akár 50 évig is, veszélyeztetve a korallzátonyokat, a tengeri élővilágot, a tengerpartok élővilágát, de a tengerparti strandokat és a halászatot is. Egy roncsból olajszivárgás kezdetet attól is függ, hogy a hajótestet alkotó acél milyen gyorsan korrodálódik. Ez átlagban tízevenként egy milliméter. Mérnöki becslések szerint egy hajó akkor veszíti el szerkezeti stabilitását, ha a hajótestet borító acéllemezek vastagsága felére vagy harmadára csökken. A második világháborúban elsüllyedt hajók többségét 19–25 mm vastag acél borította. A korrózió sebessége azonban attól is függhet, hogy nem szállítanak-e a helyi víz alatti áramlatok oxigénben dús vizet a roncsokhoz, mert ez felgyorsíthatja a korróziót. Ráadásul a hajótestet felépítő különböző fémek galvánelemként működhetnek, melyben az acéllemezek anódként funkcionálhatnak. Emiatt az acél szép lassan elfogy. Némi védelmet jelenthetnek a mészkőréteget építő élőlények, például egyes kagylók, azonban heves viharokban ezek a rétegek leszakadhatnak, illetve a hajótestek az ide-oda görgéstől könnyen megsérülhetnek. Az sem mindegy, hogy a roncs milyen pozícióban hever a tenger fenekén. Ha nem a hajó teteje néz felfelé, sokkal gyorsabban korrodálódhat a szerkezetében ébredő feszültség miatt. A legtöbb országban nem foglalkoznak ezekkel a roncsokkal egészen addig, amíg szivárogni nem kezd valamelyikből az olaj. Az 1990-es évek elejétől a végéig San Franciscótól délre szórványosan olaj szennyezte a partokat. Kiderült, hogy az olaj egy 1953-ban elsüllyedt hajóból származott. 2003-ban lyukakat fúrtak a hajótestbe, és egy speciális technika alkalmazásával felszínre szivattyúzták belőle a maradék olajat, mely eljárás 19 millió dollárba került. Részben ennek hatására az Amerikai Egyesült Államokban létrehoztak egy adatbázist. Ebben megtalálhatók az USA partjai mentén fellelhető és olajszivárgással fenyegető roncsok, kb. 1700 hajó, az olajrakományról beszerezhető adatok, a roncsok elhelyezkedése és korróziós állapota. Többségük a Mexikói-öbölben található, ahol a német tengeralfeltárók hatalmas pusztítást végeztek, miután Amerika (USA) belépett a második világháborúba. Amerikai felségterületeken kívül, a Csendes-óceán mélyére süllyedt hajók 85 százaléka japán, a maradék amerikai. A Földközi-tengerben, az Atlanti- és az Indiai-óceánban elsüllyedtek kb. fele brit, 16 százaléka amerikai. Általában a hajóroncsok mentése a tulajdonosok felelőssége, azonban a hadseregeket leszámítva az egykori tulajdonosok többsége már nem is létezik. A leginkább érintett országok pedig vonakodnak vállalni ilyen



irányú felelősségüket, ami nem is csoda, hiszen hatalmas összegekről lenne szó. Ugyanis csak egy roncsból 6000 tonna olaj felszínre hozása (szivattyúzása) nagyjából ötmillió dollárba kerül, és láttuk, hogy több ezer roncsról van szó. Rengetegbe kerül a partokra sodródott szennyeződés eltakarítása is. Irodalmi adatok szerint 1999-ben egy tonna olaj esetében 2300–17000 dollárt jelentett, attól függően, hogy hol és milyen mélyen hevert a roncs. Ígéretes, ám valószínűleg csak átmeneti megoldást jelenthet, ha a legnagyobb veszélyt jelentő hajótestekhez „önfeláldozó” anódokat rögzítenek. Ez olyan fémdarabot jelent, mely módosítja a helyi elektrokémiai folyamatokat, és szép lassan maga oldódik fel. Ezalatt a kutatók némi időt nyerhetnek a végső megoldás kidolgozására és az „olajmentés” megszervezésére. (Oravec, 2010.)

## **Biológiai változatosság (Biológiai sokféleség, biodiverzitás)**

### **A Föld (Wikipédia)**

A Földön úgy 3,5 milliárd éve indult el egy folyamat, amelyet élet néven foglalunk össze, és amely mai ismereteink szerint egyedülálló a Világegyetemben. A Földön 1900 óta 400 gerinces állatfaj pusztult ki, elsősorban az emberiség által okozott környezeti változások és a vadászat miatt. Ez a kihalási ütem hasonló a 65 millió éve a dinoszauruszok kipusztulásáért felelős eseményhez. Évente 50 állatfaj kerül közelebb a kihaláshoz, ezek 41 százaléka kétlélű, negyede emlős állatfaj a Természetvédelmi Világszövetség (IUCN) felmérései szerint.<sup>1</sup>

Földünkön az élet három és félmilliárd évvel ezelőtt jött létre, s az azóta eltelt időszak alatt a keletkezett és élt fajok számát 100-200 millióra becsülik, melyek 90-95 %-a már kihalt (más becslések szerint a valaha élt fajok 2-4 %-a él ma). A jelenleg élő fajok száma mintegy 5-10 millió (tudományosan ebből még csak mintegy 2-2.5 millió fajt írtak le), melyből kb. egy milliót a növényfajok tesznek ki. A sáv igen széles, oka a trópusi övezetek és a mélytengerek élővilágának (ebben főleg a „mikro” világ) feltáratlansága és ismeretlensége, melyre akár 10 milliós nagyságrendű becsléseket is találunk. De vannak rendszerezési bizonytalanságok is stb. Mindebből következik, hogy a földtörténet során a növény- és az állatvilág folytonos változásnak volt kitéve, sok faj kipusztult, de egyúttal újak keletkeztek, vagyis ezen **evolúciós változás** eredményeként az „előregedett” fajok helyére a természet újabb fajokat állított. Így tehát **valójában nem is kipusztulásról, hanem a fajok átalakulásáról, fejlődéséről kell beszélni.** Ettől a természetes fejlődés eredményeként való kihalástól meg kell különböztetni az emberi tevékenység eredményeként előálló kipusztulást. A kettő között igen **lényeges a folyamat sebességében az eltérés: a természetes „kipusztulás” rendkívül lassú, az emberi beavatkozás hatására** viszont igen nagy mértékben **felgyorsult a fajok kipusztulása**, mely lényegében **XX. századi jelenség**, bár korábban is előfordult (előfordulhatott) egy-egy faj kihalása. Számos tényező eredőjeként becslések szerint ma **évente több ezer faj tűnik el a Földről** (a becslések rendkívül tág tartományban mozognak, főleg **6000-30000 között**, de ennél nagyobb számértékekkel is találkozhatunk), mely **egyértelműen emberi tevékenység eredménye.** A legveszélyeztetettebbek minden bizonnyal a **rovarok**, melyet nehezen veszünk észre. Csökkenésük sokkal kevésbé feltűnő más fajokhoz képest, mint pl. a jegesmedvék vagy a szélesszájú orrszarvúak (utóbbiakból ma kettő van, mindkettő nőstény), melyekről gyakran kapunk vészjelzést. A Föld történetében előforduló „gyors” folyamatok is évezredekig-évmilliókig tartottak, napjainkban a változások pedig évtizedek alatt bekövetkeznek, gyakran még egy emberöltőnél is rövidebb idő alatt, tehát **földtörténeti „léptékkal” mérve szinte „pillanatok” alatt** mennek végbe változások. A biológusok szerint eddig egy-egy új faj létrejöttéhez 20-40 évre volt szükség, de ma naponta annyi faj pusztul ki, amennyit a természet legfeljebb száz év alatt képes létrehozni, vagyis a fajok pusztulása negyvenszer-ötvenszer gyorsabb, mint a fajok keletkezése. **A fajok száma az élővilág változatosságát fejezi ki, a biológiai sokféleséget jelzi.** Fontos tudnunk, hogy jólétünk, s bizonyos értelemben jövőnk is függ ettől, minthogy **a földi rendszer stabilitását alapvetően az élővilág biztosítja.** Így tehát **ha pusztítjuk a fajokat, ezt a stabilitást veszélyeztetjük.** Ezen

kívül sok-sok szállal kötődünk az élővilághoz, minthogy **a nyersanyagok, az élelmiszerek, a gyógyszerek nem elhanyagolható része az élővilágból származik, tehát ezt a forrást veszélyeztetjük.** Megjegyezzük, hogy a mikroorganizmusok még környezetünk javítása érdekében is felhasználhatók. Ebből egyértelműen következik, hogy **védni kell a fajokat,** minthogy ezek **biztosítják a földi élet sokrétűségét, változatosságát, összetettségét,** s nélkülük nem lesz nyersanyag, élelmiszer, gyógyszer, tüzelő stb. Így tehát elemi érdekünk az élőlények (flóra és fauna) sokféleségének megőrzése, a természet közeli, ill. a természetes élőhelyek fenntartása, melynek számos tudati problémája is van, de az érdekeltségi viszonyok tisztázatlansága is komoly gát (különösen ma hazánkban). Mindez nem pusztán azért jelent problémát, mert szép és gazdag világunk szegényebb lesz e fajok eltűnésével, hanem főként azért, mert az ökoszféra egyes elemeinek eltűnése a teljes rendszer működőképességét, és ez által a társadalom jólétét, hosszú távú fennmaradását veszélyezteti.

**Erdők, erdőirtás:** Erdőnek tekintik az erdei fákkal borított, egy meghatározott mértéknél nagyobb területet, a benne található ún. társult élőlényekkel együtt (mohák, gombák, füvek, cserjék, állatok). Hazánkban törvényi előírások szerint az erdőnek tekinthető legkisebb terület 1500 m<sup>2</sup>. Az erdők elterjedését az éghajlati tényezők, ezen belül elsősorban a hőmérséklet és a nedvesség határozza meg. A nagy hőmérsékletű, de vízszegény területek éppúgy alkalmatlanok az erdők kialakulására, mint a vízzel jól ellátott fagyos zónák. Az első esetben sivatagok, a második esetben terméketlen kopár területek alakulnak ki. Így az Egyenlítőtől a sarkok felé haladva az éghajlat változásának megfelelően a vízzel, hőmérséklettel és fénnel szemben igényes fajokból álló erdőket egyre inkább az igénytelenebb fajokból álló erdők váltják fel. A növényi társulások között a legsokoldalúbb szerepet az erdők töltik be, a **Föld élőtömegének (biomassza) döntő részét az erdők élőfatömege adja.** A megújuló nyersanyagforrások legbiztosabb alapját az erdők jelentik. Megújulási ciklusuk hosszú, természetes körülmények között több évszázad, emberi beavatkozás után is több évtized. **Az erdő védi és gazdagítja az altalajt, jó irányban hat a természet vízháztartására, mérsékli a káros szelek hatását, számos növény- és állatfaj élettere, jelentős az éghajlatmódosító hatása, megköti a port és egyéb légszennyező anyagokat, csökkenti a környezeti károk (zaj, bűz stb.) hatását, elnyeli a szén-dioxidot, az embereknek nyersanyagot, tüzelőanyagot és esztétikai élményt, embernek és állatnak egyaránt pihenőhelyet ill. búvóhelyet nyújt.** Az erdők **jelentős szerepet játszanak az atmoszféra szén-dioxid tartalmának csökkentésében,** s ennek révén hozzájárulnak a globális felmelegedés csökkentéséhez, az oxigén termeléséhez (l. a fotoszintézis címszó alatt). Ennek alapján az erdőket gyakran nevezik a „**világ tüdejének**”, s ebből kiindulva megfogalmazzák, hogyha „kihal az erdő, kihal az emberiség is”. Kiszámították, hogy a trópusi őserdők minden egyes négyzetmétere kb. 1 kg szenet képes megkötni évente a légkörből, s ez hektáronként 10000 kg (10 tonna) szén megkötését jelenti. Az erdők a szén-dioxid mellett más gázokat is képesek megkötni a légkörből, melyek egy része ugyan károsítja a fák szerkezetét, de a levegő tisztább lesz. Az erdők leghatékonyabbak a por megkötésében, így a települések mellett igen hatásos **levegőszűrőként** működnek. **A szárazföld felszínének közel 26 %-át erdős területek borítják,** mely magába foglalja a trópusi, a mérsékelt égövi és az északi típusú erdőket (**hazánkban az erdősültség mértéke 22 % körüli,** melyről később szólunk). Az erdők környezetvédelmi jelentősége - az előbbieken leírtakból kitűnően is - vitathatatlan, s különösen kiemelkedő jelentőségűek az őserdők. **Őserdőnek tekintik az ember által nem vagy csak kevésbé háborgatott, a fejlődés folyamán kialakult erdőt, melyek jelentős része Dél-Amerikában az Amazonas medencében, Afrikában a Kongó folyó mentén, valamint a kanadai és a szibériai tajgán található.** Ezekben – ellentétben az erdőgazdálkodásba bevont erdőkkel – a fák különböző korúak, koruk az igen öreg fáktól a néhány évesekig terjed (megjegyezzük, hogy az erdőgazdálkodás újabban igyekszik ezt követni). **A trópusi őserdők a Föld leggazdagabb növényi és állati életközösségei, melyek az Egyenlítő mentén a 10. szélességi fokig terjednek.** Itt a klíma kiegyenlített meleg és **az éves csapadék mennyisége 1500 mm vagy ennél nagyobb.** Területük az utóbbi kb. 70 év alatt 40 %-kal csökkent, ugyanis amíg a szárazföld területének 10 %-át tették ki 1940-ben, ma már csak kb. 5-6 %-át teszik ki, de **bennük él a növény- és állatfajok közel fele.** Becslések szerint a trópusi őserdők területe ma évente közel 200 ezer km<sup>2</sup>-rel csökken, mely több mint kétszerese hazánk területének. A trópusi őserdőkön belül megkülönböztetik az **esőerdőket,** ahol **a csapadék éves mennyisége meghaladja a 2000 mm-t.** Európában az őserdők részaránya jelentéktelen, hazánkban nincs őserdő (bár a Bükk és a Mátra egy-egy kisebb kiterjedésű részére használják az „ösbükkös”, az „ösfenyves” vagy az „ösborókás” elnevezést, de ez mindössze azt jelenti, hogy e fajok az adott területen őshonosak, emberemlékezet óta nem vágták ki ezeket). Hazánkban alapvetően természetszerű és mesterséges erdők vannak. Alapvető gond az **erdők területének csökkenése,** melyben meghatározó az ember által végrehajtott erdőirtás (erdőpusztítás). **Az erdőirtás nem 20. századi jelenség,** bár kétségtelen, hogy a század második felében felgyorsult, megtizedelve a Föld leggazdagabb élővilágát. A mérsékelt égövi erdők nagyobb szabású irtása már sokkal előbb megkezdődött. **Így Európában ezer év alatt (becslések szerint 900 és 1900 között) az erdőterületek fele, az Egyesült Államokban**

**háromszáz év alatt** (az európai telepések terjeszkedése idején, tehát 1620 és 1920 között) **a természetes erdők négyötöde tűnt el.** Tehát Európában sokkal előbb elkezdődött e folyamat, de valamivel kíméletesebben zajlott, mint az Újvilágban. Egyes források szerint Észak-Amerikában a mérsékelt övezetben 200 év alatt több erdő esett áldozatul a telepések terjeszkedésének, mint Európában 2000 év alatt. Ugyancsak igen jelentős volt az erdőirtás Dél-Amerikában, kiemelten a keleti partvidéken. Már hosszú idő óta főleg az élelemtermelést és az energianyerést szolgálja az erdőirtás. **Az erdőirtás legkárosabb hatása az erdei életközösség megszűnése, az élőhelyek elvesztése, az ott élő növény- és állatfajok számának csökkenése vagy teljes kihalása, s ezzel az erdőirtás a biológiai változatosság csökkenésének legfőbb okozója.** Így egyáltalán nem véletlen, hogy az ökológusok a bioszféra pusztítás legveszélyesebb formájának az erdőirtást tekintik, kiemelten a trópusi erdők irtását. A fajok pusztulása visszafordíthatatlan (kihalt fajok nem támaszthatók fel), de a folyamat nagy valószínűséggel megállítható, vagy jelentősen mérsékelhető. Az erdőirtás következtében megváltozhat a helyi klíma (ez nem az éghajlat megváltozását, tehát pl. a hőmérséklet, a csapadék vagy a széljárás megváltozását jelenti, hanem pl. csökken a harmat mennyisége, nő a köd/dér gyakorisága, csökken a talajnedvesség és az evapotranszpiráció, növekszik a szél sebessége és ezzel a párolgás. A folyók vízgyűjtő területeinek magasabb részein végrehajtott erdőirtás hatására megnövekszik a felszíni lefolyás, mely fokozódó talajerózióval, nedves időszakban árvízzel, száraz időszakban aszályal jár. A folyókban megnő a lebegő és görgött hordalék mennyisége, fokozódik a mederfeltöltő hatás. Az erdőirtás egyik gazdasági hatása, hogy az a vidéki népesség, amely alapvetően az erdőtől függött (élelmiszer, lakás, fűtőanyag, takarmány szempontjából), elszegényedik. Az erdőirtás káros hatásait lehet csökkenteni pl. új telepítésekkel vagy egyéb tervszerű intézkedésekkel. Az utóbbi évek adatai szerint a kiirtott erdőterületnek mintegy 30-40 %-t pótolják (Barratt, 1992; Kerényi, 1998; Kerényi, 2003; Láng, 2002). A Rioi Konferencián elfogadták az „**Elvek az Erdőkről**” című dokumentumot, melyet eredetileg nemzetközi egyezménynek szántak, de csak irányelv-dokumentum lett belőle, s jogilag nem kötelező.

**Talajpusztulás:** A talajpusztulás a tápanyagkészlet kimerülésében, a talajszerkezet romlásában, biológiai leépülésben és kémiai károsodásban (elsavasodás és szikesedés), valamint talajerózió formájában nyilvánulhat meg. A talaj tápanyagtartalma akkor csökken, ha a növények és állatok testébe beépülő anyagok, valamint a szivárgás, felszíni lefolyás, erózió stb. által a talajból kivont anyagok mennyisége meghaladja azt a mennyiséget, amely természetes vagy mesterséges úton a talajba kerül (a kőzetekből, valamint az atmoszférikus lerakódás, a biológiai megkötés és trágyázás révén). A művelés okozta szerves anyag csökkenés gyakran a talaj szerkezetének romlásához vezet, amely csökkentheti annak nedvességmegkötő képességét.

**Rovarak:** többször utaltunk rá, hogy pótolhatatlanok a táplálékláncban, a növények beporzásában, a tápanyagok újrahasznosításában. Táplálékai a madaraknak, a denevéreknek, a halaknak, a hullóknak, a kétéltűeknek, de néhány emlősnek is. Élelem hiányában ezek lassan szintén eltűnnek. Helyenként az emberek is fogyasztják a rovarok egyik-másik fajtáját. Az ember a tápláléklánc végén van, így a táplálékhiány végül az embert is elérné. Táplálékaink nagy része közvetlenül, más része meg közvetetten rovarfüggő (növények illetve tenyésztett vagy vadon élő állatok). A rovarok az elhalt élőlények (növények, állatok, ember) lebontásában is fontos feladatot látnak el, nélkülük a lebontás sokkal lassúbb lenne (a föld tele lenne tetemekkel). A rovaroktól sokan irtóznak, de rendszerint senkinek sem baráti a viszonya velük, viszont életfontosságúak, az emberiség biztosan nem élhet (túl) nélkülük! Gyakran hallunk a méhek pusztulásáról, az akácmentézzel kapcsolatban, mely sokunk kedvence. De itt sokkal többről van szó, hiszen a rovarok száma rohamosan csökken a Földön! Egyes becslések szerint az 5.5 millióra tehető rovarfaj 10 %-a a kihalás szélén van, mások szerint a rovarfajok 40 %-ának csökkent az egyedszáma, s egyharmaduk veszélyeztetett, kihalási ütemük nyolcszorosa az emlősök, a madarak és a hullók kihalási ütemének, számuk évente 2.5 %-kal csökken. Ha ez változatlan marad, **100 éven belül a rovarok eltűnnek** a Föld felszínéről. Ennek legfőbb okai: a városiasodás, a globális felmelegedés, az élőhelyek csökkenése és a mezőgazdasági tevékenység (műtrágyák és növényvédőszer használata; utóbbiak gyakran sterilizálják a talajt, a rovarok lárváit is elpusztítva). Az ENSZ által alapított nemzetközi szervezet (**IPBES:** Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) sok jelet sorol fel legújabb jelentésében ennek alátámasztására, melyeket a világ igen különböző helyein, egymástól akár több ezer kilométerre tapasztaltak (2019. május), de a napi sajtóban is megjelent, hogy Németországban az elmúlt 25 évben a repülő rovarok száma háromnegyedével csökkent, hazánkban a becslések szerint valamivel kedvezőbb a helyzet, mert „csak” 50 %-os a csökkenés.

**Az IPBES a biológiai sokféleséggel és az ökoszisztéma szolgáltatásokkal kapcsolatos kormányközi platform, amely 2012. áprilisban alakult meg a tudomány és a szakpolitikai döntéshozatal közötti kapcsolat erősítése érdekében. Magyarország 2012 november 30-án vált a platform tagjává.**

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) is the intergovernmental body which assesses the state of biodiversity and of the

## ecosystem services it provides to society, in response to requests from decision makers.

A biológiai sokféleség megőrzésének, ill. a növény- és állatfajok védelmének legfőbb motorja, a **világ hivatásos természetvédelmi szervezete a Természetvédelmi Világszövetség** (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, vagy The World Conservation Union, illetve röviden **IUCN**), mely 1948-ban alakult (székhelye Gland, Svájc). Tagjai kormányzati és nem kormányzati szervek, bizottságaiban sok ezer szakértő dolgozik. Célja a természeti erőforrások és a természeti értékek óvása, fenntartható használatuk biztosítása, nemzetközi összefogással. A védelmi intézkedéseket nyilván meg kell előznie egy felmérésnek (számbavétel, leltár). Ennek érdekében a már kipusztult és a kipusztulás felé közeledő, ún. veszélyeztetett növény- és állatfajokat ismertető ún. **Vörös Könyvek** (Red Data Book) megjelentetésének gondolatát a szervezet 1963-ban vetette fel, és 1966-tól rendszeresen adnak ki nemzetközi, nemzeti vagy regionális Vörös Könyveket. A szervezetnek hazánk 1975 óta tagja, a hazai Vörös Könyv az Akadémiai Kiadó gondozásában 1989-ben jelent meg, szerkesztése 1985-ben fejeződött be, 730 növényfajt és 400 állatfajt mutat be. Megemlítjük még a **Természetvédelmi Világalap** nemzetközi szervezetet (World Wide Fund for Nature, röviden **WWF**). Fő célkitűzése ugyancsak az élővilág sokféleségének megőrzése, a természeti erőforrások fenntartható módon történő hasznosítása, a környezeti szennyezések megszüntetése. Az alapítvány 1961 óta működik (székhelye ugyancsak Gland, Svájc). Tevékenysége kezdetén a kihalás szélén álló állat- és növényfajok megmentésére helyezte a hangsúlyt, ma már azonban hangsúlyosan foglalkozik a talaj-, a levegő- és vízvédelem kérdéseivel. Hazánkban 1986-ban kezdett tevékenykedni, önálló irodát 1991-ben nyitott. Több hazai programot működtet (hiúzvédelem, erdőfigyelő és erdőtelepítési program, hódvisszatelepítő program stb.). E szervezet - együttműködve az ENSz Környezetvédelmi Programjával – 1980-ban jelentette meg a **Természetvédelmi Világstratégia** (World Conservation Strategy) dokumentumot, mely elemzi a természeti értékek és az erőforrások védelmének fontosságát az emberiség túlélése és a gazdasági fejlődés szempontjából. A dokumentum hangsúlyozza, hogy el kell érni a létfontosságú ökológiai folyamatok hosszú távú fenntartását, meg kell őrizni a biológiai sokféleséget, természetkímélővé kell tenni a fajokat és az ökológiai rendszerek hasznosítását. (l. fenntartható fejlődést).

AWWF adja ki az **Élő Bolygó Jelentés** (Living Planet Report) című dokumentumot, mely 1998-ban jelent meg először. A 20. évfordulóra kiadott jelentés a fajok populációjában bekövetkezett változásokat követi nyomon. Ebben vannak fájó megállapítások is, mint pl. az a tény, mely szerint a gerinces fajok populációjában kevesebb mint 50 év alatt 60 %-os csökkenés következett be, de a kiadvány ugyanakkor derűlátó is, megállapítják, hogy van remény, „hiszen a természet megdöbbenő mértékben képes magához térni.” E derűlátás alapját azok a tények adják, melyek a felelős emberi magatartás eredményeként álltak elő. Fontos megállapítás és szép feladat, hogy most már nem elég a biológiai sokféleség csökkenésének megállítására törekedni, „**a küldetésünk, hogy megadjuk a természetnek a lehetőséget a valódi feépülésre.**”

E nemzetközi szervezetek mellett megemlítjük még a **Greenpeace** szervezetet, mely kanadai **fóka- és bálnavédő mozgalmakból** nőtt ki az 1970-es években. Központja Amszterdamban van, de irodái a Föld minden táján (így hazánkban is) megtalálhatók. Az óceánok és az őserdők védelméért, a fosszilis energiahordozók használatának beszüntetéséért (korlátozásáért), a megújuló energiaforrások használatáért, a nukleáris szennyezés beszüntetéséért stb. szervez kampányokat. Világhírre először akkor tett szert, amikor a francia elhárítás 1985-ben Új-Zéland legnagyobb városában, Auckland kikötőjében elsüllyesztette hajójukat (Rainbow Warrior; Szivárványharcos), mely a Tahiti közelében folyó francia

atomkísérletek helyszínére tartott, s ezzel e hajó vált a szervezet szimbólumává. Az akcióban ketten életüket veszítették.

A Vörös Könyv alapján a **fajok kipusztulását előidéző legismertebb okok** a következők: élőhely megszűnése (melyben az erdőirtás hatása legszámottevőbb), környezetszennyeződés, vadászat, halászat, kereskedelem, madártojásgyűjtés, állatok kitömése, divathóbort, fajok közötti versengés, háziasítás, ragadozók zsákmányolása, betelepítés, tudományos kutatás, betegségek, emberi zavarás stb.. Megjegyezzük, hogy egy-egy faj kipusztulását általában több, egyidejűleg ható és gyakran egymást átfedő ok idézi elő.

A **biodiverzitási egyezményt** (Egyezmény a biológiai sokféleségről; Convention on Biological Diversity) az 1992-es Rio de Janeiro-i Föld Csúcson fogadták el, mely jogilag kötelező érvényű szerződés. A szerződés 1993. decemberében lépett hatályba. Hazánkban az Országgyűlés ugyancsak 1993. decemberében határozatban erősítette meg az egyezményhez történő magyar csatlakozási szándékot. Az aláíró felek vállalták növényviláguk és vadon élő állatviláguk felmérését, a veszélyeztetett fajok tervszerű (fontos kitétel: tervvel alátámasztott) védelmét, de a határidő és a számonkérés formájának rögzítése nélkül. Ennek értelmében a fejlett országoknak technológiájukat és profitjukat meg kell osztaniuk azokkal az országokkal, melyeknek a nyersanyagforrásait felhasználják, de ennek feltételeit nem szabták meg. Az egyezmény kimondja, hogy a különböző élőlények és együttesük az embernek esztétikai élvezetet nyújtanak és segítenek bennünket a fejlődés, a Föld múltjának megértésében is, s rögzíti, hogy **a különböző fajoknak az emberhez hasonlóan „joguk” van élni**. Az egyezményt az USA akkoriban nem írta alá, de azóta már csatlakozott hozzá.

Hazánkban a **Környezetvédelmi Törvény** az élővilág védelmére a következő általános előírásokat tartalmazza (23. §):

- Az élővilág védelme - az ökológiai rendszer természetes folyamatainak, arányainak megtartása és működőképességének biztosítása figyelembevételével - valamennyi élő szervezetre, azok életközösségeire és élőhelyeire terjed ki.
- Az élővilág igénybevétele csak olyan módon történhet, amely az életközösségek természetes folyamatait és viszonyait, a biológiai sokféleséget nem károsítja, illetőleg funkcióit nem veszélyezteti.
- Az élővilág igénybevétele mértékének és helyének szabályozására jogszabály vagy hatósági határozat igénybevételei határértéket állapíthat meg.

Hazai viszonylatban megemlítjük még a **Természetvédelmi Törvényt** (1996. évi LIII. törvény), melyhez kapcsolódóan kormány- és miniszteri rendeletek szabályozzák a természetvédelmi feladatokat (jogokat, kötelezettségeket, s az érvényesítés feltételeit).

### **Magyarország élővilágának legfőbb jellemzői**

- az ország nagy része még nem tekinthető teljesen átalakított és szabályozott környezetnek, ami fontos sajátossága Európában. Az ország területéhez képest  **hazánk élővilága gazdag, az élőhelyek változatosak**, s maradványjellegű, hagyományőrző életközösségek is megmaradhattak;
- teljesen **érintetlen természetes élőhely már nagyon kevés van** (e területrészt 10 %-ra becsülik), az erdők, a rétek évszázadok óta művelés alatt állnak. A hagyományos rét- és erdőgazdálkodás általában a fenntartható fejlődés elveit követte, így a biológiai sokféleség csökkenése nélkül segítette az élőhelyek fennmaradását, egyes területeken gazdagodását. Az elmúlt évtizedekben azonban az intenzív gazdálkodási formák és a környezetszennyezés az élővilág és az ember között évszázadokon keresztül fennálló összhangot megbontották;

- a társadalom **környezeti érzékenysége alacsony**, a lakosság nincs tudatában annak, hogy: a természetes élőhelyek a nemzeti vagyon alapját képezik, az elveszett természetes élőhelyek egyáltalán nem vagy csak nagyon nehezen, ill. csak részben pótolhatók, nagy költségráfordítással;
- alapvető gond az **érdekek széttagoltsága** is, a természetvédelem össznemzeti érdek, s ennek a helyi vagy regionális érdekek sokszor ellentmondanak.

Az élővilág állapotának értékeléséhez a szakirodalom mennyiségi és minőségi adatokat, a veszélyeztetettség helyzetre és a védettségre vonatkozó információkat vesz tekintetbe. A következőkben hazánk állapotára mutatunk be ilyen adatokat, átfogó tájékoztatás céljára. Jelenleg Magyarországon **kétféle természetvédelmi forma** valósul meg: a **területi védettség és a fajokra vonatkozó (tehát területtől független) védelem**. A **védett területek részaránya 2007-ben meghaladta az ország területének 9 %-át, a védett barlangok száma 4110, s ebből fokozottan védett 125 barlang**. A nemzetközi egyezmények hatálya alá eső védett területek a **bioszféra-rezervátumok**. E területeken megőrizzük a jelen és a jövő nemzedékei számára a különböző természetes és természeteshez közelálló ökológiai rendszereket, ezeken belül a növény- és állatfajokat és azok génkészleteit. Hazánkban öt bioszféra terület van, melyek Hortobágyi, Kiskunsági, Fertő-tavi, Aggteleki és Pilisi bioszféra-rezervátum. Összes területük közel 130 ezer hektár.

A világon élő növényfajok (mohák, harasztok, nyitva- és zárwatermők) száma (az ún. populáció) 350 ezer (melynek jelentős részét, mintegy 90 %-át, a zárwatermők teszik ki). Magyarországon 2150 növényfaj honos (a zárwatermők aránya közel 80 %), ebből védett, ill. fokozottan védett 695 növényfaj védett, mely az összes növényfaj 32 %-a.

A világon élő állatfajok (gerincesek, gerinctelenek, halak, kétélűek, hullók, madarak és emlősök) száma 1250 ezer (melynek jelentős részét, mintegy 96 %-át a gerinctelenek teszik ki). Magyarországon a fajok száma 42000 (a gerinctelenek aránya közel 99 %), ebből a védett, ill. a fokozottan védett fajok száma 965, mely az összes állatfaj számának mintegy 2.3 %-a. Hazánkban hagyományosan minden kétélű, hulló és denevér, s szinte valamennyi madárfaj védett.

A Magyarországon kipusztult és eltűnt

hajtásos növények száma: 36 (1.2 %)

mohák száma: 4 (0.1 %)

állatok száma: 53 (0.1 %)

a közvetlenül, aktuálisan vagy potenciálisan veszélyeztetett

hajtásos növények száma: 574 (16 %)

mohák száma: 116 (4 %)

állatok száma: 346 (0.8 %)

ahol a zárójelben megadott számértékek az összes növényfajra, ill. állatfajra vonatkoznak.

A következő táblázat **összefoglaló adatokat** mutat a **védettségre** (védett területek, védett növényfajok és állatfajok, védett barlangok). A táblázatban található területek legfontosabb jellegzetessége: Nemzeti park: természeti adottságaiban lényegesen meg nem változott, nagyobb kiterjedésű terület; Tájvédelmi körzet: jellegzetes természeti, tájképi adottságokban gazdag, nagyobb, általában összefüggő terület, tájrészlet; Természetvédelmi terület: jellegzetes és különleges, természeti értékekben gazdag, kisebb összefüggő terület; Természeti emlék: valamely különlegesen jelentős egyedi természeti érték, képződmény és annak védelmét szolgáló terület.

| Védettség formája                                     | Terület illetve darabszám |        |
|---|---------------------------|--------|
|   | 2000                      | 2007   |
| Nemzeti park (hektár)                                 | 440800                    | 485800 |
| Tájvédelmi körzet (hektár)                            | 349300                    | 326700 |
| Természetvédelmi terület (hektár)                     | 25900                     | 32100  |
| Összesen védett országos jelentőségű terület (hektár) | 816000                    | 844600 |
| Védett helyi jelentőségű terület (hektár)             | 36700                     | 39400  |
| Védett terület összesen (hektár)                      | 852700                    | 884200 |
| Védett barlangok száma (db.)                          | 3600                      | 4110   |
| Védett növények száma (db.)                           | 535                       | 695    |
| Védett állatfajok száma (db.)                         | 851                       | 965    |

**Hazánkban** jelenleg (2015-ben) **10 nemzeti park** van, melyek a következők (zárójelben székhelyük és alapítási évük): Aggteleki (Jósvafő, 1985.), Balaton-felvidéki (Csopak, 1997.), Bükki (Eger, 1977.), Duna-Dráva (Pécs,



1996.), Duna-Ipoly (Budapest, 1997.), Fertő-Hanság (Sarród, 1991.), Hortobágyi (Hortobágy, 1973.), Kiskunsági (Kecskemét, 1974.), Körös-Maros (Szarvas, 1997.), Őrségi (Őriszentpéter, 2002.). Hazánkban a Hortobágyi Nemzeti Park volt az első, 1972-ben alapították, hivatalos alapítási időpontja 1973. január 01. Utolsóként az Őrségi Nemzeti Park alakult meg 2002.-ben. A világ első nemzeti parkját egyébként az Amerikai Egyesült Államokban hozták létre, 1872-ben, ez a Yellow Stone Nemzeti Park, mely azóta is az egyik legnépszerűbb park.

A nemzetközi jelentőségű **vadvizek** (ún. Ramsari területek; az egyezményt Irán Ramsar nevű városában írták alá 1971-ben, melyhez Magyarország 1979-ben csatlakozott) összes területe hazánkban közel 115 ezer hektár, melynek kb. felét a Balaton teszi ki, s mintegy 20 ezer hektár a Hortobágyi Nemzeti Park területén található és 15 ezer hektár a Kis-Balaton területe. Magyarországon jelenleg 13 ilyen terület került bejegyzésre, az egész világon több mint félmillió, közel 33 millió hektár területtel. Az egyezmény (mely a természetvédelemre vonatkozó első egyezmények egyike) fő célja a vízimadarak tartózkodási helyéül szolgáló vadvizek mennyiségi és minőségi védelme, helyes kezelése és hasznosítása. A vizes élőhelyeket fenyegető legsúlyosabb veszély - a kiszáradás mellett - az emberi tevékenység. Alföldi területeinken több olyan víztér és vizenyős terület maradt meg, amely sok elemét megőrizte a régi vízi világ eredeti arculatának.

A **nedves és a közepesen nedves rétek, kaszálók** állapota - főleg az utóbbi 25-30 évben - rohamosan romlott. Hegy- és a dombvidéki kaszálóink nagy része még a török hódoltság utáni időkben alakult ki, s a hagyományosan gazdálkodó falusi közösségek gyakorlatilag változatlanul megőrizték. A **rétgazdálkodás** azonban - az elmúlt évtizedek településfejlesztési és iparpolitikája következtében - gyakorlatilag megszűnt, s csak az intenzív művelésű öntözött, vegyszerezett gyepek maradtak meg. Eltűntek a virágokban gazdag hegy- és dombvidéki rétek, amely a biológiai sokféleség csökkenésének egyik legriasztóbb jele.

A **láp rétek** és a **lápok** igen érzékeny és értékes élőhelyek, de állapotukban sok kedvezőtlen változás következett be. Kiszáradásuk nemcsak a kedvezőtlen éghajlatváltozás következménye, ehhez a vízgyűjtőkön véghezvitt káros műszaki beavatkozások és a vizes területek felszámolása is hozzájárult. A láp rétek jelentős része elgyomosodott, s ez kedvezőtlen tendencia.

A száraz **pusztagyep** és **sziklagyep** állapotromlásának oka az élőhelyek megszűnése: gyepfeltörés, gyomosodás stb. (pl. erdőtelepítésekkel gyep felszámolása), de éghajlati okok és az intenzív állattartás is jelentős hatást gyakorolt. A **lőszpuszta**-gyepekből már csak töredéknyi terület maradt, végveszélyben vannak, mert a populációk a kritikus nagyság közelében vannak.

**Az emberi tevékenység kiszélesedése előtt az ország területének körülbelül 70 %-át erdő borította, de II. József uralkodása idejében már csak mintegy 30 %.** Az erdőterület további nagymérvű csökkenése következett be 1848-1878 között is, melynek fő oka a jobbágyfelszabadítás volt, s a kiirtott erdőket legelőkké alakították. Ennek megfékezésére 1879-ben életbe lépett az első erdőtvény, de a 19. század végén a gazdasági fellendülés hatására az erdőterület tovább csökkent, s a **trianoni időkben érte el a mélypontot, 11.8 %-ot.** Ekkor az erdőterület közel fele magánkézben volt, s ez nem kedvezett az erdők állapotának. 2015-ben 22.1 % volt az erdősültség mértéke, de a természetközeli erdők területe az ország területének 9 %-át sem éri el, s az idősebb állományra még kedvezőtlenebb a helyzet. Jelentős károk léptek fel a talajvízszint csökkenése, a száradás, a felújítás sikertelensége és az új telepítések kedvezőtlen változása miatt (a gyors növekedésű fajok és fajták telepítése került előtérbe, s értékes őshonos állományokat is lecseréltek). Az állapotromláshoz jelentősen hozzájárult a túltartott nagyvadállomány, különösen a faunaidegen fajok (pl. muflon) elszaporodása. A Kárpát-medencei erdőtársulások közül a **legnagyobb veszteséget az ártéri erdők szenvedték el**, mivel a folyószabályozás miatt többségükben elszakadtak az éltető, évente több áradást hozó folyóktól, s legtöbbjük a töltésen kívül rekedt és visszafejlődött. Különösen visszaszorultak a keményfaligetek (tölgy, kőris, szil ártéri erdők), de az ártéri puhafaligetek (fűz, nyár ligeterdők) területe is jelentősen csökkent. Az erdőterület alakulását és néhány jellemzőjét a következő táblázat foglalja össze:

| MEGNEVEZÉS                                 | 1986 | 1996 | 2010 | 2015 |
|--|------|------|------|------|
| Erdőterület nagysága (1000 ha)             | 1645 | 1727 | 2046 | 2060 |
| Erdősültség mértéke (%)                    | 17.7 | 18.5 | 22.0 | 22.1 |
| Előfa készlet (millió m <sup>3</sup> )     | 278  | 315  |      | 373  |
| Éves növekmény (millió m <sup>3</sup> /év) | 10.9 | 11.5 |      | 13.1 |
| Fakitermelés (millió m <sup>3</sup> /év)   | 8.3  | 6.0  | 6.4  | 7.5  |

Az ország legerdősültebb megyéje Nógrád (37 %), míg a legfátlanabb Békés (4 %). Az Európai Unió (EU-15) országaiban az erdősültség mértéke 35.1 %, s az 1000 lakosra jutó erdőterület 280 ha körüli, amíg hazánkban 208 ha. Magyarországon évente kb. 7 millió m<sup>3</sup> fát termelnek ki, a kitermelési lehetőség 8 millió m<sup>3</sup>, **erdőink évente 3-5 millió tonna szén-dioxidot kötnek meg, mely töredéke kibocsátásunknak.** Az előzőekben már

láttuk, hogy az egész világon alapvető probléma az erdők területének csökkenése. Ez azonban Magyarországra (legalábbis az ország mai területét tekintve) egyáltalán nem jellemző, mivel a 20. századi erdősítés következtében folyamatosan növekedett az erdővel borított területek mérete, ill. részaránya. Ezt a következő számadatok támasztják alá, amelyek a különböző években az ország erdősültségének mértékét, ill. annak alakulását mutatják az ország teljes területének százalékában: **1925:11.8; 1946:12.1**; 1960:14; 1970:15.8; 1980:17.3; 1990:18.2; 2000: 18.7; 2007: 19.6; 2015: 22.1. A 1800-as évek elején az erdők részaránya 29.7 % volt, s minthogy a 19. században jelentős mértékű volt a csökkenés, e mértéket a mai napig sem sikerült elérni. Hazánk erdőinek kb. 55 %-át a természetszerű erdők teszik ki, melyek lehetnek természetközeli erdők és származékerdők, s mintegy 45 % a mesterséges - vagyis emberi beavatkozással létrehozott - erdőterület részaránya, s ezzel Anglia után a legnagyobb (Vörös Könyv, 1989; Kerényi, 1998; Pápai, 1999; Pápai, 2000).

## Népesség

**Tizenkétezer évvel ezelőtt** (az újkőkor – neolitikum – kezdetén, i.e. 10000 körül) becslések szerint **5 millió** ember élhetett a Földön, s 3000 év múlva (i.e. 7000) érhetette el a 10 millió főt, és az **időszámítás kezdetére** emberi őseink lélekszáma kb. **170-250** millióra nőtt. Az ember tevékenysége ekkor még nem hatott különösebben az ökoszisztémára, bár a „pusztítás” jelei szükségszerűen megjelentek, hiszen pl. a gabonafélék termesztéséhez más növényeket (nem ritkán néhány százat is) irtani kellett. Ez még nem jelentett nagy veszélyt az élővilágra, mert megszámlálhatatlanul sok faj élt másutt. De tény, hogy ezzel az ember már beavatkozott a természet rendjébe, megzavarta a természeti folyamatokat. Az első évezredben igen lassú volt a létszám növekedése, ugyanis a becslések szerint **1000-ben 275 millió ember élt a Földön**. Ekkor már valamivel jelentősebb volt a környezet átalakítása, de ez valójában a 19. század eleje-közepé óta gyorsult fel, teljesedett ki, s a 20. században öltött óriási mértéket. Ennek oka az, hogy bár voltak igen ritkán lakott területek, de **a 19. század elejére a sarki jégsapkák és a legmagasabb hegyvonulatok kivételével a kontinenseken az emberek mindenütt településeket hoztak létre**. Az 1600-es évek táján kb. 0.5, a tizenkilencedik század elején 1, a huszadik század küszöbén 1.5, 1950-ben 2.5, 1970-ben 3.5 milliárd ember élt a Földön, s az emberiség létszáma 1999 októberében átlépte a 6 milliárdot. **A 19. és a 20. században** (tehát 200 év alatt) **az emberiség létszáma hatszorosára nőtt, önmagában a huszadik században pedig megnégyszereződött, vagyis a 20. század a népességrobbanás százada** volt. E században igen megnőtt a népszaporulat mértéke, melynek persze több oka is van, és ezekre később kitérünk. Ezt jól szemlélteti az a tény, hogy amíg az 1 milliárdról a 2 milliárdra való növekedéshez 123 évre volt szükség, a század utolsó 12 éve viszont már elegendő volt újabb 1 milliárd fővel való növekedéshez. Ma **a világ népességének létszáma 7.7 milliárd fő** körül van, és becslések szerint 2025 előtt átlépi a 8 milliárd főt, majd **2050-ig tovább emelkedik, s talán 9.7 milliárd fő körül alakul**, mellyel **az akkori létszám 80 %-ának Afrika és Ázsia lesz az otthona** (l. még a következőkben összefoglalt statisztikai adatokat). Napjainkban tehát az emberiség létszáma tovább növekszik, ezekben az években évente mintegy 70-75 millió fővel, de **2050 körül a népességnövekedés jelentősen lassul**, s 2100-ra meghaladja a 11 milliárdot, majd a becslések szerint 150-200 év múlva 12 milliárd fő körül stabilizálódik. De vannak olyan becslések is, melyek szerint a növekedés **meg is állhat**, és 2050 után akár gyors **csökkenés** következhet be, majd 2100-ra már alig 6 milliárd ember él majd a Földön, ahol az **öregedő társadalmak** okozhatnak egyre nagyobb problémát, mint egyes országokban már ma is. Ezt jól igazolja, hogy amíg 2015-ben mintegy 450 ezer 100 évnél idősebb ember élt a világon, addig 2050-re várhatóan már 3.6 millió (nyolcszor annyi) fő lehet idősebb száz évesnél. Tehát a korfa egyrészt megnyúlik, másrészt az alsó rész egyre teltebb lesz, négyszögeseedik 2050-ig 40, 2100-ig akár 55 éves korig, s a fiatalabb korcsoportokban kevesebb ember élhet, mint az idősebbekben (alul szűkül a korfa).

Statisztikai adatok szerint az emberiség létszáma 1 milliárd főt 1804-ben, 2 milliárd főt 1927-ben, 3 milliárd főt 1960-ban, 4 milliárd főt 1974-ben, 5 milliárd főt 1987-ben, 6 milliárd főt 1999-ben érte el. Tehát **1960 és 1999**



**között az emberiség létszáma kb. annyit növekedett, mint 1960-ig.** Az 1650-es években a létszámnövekedés mértéke évi 0.3 % volt. Ezzel kb. 230 év kellett volna a létszám megkétszereződéséhez, de ez mintegy 150 év alatt megvalósult. Az 1960-as években a növekedés mértéke 2 % felett tetőzött, melyhez a legkisebb kétszereződési idő tartozik, kb. 30-32 év. Az 1960-as éveket követően a növekedés gyakorlatilag folyamatosan csökken, a kétszereződési idő növekedik (így pl. az 1970-es években 2.1-1.7 % volt, a kétszereződési idő 33-40 év; 2010-re a növekedés becslült értéke 1.2 % körüli, melyhez közel 60 év a kétszereződési idő). E számokhoz hozzá kell tenni, hogy a fejlődő országokban ennél jóval nagyobb a szaporodás. Így pl. az 1970-es évektől az 1990-es évekig Szaúd-Arábiában vagy Gambiában a szaporodási ráta meghaladta a 4 %-ot, amíg egyes nyugat-európai országokban megállt a népesség növekedése, s helyenként csökkenni kezdett (mint hazánkban is).

A demográfusok a **népesség növekedésének négy szakaszát** különböztetik meg. Az első szakasz nagyon hosszú, melyben a születések száma nagy, de közel ilyen nagy, sőt egyes időszakokban nagyobb a halálozások száma. Így e szakaszban a népesség létszáma lassan növekedett, időszakonként csökkent, gyakoriak voltak a betegségek és az éhínségek, a várható életkor 30 év körül volt. A fejlett országokban ez a szakasz az ipari forradalmig tartott, a fejlődő országok részében még a 20. század elején is ez volt jellemző. A második szakasz akkor kezdődött, amikor a társadalmi fejlődés magasabb szintre ért, javult az élelmezés és az orvosi ellátás, ezért a halálozások száma jelentősen csökkent, miközben a születések száma magas maradt, így a lélekszám rohamosan növekedett. E szakaszon valamennyi fejlett ország túljutott, de a fejlődő országok többsége még ebben a szakaszban van. A harmadik szakaszban a csökkenő halálozási arány mellett gyorsan csökken a születések aránya, így igen lassan szaporodik a népesség. Napjainkban a legtöbb fejlett és néhány fejlődő országra is ez jellemző. A **negyedik szakaszban a születések száma nem éri el a halálozások számát, vagy többé-kevésbé azzal egyenlő** (de mindkettő nagyon alacsony szintű), így a népesség létszáma állandó szinten marad, vagy kismértékben csökken. Kevés ország érte el ezt a **fejlődési** (?) szintet, s ezek Európában találhatóak (Ausztria, Dánia, Magyarország, Németország, Svédország). Így tehát az első szakasz kivételével a Földön mindegyik népesedési szakasz megtalálható, azonban a népesség nagyobb része olyan országokban él, melyek a második népesedési szakaszban vannak. Így a Föld lakóinak száma gyorsan növekszik (Kerényi, 1998).

**Érdekesség:** ha a jelenlegi népesség váll-váll mellett állna, lazán elférne Magyarország legkisebb megyéje, Komárom-Esztergom megye területén (2264 km<sup>2</sup>).

Az elmúlt évszázadok során az emberiség létszámnövekedése tehát gyorsult, a lélekszám közel exponenciálisan növekedett (az élelmiszertermelés azonban nem nőtt ilyen mértékben, s bizonyos filozófusok erre elméleteket alapoztak, mint pl. Malthus anglikán lelkész, amelyről alább adunk egy rövid összefoglalót). Az emberiség létszámának növekedéséhez döntően az **átlagos életkor növekedése** járult illetve járul hozzá: 1650-ben ez 33 év volt, 1990-ben pedig 53 év, nagyrészt az **egészségügy**, az **orvostudomány** és az **élelmiszertermelés** fejlődése eredményeként. A várható átlagos életkor azóta is tovább növekedett illetve növekszik, a fejlett országokban ma 75-85 év körül van, de a fejlődő országokban – pl. Afrikában - nem ritka a 35-40 év, országtól és nemtől függően, ugyanis a nők nagyobb átlagos életkort érnek el. Ez az átlag azonban egy adott országra is jelentősen változik a lakóhely, a foglalkozás, az iskolai végzettség és az életmód függvényében. Hazánkban a születéskor várható átlagos élettartam 2017-ben a nők esetében közel 79 év, a férfiak esetében 72 év, de jelentős eltérések vannak az országon belül (a fővárosi Rózsadombon élő férfiak 77, a kelet-magyarországi férfiak 68 évre számíthatnak, de a fővároson belül is 6-8 év az eltérés az egyes kerületekben élők között). Az orvostudomány fejlődése szempontjából különösen meghatározó volt a **járványok megfékezése**, melyek valószínűleg egyidősek az emberrel. E járványok félelmetesek voltak, elterjedésük a szociális (leginkább a higiéniai) viszonyokkal függött össze, a legtöbb megbetegedés a legszegényebb és a legrosszabb egészségügyi helyzetben lévő népréteget sújtotta. A különféle járványok között meghatározó volt a **pestis**: (egyik legfőbb formája a bubópestis; régi magyar elnevezései csoma vagy csoma). Európát - benne hazánkat is - a 6-17. század között súlyos pestisjárványok pusztították, közülük a legsúlyosabb a 14. században (1348-1350 között) mintegy 30 millió ember halálát okozta. Irodalomból ismert a nagy londoni pestis 1665/66-ban, mely a város lakosságának csaknem harmadát, kb. 100 ezer embert pusztított el, s Daniel Defoe (1661-1731) „A londoni pestis” és Albert Camus (1913-1960) Nobel-díjas francia író „A pestis” című regényében örökítette meg. A **himlő** Amerika felfedezése után kb. 3.5 millió ember halálát okozta Mexikóban. A **kolera** Indiából származik, főleg ott pusztított korábban, innen a 19. században előbb Oroszországba, majd Európába és Amerikába jutott. Európában

több alkalommal pusztított, hazánkban négy alkalommal volt kolerajárvány (az első 1831-ben, mely koleralázadással és negyedmillió ember halálával járt, ebben halt meg pl. Kazinczy Ferenc is; 1759-1831; erről szól Jókai Mór (1825-1904) Szomorú napok című regénye). A különféle járványok különösen háborúk idején pusztítottak, becslések szerint az I. világháborúig lezajlott háborúk alatt több ember vesztette életét fertőző betegségek következtében, mint a fegyverektől. A járványok megakadályozásáról nemzetközi egyezmények intézkednek, s a nemzetközi méretű járványok lényegében a 19. század végétől gyakorlatilag megszűntek (hazánkban 1872-ben volt utoljára kolerajárvány, melyben a becslések szerint közel 182 ezer ember halt meg, de vannak ennél súlyosabb becslések is).

**A népességnövekedés döntő része** - becslések szerint 97 %-a - **a fejlődő országokban következik be**, minden megszületett 100 csecsemőből 97 a fejlődő országokban születik. Ma naponta mintegy 380 ezer csecsemő születik és 220 ezer fővel növekszik a lakosság létszáma, s elsősorban a fejlődő világban ezzel egyáltalán nem tart lépést a kórházak, az iskolák és az élelmiszertermelés fejlődése. A fejlődő világ (de ezzel természetesen a világ is, l. még az ökológiai lábnyomra mondottakat) túlnépesedik, mellyel szemben a fejlett országokban a lakosság fogy és öregszik. Így pl. hazánkban 1000 főre vetítve évente a halálozások száma 13-14 és a születések száma 9-10 között van (csökkenő tendenciával), melyből következően a lakosság létszáma évente mintegy 35-40 ezer fővel (2-3 %-kel) csökken, bevándorlások nélkül, s a tendencia egész Nyugat-Európában hasonló. Így az emberi tevékenységhez kapcsolódó környezetkárosító tevékenység mértéke és hatása is növekedni fog (erdők pusztulása, energiafogyasztás, hulladékok mennyisége, vízfogyasztás stb.).

A 20. században az emberiség létszáma a fentiek szerint négyszeresére növekedett, de egyáltalán nem egyenletesen, mert Euráziában három és félszeresére, Óceániában ötszörösére, Afrikában öt és félszeresére, Amerikában pedig hatszorosára nőtt száz év alatt a lakosság létszáma. Az említett változásokat a következő táblázat mutatja, melyben az egyes földrészek lakosságának részaránya látható három évszámra, a teljes népességen belül. A táblázathoz hozzá kell tenni, hogy az Euráziára vonatkozó adat csalóka. Ugyanis ebben vannak csökkenő vagy legjobb esetben is szinten maradó lakossággal rendelkező területek (Európa nagy része) és erősen növekvő lakosságú területek (mint pl. India, Kína stb.). Úgy becsülik, hogy Afrika lakosainak száma 2050-re elérheti a 2.5 milliárd főt, míg jelenleg 1.2 milliárd fő. Afrika éves népességnövekedése 2.4 %, a 15 évesnél fiatalabbak részaránya 42 %, amíg a világon ez 9 %. Másrészt előrelátható, hogy a világ legnépesebb országa akkorra India lesz, Kína helyett.

| Földrész | Földrész népességének aránya %-ban |      |      |
|----------|------------------------------------|------|------|
|          | 1900                               | 2000 | 2050 |
| Afrika   | 9                                  | 13   | 20   |
| Amerika  | 9                                  | 14   | 12   |
| Eurázsia | 81                                 | 72   | 66   |
| Óceánia  | 1                                  | 1    | 1    |

A becslések szerint közelítőleg 500 ezer magyar érkezett a Kárpát-medencébe, a már itt élő népek létszáma kb. 200 ezer volt. Hazánkban az első un. modern népszámlás 1870-ben volt. Ekkor a lakosság létszáma 5011 ezer fő volt, mely 1980-ig több mint kétszeresére emelkedett (a jelenlegi határokon belül), létszámcsökkenés csak egyszer, a második világháború után fordult elő, 1949-ben. A legnagyobb létszámot 1981-ben érték el, 10713 ezer fő lakossal. A hazai helyzetre a következő táblázat mutat még „beszédes” számokat:

| Év   | Élve születések száma<br>(fő/ezer lakos) | Halálozások száma<br>(fő/ezer lakos) | Népesség száma<br>(ezer főben, január 01.-én) |
|------|--|--------------------------------------|---|
| 1900 | 39.7                                     | 26.3                                 | 6854  |
| 1941 | 18.9                                     | 13.2                                 | 9314  |
| 1949 | 20.6                                     | 11.4                                 | 9205  |
| 1950 | 20.9                                     | 11.4                                 | 9293  |
| 1960 | 14.7                                     | 10.2                                 | 9961  |
| 1970 | 14.7                                     | 11.6                                 | 10322   |
| 1980 | 13.9                                     | 13.6                                 | 10709   |
| 1990 | 12.1                                     | 14.0                                 | 10375   |

|      |     |      |       |
|------|-----|------|-------|
| 2000 | 9.6 | 13.3 | 10222 |
| 2005 | 9.7 | 13.5 | 10098 |
| 2010 | 9.0 | 13.0 | 10014 |
| 2011 | 8.8 | 12.9 | 9986  |
| 2012 | 9.1 | 13.0 | 9932  |
| 2013 | 9.0 | 12.8 | 9909  |
| 2014 | 9.3 | 12.8 | 9877  |
| 2015 | 9.3 | 13.4 | 9856  |
| 2016 | 9.5 | 12.9 | 9830  |
| 2017 | 9.4 | 13.5 | 9798  |
| 2018 | 9.2 | 13.4 | 9778  |
| 2019 |     |      | 9773  |
| 2050 |     |      | 8232  |
| 2060 |     |      | 7903  |

<sup>+</sup>január 1-jén.

Az élveszülések száma az utóbbi években valamelyest emelkedett, de 2018-ban csökkent 2017-hez képest, a termékenységi arány (mely megmutatja, hogy egy 15-49 év közötti nő hány gyermeket hoz a világra) 1.5 körül van. 2016-ban 100 nőre 144 gyermek jutott, 100 szülőképes nőre viszont ez a szám 104, s folyamatosan csökken, továbbá a gyermekvállalási kedv későbbre tolódik (2016-ban átlagosan 24 éves korban születték a nők az első gyermeküket, míg 2011-ben ez 23 év volt). Így az ország népessége már 10 millió fő alá csökkent. Tehát 1980-at követően a hazai népesség létszáma csökken és évente egy kisvárosnyival vagyunk kevesebben (l. a 2016. októberi-novemberi kis népszámlálást – mikrocenzust - megelőző öt évben 134 ezer fővel csökkent a lakosság létszáma). Az előrejelzések 2050-ben a legrosszabb esetben 7.4 millióra becsülik a hazai lakosság létszámát, de a legjobb esetben is 8.4 milliónyian lakják majd az országot. A távolabbi jövő még rosszabbul fest: 2100-ra 4 millióra zsugorodhat a magyar lakosság létszáma. Aki megéri a század második felét, egy elöregedő, egyre élhetlenebb országra készüljön. Sokasodni kellene, de olyan tempóban valószínűleg nem megy, hogy elkerüljünk egy jelentősebb népességcsökkenést (az ún. öregedési index 2016-ban – mely megmutatja, hogy 100 gyermekkorúra, vagyis 15 év alattira mennyi idős, tehát 65 év feletti jut – 128, tehát nyugdíjjarulékot egyre kevesebben fizetnek, de egyre többen veszik igénybe).

**Malthus** (Thomas Robert, 1776-1843): angol közgazdász, filozófus, anglikán lelkész. „Tanulmány a népesedés törvényéről” című tanulmányában (1798) megfogalmazta, hogy **az élelmiszertermelés a föld csökkenő termőképessége miatt nem képes lépést tartani a népesség létszámnövekedésével, s így a túlnépesedés a nyomor oka**. Tanulmányában azt állította, hogy amíg nem korlátozzák meggyőződéses önmegtartóztatással a gyermekszülést, az éhség és az éhínség a Földön elkerülhetetlen lesz. Az ún. malthusianizmus elméletét társadalompolitikai szempontból Friedrich Engels cáfolta. Ma már tény, hogy Malthus azon következtetése, mely szerint az élelmiszertermelés nem tudja követni az emberiség létszámának növekedését, nem bizonyult helyesnek, hiszen nőtt a megtermelt élelmiszerek mennyisége és tápanyagtartalma is (energiatartalma). Így amíg a múlt század közepén az egy főre jutó fogyasztás energiatartalma alig haladta meg a 2000 kcal/nap értéket, ma ez 2600 kcal/nap körül jár (8400 illetve 10900 kJ/nap), becslések szerint tovább növekszik, és 2050-re meghaladja a 3000 kcal/nap értéket (12600 kJ/nap). Ennek ellenére a statisztikai adatok az éhezők tömegének folyamatos növekedését mutatják, melyet az ezredfordulón egymilliárd fölére becsülték.

**FAO:** Itt említjük meg az ENSZ Élemezési és Mezőgazdasági Szervezetét, a FAO-t (Food and Agricultural Organization of the United Nations), melyet 1945-ben hoztak létre, székhelye Róma. A Szervezet célja az emberiség megszabadítása az éhezéstől, s fő feladatának tekinti a táplálkozás és az életszínvonal, a mezőgazdasági termelékenység és a vidéki lakosság életfeltételeinek javítását, a mezőgazdasági termékek szétosztásának elősegítését. Jelenleg 191 tagja van (köztük az Európai Unió). A hazai agrárdiplómácia jelentős sikere, hogy 1996-ban **budapesti székhellyel** jött létre a **FAO Közép és Kelet-Európai Alregionális Hivatala**. A FAO minden év **október 16-án** megszervezi az **élelmezési világnapot** 1981 óta, **Dr. Romány Pál** akkori magyar mezőgazdasági miniszter kezdeményezésére. Ennek keretében 1996-ban tervet dolgoztak ki az éhezés visszaszorítására, célul kitűzve, hogy 2015-ben feleannyi ember éhezzen a világon. A 2002. évi világnapon a FAO vezéregazgatója értékelte a végrehajtást, s kijelentette, hogyha az eddigi ütemben folyik a végrehajtás, a célkitűzést 2150-re sikerül teljesíteni. A kiadott jelentés szerint a helyzet romlott, s 2002-ben mintegy 840 millió alutáplált ember élt a világon, nagy részük (mintegy 800 millió) a fejlődő országokban (az éhezés által sújtott terület nagyrésze Fekete-Afrikában van). Hiányos táplálkozás következtében naponta 100 ezer ember hal meg, az áldozatok között évente hatmillió ötévesnél fiatalabb gyermek is van (a becslések szerint ötéves életkora előtt évente 11 millió gyermek hal meg a világon). A szakértők megállapították, hogy felgyorsult a népszaporulat növekedése, mellyel az élelmiszerek mennyiségi növekedése nem tart lépést. A FAO legfrissebb 2009. évi jelentése szerint a helyzet tovább romlott, s ma már 1 milliárd ember éhez a Földön vagy alutáplált (Ázsiában és csendes-óceáni térségben 625 millió, Afrika szubszaharai régiójában 265 millió, a latin-amerikai és a karibi

térségben 53 millió, míg Közel-Keleten és Észak-Afrikában 42 millió, a fejlett országokban 15 millió főre teszik a nemzetközi segítségre szorulókat számát). Ez történelmi rekord, egy év alatt közel 100 millió fővel nőtt az éhezők tábora. A FAO főigazgatója szerint minden szükséges intézkedést meg kell tenni a nyomor felszámolására, mert ez következményekkel járhat, akár nemzetközi konfliktusokat is okozhat. Talán az eddigi gyakorlat (élelmiszersegély és pénzsegély) csődjének (kis hatékonyságának) a beismerése, hogy mostantól kezdve a fő hangsúly az érintett országok mezőgazdaságának fejlesztésére került, melyhez a főigazgató szerint pénzt, technológiát és eszközöket kell adni. A kétségtelen eredmények ellenére nem lehet nem észrevenni a szegénység globalizációját (a gazdaság globalizációja mellett), s így megmerevedett a világszerkezet: a világ javainak és forrásainak (gazdagságának) 80 %-át a világ népességének 20 %-a tartja kezében (**Pareto-elv**). Sőt, ma már vannak szakértők, akik inkább a 90:10 arányt tartják érvényesnek. Ezt egyes szociológusok az „alulfejlettség fejlődésének” mondanak, vagyis a szegénység is „fejlődött”.

A népesség létszámbeli növekedése a mai életmód alapján természetesen a környezet fokozottabb károsításával jár, melyet az eddigiek bőségesen alátámasztanak. A létszámbeli növekedés mellett azonban nagyobb **környezeti kihívás a városiasodás**, az urbanizáció! Az elmúlt évtizedekben számos nagyváros lakóinak a száma óriási léptékben növekedett, egyes városok ún. megalopolisszá (megalopolisszá) váltak (fejlődtek?). Világszerte általános tendencia a városlakók létszámának, illetve az összlakosságon belül a városlakók részarányának a növekedése, így a városok száma szinte robbanásszerűen emelkedett minden országban. Minőségi változás ebben, hogy a városlakók részaránya 2008-ban átlépte az 50 %-ot, vagyis ma már a világ népességének nagyobbik része (55 %-a, hazánkban 70 %-a) városokban lakik, mely 2050-re elérheti a kétharmadot. Ennek elsősorban népességmozgalmi okai vannak, mivel a városok évszázadok óta a kultúra, a tudomány és általában a civilizáció színterei, az információs technológia nagymérvű fejlődése ellenére, de bennünket ez környezeti szempontból foglalkoztat. Ugyanis a városiasodás több környezetkárosító folyamatot eredményez, pl. közlekedési, szennyvíz- és hulladékkezelési, idegenforgalmi stb. szempontból. A városok számának növekedése mellett megfigyelhetjük a **városszerkezet módosulását** is, mely szerint a **városközpontban** (belváros, city) főleg a bankok (pénzügyi szektor) és az idegenforgalom bizonyos kiszolgálói (szállodák, éttermek) találhatóak, a városlakók igyekeznek innen „elmenekülni”, számos ok miatt. E belső részben **kevesebb a zöldterület, nagyobb az energiafelhasználás, nagyobb a közlekedési igény**, így itt **hőszigetek** alakulnak ki, melyek **fokozzák az éghajlatváltozás hatását** (sok ok miatt, mint pl. nagy üvegfelületek, légkondicionálók gyakoribb használata, minden aszfaltozott vagy betonozott, nagysűrűségű autóközlekedés, közlekedési dugók gyakoribb kialakulása stb.).

Megjegyzés: a városok hatással vannak a népesség számának alakulására is, hiszen a **városokban csökken a termékenységi ráta**, a falusias környezethez képest. Más megítélés alá esik egy gyermek a városokban (eggyel több éhes száj), mint falusias környezetben (plusz egy dolgozó kéz). Másrészt a városokban élő nők jobban hozzáférnek a tájékoztatáshoz és az oktatáshoz, mint a falvakban. Egy nő több kapcsolatot tud teremteni egy városban, kisebb a családi és a vallási hatás is, a kollegák és a barátok hatása jóval nagyobb a gyerekvállalással kapcsolatos döntésekben. Régi tapasztalat, hogy a nő minél inkább „ura lesz testének és életének”, egyre kevesebb gyermeket vállal. A városiasodás így a népességszaporulatra is jelentős hatással van, csökken a termékenységi ráta. Sokan úgy gondolják, hogy a túlnépesedést a további városiasodás fogja megállítani, vagyis e tekintetben kulcskérdés a városiasodás megkezdődése a szubszaharai térségben. E vélemények szerint ez szünteti meg **Afrikában a túlnépesedési bölcsőt**, ahol egyes országokban még 6-8 gyermeket is szül egy anya, amíg ez már Kínában is 1.5 körülire csökkent, de Brazíliában és Indiában is csökken már a gyermekvállalási kedv.

Környezetkárosító hatása van a túlzott **turizmusnak** is, mely világszerte évente átlagosan 6 %-kal bővül, de ennél sokkal nagyobb mértékű a növekedés a kiemelt turistacélpontok tekintetében (Budapest is ezek közé tartozik). Sok városra kirakható lenne a „megtelt” tábla, de olyan helyek már most is vannak, ahol korlátozzák az egyidőben a városban tartózkodó turisták számát.

## **Energia, energiaforrás, energiafogyasztás, a felhasználás hatékonysága**

A Földön felhasználható energia döntő része a Napból ered (fosszilis energia, biomassza, napsugárzás, szélenergia stb.) vagy a Naprendszer keletkezését megelőző kozmikus fejlődés eredménye (nukleáris energia), egy kis rész a Hold mozgásából származik (árapály energia), illetve a Föld magjából ered (geotermikus/geotermális/föld energia, földhő).

A napsugárzás energiaárama a Föld felületegységére vetítve az atmoszféra felső határán  $342 \text{ J/m}^2\text{s}$ , melynek révén a Napból óriási energiamennyiség, összességében évente  $5.6 \cdot 10^{24} \text{ J}$ , vagy  $5.6 \cdot 10^6 \text{ EJ}$  energia érkezik a Földre, azonban ennek

30.5 %-a mikrohullámú visszaverődés, illetve szóródás révén azonnal visszajut a világűrbe (ennek 15 %-a a földfelületről és 85 %-a az atmoszféráról),

69.5 %-a elnyelődik, melegít, majd visszazugárzódik a világűrbe (a teljes energiaáramra vetítve ebből a 24.5 %-ot az atmoszféra elnyel, a maradék 45 %-ot a levegő átengedi és így a szárazföld, az óceánok és a jégfelületek nyelik el).

Ebből az óriási energiamennyiségből mindössze kb. 0.05 % fordítódik fotoszintézisre. Ennek mennyiségét 3000-4000 EJ-ra becsülik, amely a biológiai élet forrása a Földön. Ez az energiamennyiség szolgál a szénhidrát (biomassza) képzésére. A fotoszintézis révén létrejött szerves anyagnak (biomasszának) csak elenyésző hányada hagyja el a biológiai körfolyamatot, melynek részaránya becslések szerint ismét kisebb, mint 0.05 %, vagyis 1-2 EJ, mely a fosszilis energiaforrások (tűzelőanyagok) képződésének a forrása. Az évmilliók során képződött és felhalmozott fosszilis energiahordozók potenciálisan felhasználható mennyiségét  $2.6 \cdot 10^9 \text{ PJ}$ -ra vagy  $2.6 \cdot 10^6 \text{ EJ}$ -ra becsülik. Így tehát **az ásványi szén, a kőolaj, a földgáz, az olajpala, a tőzeg stb. nem más, mint évmilliók során tárolt napenergia**, és egykor parányi élőlények és növények voltak. A Földre jutó energia mennyiségét érdemes összevetni az emberiség által felhasznált energiával, mely 2015-ben 573 EJ/év volt. Ez közel tízezred része a Napról beérkező energiának. A szárazföldre jutó energia mennyisége  $0.73 \cdot 10^6 \text{ EJ/év}$  (amint a fentiekből kiszámítható:  $5.6 \cdot 10^6 \cdot 0.29 \cdot 0.45 \text{ EJ/év}$ ), mely 1274-szerese a világ jelenlegi energiafogyasztásának. Összehasonlításul: **a világ primerenergia fogyasztása 1900-ban 20-25 EJ, 1950-ben 80 EJ, 2000-ben 400 EJ volt, napjainkban 570 EJ felett mozog.** A világ energiafogyasztása az **utóbbi mintegy négy évtized átlagában évente 2 % körüli értékkel növekszik**, melyben a fejlődő országok (kiemelten az ún. BRIC országok: Brazília, Oroszország, India és Kína, illetve a Dél-Afrikával kiegészített BRICS országok) játszanak meghatározó szerepet, a fejlett országok energiaigénye alig változik, vagy szinten marad (kisebb-nagyobb mértékben ez hazánkra is érvényes).

Az emberek energiát eleinte csak földművelésre használtak, főleg az emberi izomerőt és mintegy tízezer éve kezdték használni az állati vonóerőt, majd később fűtésre és főzésre fát és egyéb szerves hulladékokat (amikor az ember már maga is megtanulta a tűzgyújtást, hiszen eleinte a természetes tüzet használta). **A fosszilis energiát az ipari forradalommal kezdték használni** a gőzgépekben (1720-1730 tájékán), **akkor még kizárólag a szenet.** Részaránya az energiafelhasználásban gyorsan növekedett, a 19. század elején kb. 15 %-ot tett ki, és az 1920-as években mintegy 60 %-kal tetőzött, majd ezt követően csökkent (de nem felhasznált mennyisége). E folyamat bár lassabban, de most is tart, s az elmúlt években 25-26 % körül volt, nagy eltérésekkel a különböző országokra (így pl. Kínában vagy Dél-Afrikában 65-70 %, de Brazíliában vagy Franciaországban 5-6 %). **A kőolaj felhasználása a 19. század második felében, míg a földgáz felhasználása az 1900-as évekkel kezdődött**, felhasználásuk gyorsan növekedett. Az utóbbi években **a fosszilis energiák részaránya a teljes energiaigény kielégítésében közel 80 % (2015-ben 82 %), ennek közel kétharmadát a szénhidrogének teszik ki.** A fosszilis energia részaránya országonként igen eltérő (pl. Iránban közel 100 %, és gyakorlatilag csak szénhidrogén alapú, míg Franciaországban és Brazíliában - bár eltérő okok miatt - 50 % körüli: előbbiben a nukleáris, utóbbiban a vízi energia részaránya jelentős - 80 % körüli - az elektromos energia előállításában). A nukleáris energia részaránya a teljes

energiaigény kielégítésében 5 % körüli. **Hazánkban ez a fejlődés némileg késleltetetten jelent meg**, így pl. a szénfelhasználás 1950-ben 75 %-kal tetőzött, de részaránya gyorsan csökkent, s ma 10-12 % körül van. A hazai energiafelhasználásban is közel 80 % a fosszilis energiák részaránya, melyben nemzetközi összehasonlításban is igen nagy arányt, 85 %-ot képviselnek a szénhidrogének. Az atomenergia a hazai energiaigény közel 10 %-át biztosítja, de még nemzetközi összehasonlításban is igen jelentős részt képvisel a villamos áram előállításban (hosszú időszakon keresztül közel 40 %, de az utóbbi években a 30 % körüli behozatal miatt részaránya 50 % körüli értékre emelkedett).

Az alternatív, illetve megújuló energiaforrások részaránya viszonylag kicsi, és az utóbbi évtizedekben alig változott (a világtálag 12 % körül van 1973 óta), és az előrejelzések szerint hosszabb távon is kicsi marad. Ennek természetesen műszaki és gazdasági okai is vannak, így a kis teljesítmény- és energiasűrűség, a viszonylag hosszú megtérülési idő, ezen okból gazdaságilag ma nem eléggé versenyképesek, gyakran még jelentős támogatás ellenére sem. Növekedését a politikai szándékok és a környezetvédelmi okok mellett „kényszeríteni” fogja, hogy a becslések szerint a szénhidrogénkészletek pár évtizeden belül kimerülhetnek. A szénkészlet több száz évre elegendő a jelenlegi felhasználási ütemmel, mely hazánkra is igaz. Hazánkban a megújuló energiafelhasználás az utóbbi években igen ellentmondásosan alakult. Így amíg 2008-ban az össze felhasználásban csak 8.6 %-ot tett ki, de 2013-ban már 16.2 %-ot ért el. Ezt követően látványos zuhanásnak lehetünk a tanúi, hiszen 2018-ra 12.2 %-ra csökkent. Egyes vélemények szerint ennek az lehet az oka, hogy az összes energiafelhasználásunk sokkal gyorsabban nőtt, mint a megújulók termelése, s ez okozta az adatok szerinti csökkenést.

**A felhalmozott fosszilis energiaforrások eloszlása a Földön nagyon egyenetlen**, ezért az energiaellátásban a nemzetközi kereskedelem meghatározó, ugyanis itt cserél gazdát a kőolaj közel fele, a földgáz mintegy nyolcada és a szén tizede. Az előadáson kiadott táblázat lényegében ezt támasztja alá, minthogy a kőolaj, a földgáz és a szénelőfordulások részarányát mutatja a kimutatott készletre (%-ban), különböző régiókra. A táblázatból megállapítható, hogy **a szén eloszlása a legegyenletesebb** a különböző régiók között, de **a kőolaj és a földgáz közel kétharmada a Közel-Keleten és a FÁK országok területén található**. Ugyanis Kelet-Európa és a FÁK országok között elsősorban a FÁK államok gazdagok földgázban és szénben (arányok megoszlása: 35/5, ill. 20/6). Magyarország közismerten szegény energiaforrásokban, így fűtőérték alapján importálja teljes energiafogyasztásának 65 %-át (a szénfogyasztás 10 %-át, a kőolajfogyasztás 80 %-át, a földgázfogyasztás 75 %-át, de az utóbbi években jelentős a villamos energia importja is). Az ellátás biztonsága minden ország számára létfontosságú kérdés, így az egyes országok energiapolitikája nagymértékben a „napi politika” függvénye, a politikával együtt változik. A részérdekek egyeztetése igen nehézkes, még Európában is!

A világon **az energiafogyasztás** - az eltérő fejlettségből következően - **rendkívül egyenetlen**, bár az utóbbi évtizedben ez jelentősen „javult”, elsősorban a fejlődő országok rohamosabban növekvő energiafelhasználása révén. Ennek alátámasztásául becslésként és globális összehasonlításként a **2015-ös** adatokat vesszük, és írhatjuk, hogy átlagosan **egy USA állampolgár évente közel kétszer annyi energiát használ fel, mint egy európai vagy egy japán, háromszor annyi, mint egy kínai, ötször-hatszor annyi, mint egy latin-amerikai, és tízszer-tizenegyszer annyi, mint egy afrikai vagy egy indiai, 2.6-szor annyi, mint egy magyar, és a világtálag 3.5-szeresét**. Az adatok szerint 2015-ben az összes népesség 17 %-át kitevő, vásárlóerő alapon (PPP) az össztermék (GDP) 45 %-át termelő 34 OECD tagország használta fel a teljes energiafogyasztás 38 %-át (221 EJ) és adta a szén-dioxid kibocsátás mintegy 36 %-át, melyben az USA kb. 16-15 %-kal szerepel. Hazánk is tagja e szervezetnek. Kína használja fel a világ energiafogyasztásának 18 %-át, s adja a világ szén-dioxid

kibocsátásának 28 %-át. Ebből tehát látható, hogy **az energia jelentős részét a fejlett országok használják fel, de a fejlődő országok fogyasztása rohamosan növekszik, felhasználási arányukkal együtt.** Ezzel szemben a fejlett országok felhasználása nagyrészt szinten marad vagy csökken, felhasználási arányuk jelentősebben csökken a világ energiafogyasztásában. Az energiafogyasztás növekedésével a készletek gyorsan fogynak és nem korlátlanok, mellyel kapcsolatban utalnunk kell a fenntartható fejlődés elvére, illetve a méltányosság elvére. A XIX. század közepén kb. 8 millió hordó volt naponta az energiafogyasztás, 2015-ben ez 230 millió hordó, tehát **mintegy 160 év alatt a fogyasztás közel 30-szorosára nőtt.** Ha az 1973-ra vonatkozó adatokat vesszük alapul, akkor 2015-re a világ energiafogyasztása 2.2-szeresére emelkedett, amíg az OECD országokra ez csak 1.4-szeres. Az egyes fosszilis energiaforrások felhasználása ugyanebben az időszakban a következőképpen alakult: a szénfogyasztás 236 %-ra, a kőolaj felhasználás 151 %-ra és a földgázfelhasználás 295 %-ra növekedett, amíg a nukleáris energiafelhasználás közel 13-szorosára (!) emelkedett (és a mai termelés közel 75 %-a az OECD országokban van, lassan csökkenő mértékben). Az előrejelzések szerint a jövőben is növekszik az energiafogyasztás, ha nem is ilyen ütemben, és a növekedés döntő részét feltehetően a fejlődő országok fogják felhasználni. Az elmúlt évek során alapvető tendencia a szénfogyasztás visszaszorulása, melynek ellensúlyozására növekszik a szénhidrogének (kőolaj, földgáz) felhasználása, illetve a nukleáris energiatermelés. Becslések szerint a kőolaj kitermelés mértéke már nem igazán növelhető, mivel elértük a **termelési csúcst** (peak oil) valamikor 2011-2015 között.

A **villamos energia** különleges és kedvelt energiaforrás, minthogy a legtisztább és a legkönnyebben felhasználható másodlagos energiaforrás. Egyúttal a legdrágább energiaforrás is, minthogy előállításához nagymennyiségű elsődleges energiát kell felhasználni, a nagy átalakítási veszteségek miatt. A világon 1973-ban 6131 TWh, 2015-ben 24255 TWh villamos energiát állítottak elő. Tehát a villamos energia termelése közel négyszeresre nőtt ezen időszakban, amíg az energiafelhasználás csak 2.2-szeresére (mint előbb írtuk). Tehát valóban kedvelt energiaforrás a villamos energia. A termelt villamos energiának 1973-ban 73 %-át az OECD országok használták fel, míg 2015-ben részarányuk 45 %-ra csökkent. Tehát jelentősen megnőtt a fejlődő országok villamos energia felhasználása, az adott időszakban nyolcszorosára, amíg az OECD országokban ez csak négyszeres volt! Ennek előállításában 1973-ban illetve 2015-ben a szén 38 illetve 39, az olaj 25 illetve 4, a földgáz 12 illetve 23, a nukleáris energia 3.3 illetve 10.6, a vízi energia 21 illetve 16, egyéb megújulók 0.6 illetve 7.1 %-ot képviselt. Az egyes országok egy főre jutó felhasználásában igen jelentős eltérések vannak, hasonlóan az egy főre jutó energiafelhasználáshoz. Így 2015-ben az egy főre jutó átlagos éves felhasználás **az egész világra 3052**, az OECD országokra 8016, **Norvégiára 23403**, az Amerikai Egyesült Államokra 12833, Németországra 7015, Ausztriára 8346, Kínára 4057, Indiára 859 és Afrikára 566, amíg **Magyarországra 4099 kWh.**

Az energiafogyasztás igen fontos kérdése az **energia felhasználás hatékonysága**, melyet különböző tényezőkkel mérhetünk. Erre az egyik általánosan alkalmazott mennyiség a felhasználás **hatásfoka**, amely azt mutatja meg, hogy a felhasznált energia milyen részaránya fordítódik a kívánt célra. Ennek szemléltetése legegyszerűbben az épületek fűtésével lehetséges. Így pl. a legegyszerűbb melegvízes fűtésnél a kazánba bevitt energiának csak egy része fordítódik a helyiségeket fűtő melegvíz előállítására, egy másik része a rendszerből távozó füstgázt melegíti fel a környezeti hőmérsékletről kilépő hőmérsékletére, illetve a kazán konvekcióval és hősugárzással is ad le hőt a környezetnek. Ebben az esetben a hasznosított energiahányad az, amely a fűtővíz felmelegítésére fordítódik, a többi energiarész célunk szempontjából veszteség. Ez nem mond ellent az **energia megmaradás törvényének**, minthogy ez az energiarész csak célunk szempontjából „veszett” el. Az előadáson kiadott táblázat az energia átalakító készülékek hatásfokát mutatja, melyben azt is feltüntettük, hogy milyen átalakítási mód valósul meg (milyen energiafajtát alakítunk át milyen energiafajtává).

A táblázatban megadott adatokkal könnyen kimutatható, hogy a hagyományos erőművekben (**hőerőművekben**), melyek „csak” a legkedveltebb másodlagos energiatípusát, villamos energiát termelnek, a bevezetett összes energia csak közel 30 %-a hasznosul, vagyis ennyi fordítódik a villamos áram előállítására, a többi „veszteségként” a környezetbe távozik. E veszteség hővisszanyerő berendezések beépítésével, tehát járulékos beruházással csökkenthető, a hatásfok növelhető. Az ilyen beruházások gyakran viszonylag rövid idő alatt megtérülnek, tehát gyorsan „visszafizetik” magukat. A hatásfok növelhető hőszolgáltatással is, ekkor **fűtőerőműről** beszélünk, mely a villamos áram mellett hőenergiát is szolgáltat fűtési vagy melegvíz előállítási célokra - általánosabban szociális célokra.

A hazai feladatok kitűzése szempontjából fontos a nemzetközi összehasonlítás, mely segíthet a megvalósítható célok kitűzésében. E célból ismertetjük a Németországban elvégzett átfogó vizsgálatot, melyben a 2003-as naptári évre az energiateljesítmény hatékonyságát vizsgálták és meghatározták különböző területekre a hatásfok értékeket. Az erre vonatkozó adatokat ugyancsak táblázatban adtuk ki az előadáson. Ebből látható, hogy az energiaszolgáltatás hatásfoka 64 %, a felhasználási hatásfok 53.4 %, míg az energiahasznosítás hatásfoka 34.2 %. Az energiateljesítmény hatásfoka legkisebb a közlekedésben (20.1 %), legnagyobb a háztartásokban (71.7 %), legrosszabb hatásfokot a világítással, legjobbat a fűtéssel lehet elérni (8.4 % és 78.1 %), a táblázatban megadott három felhasználói területre (közlekedést nem tekintve) nem nagyok az eltérések. Becsléssel hasonló számításokat végeztek Magyarországra, szintén 2003-as adatokkal. A kapott számértékek ugyancsak a hivatkozott táblázatban láthatók. Ebből kitűnik, hogy a szolgáltatási hatásfok hazánkban jobb, melynek legfőbb oka a primerenergia kisebb mértékű hasznosítása nem energetikai célokra és a kisebb arányú (kb. 60 %-os) villamosenergia termelés, az energiahasznosítás hatásfoka viszont alig marad el a németországi értéktől, de lényegesen rosszabb hatásfokokat kaptak az energiateljesítmény mindegyik területére, a közlekedést kivéve. Különösen jelentős az elmaradás a háztartások területén, minthogy a német érték kétharmadát érjük el, míg a másik két területen (ipar és egyéb) annak 80 %-át. Tehát a háztartási energiateljesítmény hatékonyságában legnagyobb a lemaradásunk (a GKM honlapján közölt tanulmányból vett adatok). Meg kell említenünk, hogy az energiahasznosítás hatásfokában a 2 %-nyi eltérés ugyan nem jelentős, de 20 PJ energiáról van szó (az ország energiateljesítménye 2015-ben 1058 PJ körül volt). Ebben a vizsgálatban, de egyébként az energiamegteremtésben gyakran megjelenik a **végző energia (VE)** fogalma, mely a **primerenergia (PE)** és a nem energetikai célra felhasznált energiarész, továbbá az energiaszolgáltatás veszteségeinek illetve önfogyasztásának a különbsége. A felhasználóhoz jut el a végző energia, s ez ebből hasznosuló rész a **hasznos energia (HE)**. A hasznos energia a felhasználók veszteségeivel kisebb a végző energiánál. Ezek kapcsolódását gyakran az ún. **Sankey-diagramban** mutathatjuk meg (amint ezt előadáson megtettük). Ezek alapján a fenti hatásfokok:

az energiaszolgáltatás hatásfoka:

$$\eta = \frac{VE}{PE},$$

az energiateljesítmény hatásfoka:

$$\eta = \frac{HE}{VE},$$

az energiahasznosítás hatásfoka:

$$\eta = \frac{HE}{PE}.$$

Érdekesként megjegyezzük, hogy az energiaszolgáltatás hatásfoka az egész világra 1973-ban 77 % volt, míg 2015-ben 67 %-ra csökkent. Ebben a villamosáram termelésére fordított



energiahányad kétszeresre növekedése a meghatározó, ugyanis 1973-ban a felhasznált összes energia 7 %-át fordították villamosáram termelésére, amíg 2015-ben ez 15 % fölé emelkedett.

Az energia felhasználás hatékonyságának vizsgálata szempontjából hasznos lehet az is, ha a gyártási folyamatokban felhasznált energiát az előállított termékre vetítjük, melyet esetleg más cégek által közzétett adatokkal összevetve ugyancsak elérhető célokat fogalmazhatunk meg, „elhelyezhetjük magunkat” a nemzetközi rangsorban. Így meghatározhatjuk pl. 1 m<sup>2</sup> szövet előállításának energiaigényét, vagy 1 tonna nyersvas gyártásához felhasznált energia mennyiségét, összetett készülékeknél (pl. rádió vagy TV) az egy készülék gyártásának energiaigényét határozhatjuk meg stb.. Hasonló mutató, amikor az egy országban felhasznált energia mennyiségét a nemzeti össztermékre (GDP) vetítjük, természetesen azonos pénzegységben. Tekintettel arra, hogy a különböző országok árrendszere eltérő, ezért a vásárlóerő paritást célszerű használni az összehasonlításban, melyet vásárlói kosár összeállításával határoznak meg. Nemzetközi számításokban a közös pénzegység az amerikai dollár adott évre vonatkozó árfolyama, melynek segítségével az összehasonlítás elvégezhető. Az előadáson kiadtunk táblázatokat, melyek 1971-2013 közötti évekre tartalmazzák a meghatározott USD/GJ mutatókat, néhány évre és néhány országra (de a BRIC országok mindegyike szerepel a táblázatokban) illetve régiókra. E mutatók tehát az adott országnak az adott évben termelt nemzeti össztermékét (GDP 2000.-dik illetve 2005.-ik évi USD-ban vagy vásárlóerő paritáson, vagyis PPP-ben) viszonyítják az adott évben az országban felhasznált összes energiához. A kiválasztott országok közül mindkét táblázatban Svájc jár az élen, messze megelőzve az OECD átlagos értékét is, illetve minden országot. Hazánkról összességében azt mondhatjuk, hogy az OECD átlagot vásárlóerő paritáson elérjük, de a nyugat-európai államokhoz viszonyítva látható az elvárt fejlődés iránya és mértéke. Ehhez vessük össze a hazai adatot pl. Ausztria, Németország vagy Olaszország adatával, de még Brazília is „jobban teljesít”, India alig marad el tőlünk. Viszonylag jól állunk, ha a szomszédos országokat nézzük, akik velünk együtt kerültek be az Európai Unióba, de Románia e szempontból megelőz bennünket (a bekerülés idején jobban „álltunk” szomszédainknál, így „lemaradtunk” a versenyben). Látható, hogy Kína igen szépen fejlődik, Oroszország viszont lassan „lépeget” előre. Megjegyezzük, hogy e mutató több hatást figyelmen kívül hagy (pl. fűtési energiaigény, mely pl. Svédország „lemaradását” okozhatja).

Az energiafogyasztás a környezetvédelem rendkívül fontos területe, hiszen a kibocsátott szén-dioxid döntő része a fosszilis energia eltüzeléséből ered, de szerepe igen jelentős a szén-monoxid, a nitrogén-oxidok és a szén-hidrogének kibocsátásában is (utóbbiak főleg a járműközlekedésből származnak). Megjegyezzük, hogy egyéni energiamentiségre vetítve a szén esetében keletkezik a legtöbb szén-dioxid, majd a kőolaj, s végül a földgáz következik

**OECD országok** (Organization for Economic Cooperation and Development; Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet): párizsi székhelyű nemzetközi gazdasági szervezet. Célja segíteni a tagállamok kormányait a legjobb gazdasági és szociális politika kialakításában és értékelésében. Jogelődje 1948-ban alakult, egy meghatározott feladat, a Marshall-terv kivitelezésére, Európai Gazdasági Együttműködési Szervezet (OEEC) névvel. A Marshall-terv célja volt talpra állítani Európát, a nyugat-európai országok gazdaságát a második világháborús pusztítások után. Ennek pénzügyi alapját az Amerikai Egyesült Államok biztosította. Az OECD 1961-ben alakult, tizennyolc európai ország, az Amerikai Egyesült Államok és Kanada részvételével. Az Európai Bizottság és az Európai Unió tagállamai részt vesznek az OECD munkájában. Magyarország 1996 óta tagja a szervezetnek. Az OECD-nek jelenleg, 2017-ben 34 tagállama van.

**Barrel (hordó):** a kőolajnak és származékainak mérésére általánosan használt űrmérték. Használata az amerikai Titusville településről ered, ahol a fúrásokkal felszínre kerülő kőolajat - más tárolóeszköz nem lévén kéznél - az ott használt 42 gallonos whiskeys hordókban tárolták és szállították. 1 (amerikai) gallon 3.785412 liter, így 1 barrel 158.9873 liter, tehát mintegy 159 liter.

**Megújuló energiák:** a természeti folyamatok révén folyamatosan újratermelődő energiaforrások, mint az **árampály energia, a biomassza, a geotermikus energia, a napenergia, a szélenergia, a vízenergia**. Ezek primer (elsődleges) energiaforrások, s a biomassza és a geotermikus energia kivételével alapvetően a másodlagos

(szekunder) villamos energia előállítására kerülnek felhasználásra. Lényeges jellemzőjük, hogy nem járnak többlet szén-dioxid kibocsátással, még a biomassa sem, minthogy keletkezésekor a növények fotoszintézissel annyi szén-dioxidot kötnek le, mint amennyi elégetésükkor felszabadul és a levegőbe kerül. Ezért a biomassa tekintetében gyakran zárt szén-dioxid ciklusról beszélnek. Szükséges megjegyezni, hogy a biomassa összegyűjtésekor, szállításakor természetesen felhasznál(hat)nak fosszilis tüzelőanyagokat, s ekkor jelentkezik némi többlet szén-dioxid kibocsátás, de ez fellép a fosszilis tüzelőanyagoknál is, hiszen azokat is ki kell termelni és szállítani kell. A **biogáz** is megújuló energiaforrás, melyet szerves anyagok **anaerob** körülmények között (levegő kizárásával) történő **lebontásával** állítanak elő, mikroorganizmusok közreműködésével. Másodlagos (mesterséges úton előállított) energiaforrás. A természetes körülmények között végbemenő folyamat terméke a mocsárgáz vagy depóniagáz. A biogáz általában 45-70% metánt ( $\text{CH}_4$ ) és 30-55% szén-dioxidot ( $\text{CO}_2$ ), továbbá kis koncentrációban több más gázt tartalmaz (nitrogén, hidrogén, kénhidrogén, ammónia és egyéb maradványgázok, pl. metil-merkaptánt ( $\text{CH}_3\text{SH}$ )).

## Levegő, levegőszennyezés, levegőminőség és szabályozása

A levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról rendelkező 306/2010. (XII. 23.) kormányrendelet a levegő védelméről használja a „**környezeti levegő**” kifejezést, mely: „a légkör egésze, a munkahelyek és a zárt terek levegőjének kivételével” (l. a hatálytanított 21/2001. (II.14.) Kormányrendelet). Ebből adódóan e rendelet hatálya nem terjed ki a természetes és mesterséges eredetű ionizáló és nem ionizáló sugárzásból keletkező légszennyezésre, a levegő munka-egészségügyi védelmére, továbbá a zárt terek levegőminőségének szabályozására. Így a rendelet célja a **környezeti levegő minőségének tartós és hatékony megóvása és javítása**, az emberi egészség védelme és a környezet állapotának megőrzése érdekében, s azokra a természetes és jogi személyekre, továbbá jogi személyiséggel nem rendelkező szervezetekre vonatkozik, akik (vagy amelyek) tevékenysége, létesítménye, terméke levegőterhelést okoz vagy okozhat. E szervezetek a „levegőterhelők” (légszennyezők). Értelemszerűen a környezeti levegő védelme érdekében szükséges intézkedésekkel foglalkozunk.

A levegő összetételéről már beszéltünk, s kiemeltük a szén-dioxid szerepét az üvegházhatás előidézésében. A korábban megadott gáz- és gőz halmazállapotú komponensek mellett a levegő tartalmaz még **aeroszolókat, szilárd szennyezőket és illékony szerves vegyületeket (VOC)**.

Az **aeroszolókat** a légkörben finoman eloszlott, diszpergált szilárd és cseppfolyós részecskék, a részecskék összetételétől, halmazállapotától, koncentrációjától, méretétől és méreteloszlásától, alakjától és egyéb tulajdonságaiktól függően igen változatos tulajdonságokkal rendelkeznek. Nagy részük a sztratoszférában található. Egy részük az emberi tevékenység következménye. A **részecskék mérete  $10^{-3}$ - $10 \mu\text{m}$  között** van (a szakirodalomban más mérettartomány is előfordul), tehát a molekula csoportoktól a viszonylag gyorsan ülepedő részecskékig terjed. Irodalmi adatok szerint az egész földfelületre vonatkozóan általában 250-500 darab aeroszol részecske van  $1 \text{ cm}^3$  levegőben (óceánok felett kevesebb, szárazföldek felett több, szennyezett levegőben lényegesen több). Összetett **aeroszol a füstköd** (szmog). Aeroszolókat alkotnak a **kipufogógázok**, a városi, háztartási vagy ipari **szállóporok**, a **kéményfüst**, a **köd** és a **felhők**. Aeroszolókat keletkeznek a túlnyomásos flakonokból vagy tartályokból porlasztott permetekből (festékek, dezodorok, vegyszerek stb.). Egyre jobban kezdenek terjedni az aeroszolként adagolható gyógyszerek is. Ezekon kívül a mesterséges vagy természetes aeroszolókat sokasága szinte kimeríthetetlen. Az aeroszolókat részben a **globális alapszennyezést** (gyakran háttérszennyezésként említik) **okozzák. Negatív hatásuk elsősorban az atmoszféra zavarosságának előidézésében, a látótávolság csökkentésében, a beérkező napsugárzás gyengítésében (szórásában) és így a földfelszín hűlésében jelentkezik.** A részecskék **az atmoszférában a nehézfémek előfordulásának leggyakoribb gyűjtőhelyei.** Egyes esetekben súlyos egészségkárosodást okozhatnak.

A **szilárd szennyeződések** fő alkotói az égésből eredő **pernye** és **korom**, a talajfelszínről, cementiparból, kohászatból és számos más iparból származó **por**, amelyek összetétele igen változó. A természetes légkörben lehetnek **lebegő élő szervezetek** is (baktériumok, vírusok, algák, spórák, pollenek). A szilárd szennyeződések vízben oldódó és vízben oldhatatlan, szerves és szervetlen, illetve mérgező (toxikus) és közömbös frakciókra oszthatók. A légköri szilárd szennyeződések durva frakcióját **ülepedő por**nak (szedimentum) nevezik, a hosszabb ideig lebegve maradó kisebb részecskék alkotják a **szálló port**. Egészségügyi szempontból a  **$0.25$ - $10 \mu\text{m}$  mérettartományú** részecskék a legveszélyesebbek (mely az ún. **inhalációs porfrakció**, minthogy bejuthatnak a tüdőbe és szilikózist okozhatnak. Ugyanis a  $10 \mu\text{m}$  méret feletti részecskéket a felső légutak visszatartják, a  $0.25 \mu\text{m}$  alattiakat pedig a tüdő nem tartja vissza, kilégzéssel a szabadba jutnak.

Az **illékony szerves vegyületek (VOC)** a levegőben előforduló szénhidrogén-származékok (metán kivételével) gyűjtőfogalma (NMCH). A napsugárzás hatására a nitrogén-oxidokkal reakcióba lépve részt vesznek a **fotokémiai köd** (füstköd) kialakításában, a reakció során **ózon** képződik. **Egy részük rákkeltő**. Néhány ilyen vegyület: aceton, benzin, benzol, diklór-etán, etil-alkohol, kloroform, metil-alkohol, szén-tetraklorid, toluol, triklór-etán, xilol. Forrásuk részben természetes is lehet, de a szennyezés meghatározó részét a gépjárművek és az ipar bocsátja ki.

**Aeroszol:** olyan diszperz rendszer, melynek diszpergáló (folytonos) közege gázhalmazállapotú (pl. levegő), diszpergált részecskéi pedig kolloidális méretű, finoman elosztatott szilárd szemcsék vagy folyadék-részecskék (előbbi füst, utóbbi köd). A **részecskék mérete alapján három csoportot** különböztetnek meg: 0.3 µm alatti méret esetén az ún. Aitken-féle magvakról beszélnek, melyek **az atmoszférában kondenzációs magvakat alkotnak**, a gázmolekulákhoz hasonlóan mozognak, felületeken megkötődnek, s általában cseppfolyósodással jönnek létre és a nagyobb részecskéken adszorbeálódva távoznak a légkörből; 0.3-3 µm az ún. akkumulációs tartomány, mely részecskék kisebb részek koagulációjával (egyesülésével) jönnek létre, Brown-féle hőmozgást végeznek, s általában viszonylag rövid tartózkodási idő után a csapadékkal távoznak az atmoszférából; a 3 µm-nél nagyobb szemcsék az ún. durva tartományt alkotják, melyek makroszkópikus testek aprózódása révén jönnek létre, s ülepedéssel távoznak az atmoszférából. Negatív hatásuk elsősorban a **látótávolság csökkentésében**, a beérkező **napsugárzás szórása** révén annak gyengítésében és így a földfelszín hűlésében nyilvánul meg (a vizsgálatok szerint éves átlagban 0.4 %-kal csökkentik a Föld felületét elérő napsugárzást, vagyis növelik az ún. albedót). A 0.2-10 µm átmérőjű részecskék az atmoszféra ún. zavarosságát idézik elő, ami jelentős mértékben hat az időjárás alakulására. Az aeroszol részecskék nagysága mellett **alakjuk is egészen különböző**, a kondenzációval keletkezők általában gömb alakúak, míg a talaj eredetűek, a felszín mállásával keletkezők formája szabálytalan. Részben ebből adódik az az általános jellegzetességük, hogy **tömegükhöz képest felületük nagy**. A cseppfolyós, ill. a szilárd részecskék a Föld, ill. az óceánok felszínéről (diszpergálódással) kerülnek a levegőbe, de egyéb természetes forrásaik is vannak (pl. vulkánkitörés), ezek mérete általában 1 µm felett van (ún. **durva aeroszolok**). A levegőben lejátszódó kémiai reakciók révén is képződnek, melyek elsősorban kénsav, salétromsav és egyes szerves gőzöket termelnek, s ezek cseppfolyósodásával aeroszolok keletkeznek, melyek mérete általában 1 µm alatt van (ún. **finom aeroszolok**). Hatással vannak a csapadék képződésére annak révén, hogy egyesek nedvszívók, mások nem. **A részecskék száma térben és időben igen változó, függ a részecskék méretétől, a földrajzi szélességtől, a tengerszint feletti magasságtól, az időjárástól.** Óceánok felett 10-100 darab/cm<sup>3</sup> a gyakori koncentráció, míg szárazföldek felett vidéki, közvetlenül nem szennyezett területeken 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup> darab/cm<sup>3</sup>, szennyezett városi levegőben 10<sup>5</sup> darab/cm<sup>3</sup>. Ez az igen csak nagynak tűnő szám, ezért összehasonlításként megjegyezzük, hogy atmoszférikus körülmények esetén 1 cm<sup>3</sup> levegőben 10<sup>19</sup> molekula van. A magassággal az óceánok felett nem változik a koncentráció, szárazföldek felett a magassággal először exponenciálisan növekszik, majd kb. 4-5 km körül állandóvá válik, elérve az óceánok feletti értéket. Így a tengerek felett a levegő 1 m<sup>3</sup>-ében általában 1 µg, szárazföldi levegőben 10 µg tömegű aeroszol részecske található. Az aeroszolok tartózkodási ideje a troposzférában 0.01-0.1 év, a magasabb légrétegekben ennél lényegesen nagyobb (sztratoszférában 0.5-5 év, de a mezoszférában 5-10 év is lehet).

**Egyes esetekben súlyos egészségkárosodást okozhatnak:** irritálják a bőrt, a szemet, a légzőszerveket, allergiát okozhatnak, szöveti elváltozásokat idézhetnek elő a tüdőben (pl. **szilikózis, azbesztózis**). Bontásukra, ill. leválasztásukra alkalmazott műveletek: ülepítés, sűrítés, centrifugálás, koagulálás, szűrés.

**Azbesztózis:** azbesztszálaknak emberi szervezetbe való jutása következtében rosszindulatú daganatok keletkeznek, főleg a mellhártyában és a tüdőben. Az azbeszt rostos, fonalakra szedhető magnézium-szilikát (lényegében tehát különböző szálak szilikátok), belégzéssel a 10-100 µm nagyságú darabok kerülhetnek az emberi szervezetbe.

**Szilikózis:** a szilícium-dioxidot tartalmazó kőzetpor belégzése következtében kialakuló foglalkozási jellegű betegség. Különösen kőpormalmokban, kőfejtőkben, bányákban, cementüzemekben, öntödékben, csiszolóüzemekben dolgozó személyeknél gyakori. Hatására a tüdő légző felülete lecsökken és az erek egy része elzáródik, melynek hatására a szív jobb kamrája és pitvara állandó túlterheléssel kénytelen működni. Megelőzése a porképződés csökkentésével ill. elszívással, egyéni védőeszközök alkalmazásával lehetséges.

**Szilárd halmazállapotú szennyeződések (por, részecskék):** A légzőszervekbe való lejutás eltérő mechanizmusa miatt megkülönböztetjük a 10 µm-nél kisebb részecskéket (**PM10** frakció = Particulate Matter 10 µm) és a **PM2.5** frakciót. A hosszabb ideig lebegve maradó kisebb részecskék neve **szálló por** (e frakció nemzetközi elnevezése: TSP=Total Suspended Particulates). A légkörben lebegő élő szervezetek (baktériumok, vírusok, algák, spórák, pollenek) neve aeroplankton. A természetes, szabad légkörben ezek közül az allergén **pollenek** okozzák a legtöbb gondot. Közismert képviselőjük a **parlagfű** (Ambrosia elatior). Megkülönböztetünk toxikus és közömbös porokat, melyekre eltérő emissziós és immisziós határértékek vonatkoznak (a toxikus porokra természetesen szigorúbb előírások érvényesek). Toxikus hatásúak a biológiailag aktív mezőgazdasági

szerek porai, mint a peszticidek, fungicidek, herbicidek, de toxikus por az ólom is, valamint a különféle rákkeltő vegyületek, elsősorban a 3,4 benzpirén (l. a közlekedéssel kapcsolatban leírtakat).

**Illékony szerves vegyületek (Volatile Organic Compounds; VOC):** a metántól eltérő, olyan szénhidrogén-származékok, melyek gőznyomása 20 °C (293.15 K) hőmérsékleten egyenlő vagy meghaladja a 0.01 kPa értéket ill. a felhasználás körülményei között ezzel azonos illékonyaságúak (l. a 10/2001. (IV. 19.) KöM rendeletet és módosítása a 21/2005. (VIII. 26) KvVM rendelettel: az egyes tevékenységek és berendezések illékony szerves vegyület kibocsátásának korlátozásáról). Károsítják a légzőszerveket, a növényi sejteket, légúti megbetegedést okoznak, irritálják a szemet, a szerkezeti anyagok korrózióját idézik elő. Forrásuk részben természetes is lehet, de a szennyezés meghatározó részét a gépjárművek és az ipar bocsátja ki. A közúti VOC-emisszió mintegy 70 %-a az autók kipufogógázaiból ered, az üzemanyag tökéletlen égése miatt. A további mintegy 30 % a tankolás közbeni ill. a tankból történő elpárolgás eredménye. Kibocsátásuk csökkentésére vonatkozó Genfi Jegyzőkönyvet (1991) Magyarország 1995 szeptemberében írta alá.

## Levegőszennyezés (légszennyezés)

Kibocsátás (emisszió) révén **a levegő minőségét károsan befolyásoló szilárd-, cseppfolyós-, gáz- vagy gőz-halmazállapotú légszennyező anyagok jutnak a légkörbe, s e folyamat a légszennyezés.** Lehetnek **elsődleges és másodlagos légszennyező anyagok.** Az elsődleges légszennyező anyagok közvetlenül a szennyezőforrásból kerülnek a légkörbe. Egy részük a légkörbe jutás után nem megy keresztül kémiai átalakuláson és így változatlan formában ülepednek ki (száraz vagy nedves módon). Másik részük a légkörbe jutást követően a napsugárzás hatására átalakul (fotokémiai reakció) vagy a légkörben jelenlevő más anyagokkal kémiai reakcióba lépnek. Az átalakulás révén a kibocsátottnál károsabb anyagok, vegyületek is keletkezhetnek (szinergizmus). Ezek a másodlagos légszennyező anyagok **A légszennyező anyagok többsége már megtalálható a légkörben** az emberi kibocsátástól függetlenül, káros hatásuk döntően az emberi tevékenységből adódó mennyiségi növekedésükből ered. A leggyakoribb és a legnagyobb mennyiségben kibocsátott légszennyező anyagok: por, pernye, korom, kén-dioxid, nitrogén-oxidok, szén-dioxid és szén-monoxid. A technika fejlődése révén új szintetikus vegyületek is a légkörbe kerülhetnek, melyek új veszélyforrást jelentenek (pl. freonok, illékony szerves, aromás vegyületek). Levegőtisztaság-védelmi szempontból a légszennyezőket - az egészségre és a környezetre gyakorolt hatásuk alapján - veszélyességi szempontból négy csoportba sorolják (l. a vidékfejlesztési miniszter 4/2011. (I. 14.) VM rendeletében), melyek

- **I: különösen veszélyes anyagok;**
- **II: fokozottan veszélyes anyagok;**
- **III: veszélyes anyagok és**
- **IV: mérsékelten veszélyes anyagok.**

Az I. veszélyességi fokozatba tartoznak a leginkább mérgező (toxikus) hatású anyagok (pl. nehézfémek és vegyületeik, a rákkeltő hatású vegyületek, korom stb.), a legkevésbé veszélyesek a IV. veszélyességi fokozatba tartoznak (pl. aceton, etilalkohol, mérgező anyagot nem tartalmazó ülepedő por stb.).

A már említett 306/2010. (XII. 23.) számú Kormányrendelet a levegőre, a levegőszennyezésre, a légszennyező anyagra, a levegőterheltségi szintre és az ún. alap levegőterheltségre a következő meghatározásokat tartalmazza:

- **Levegő:** a troposzférán belüli szabadtéri levegő, kivéve a munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény 87. § 5. pontjában meghatározott olyan munkahely levegője, amelyhez a lakosság rendszeresen nem fér hozzá;
- **Levegőterhelés (emisszió):** légszennyező anyag levegőbe juttatása;
- **Levegőszennyezés (légszennyezés):** légszennyező anyag kibocsátási határértéket meghaladó mértékű levegőbe juttatása;
- **légszennyező anyag:** a levegőben lévő és az emberi egészségre vagy a környezet egészére valószínűsíthetően káros hatást gyakorló anyag;
- **Levegőterheltségi szint (immisszió):** a levegőben valamely légszennyező anyag koncentrációja vagy a légszennyező anyag adott időtartam alatt felületekre történt kiülepedése;
- **Alap levegőterheltség:** a vizsgált légszennyező forrás működése nélkül a környezetben kialakult, jogszabályban meghatározott időtartamra vonatkoztatott átlagos levegőterheltségi szint, amelyhez a vizsgált légszennyező forrás kibocsátásának hatása hozzáadódik.

A légkörbe jutott szennyező anyagok a légkörben elmozdulnak, lokálisan és globálisan terjednek, eloszlanak a légkörben, s ezen ún. **transzmisszió** eredményeként a környezeti levegőben kialakult szennyező anyag koncentráció a **légszennyezettség** vagy az ún. **immisszió**. A **terjedés igen összetett folyamat** (konvekció, diszperzió és diffúzió lép fel), melynek során a kibocsátott szennyezők hígulnak, koncentrálnak és átalakulnak. A szennyező anyagok légköri tartózkodását és terjedését a levegő mozgása, valamint a domborzat határozzák meg. A légköri mozgások kialakulásában a levegő állapotváltozói (hőmérséklet, nyomás, nedvességtartalom) és az időjárási viszonyok a meghatározók, de a **napsugárzás hatására létrejövő hőmérsékletkülönbségnek is nagy hatása van**. E hőmérsékletkülönbség függőleges irányú mozgásokat idéz elő, melynek során a földközeli felmelegedett levegőrétegek felemelkednek és helyükre a magasabb légrétegekből hidegebb levegő áramlik. Ez a függőleges irányú mozgás keveri a troposzférát, biztosítva a különböző szennyező anyagok elkeveredését. A vízszintes irányú légmozgás (a szél) jelentősebb hatása a keveredés szempontjából, mivel sebessége általában sokkal nagyobb, mint a függőleges irányú mozgásoké. Értelemszerűen minél nagyobb a szélesebesség, annál intenzívebb a keveredés. A talaj közelében a szélesebesség mintegy 2 m/s, de a magassággal növekszik és a troposzféra felső részén eléri a 15 m/s értéket is. A tapasztalatok szerint **megfelelő keveredéshez legalább 8-10 m/s levegősebesség szükséges**, amikor a légmozgások turbulens jellegűek. A keveredést jelentősen gyorsíthatják az iránytörések is (pl. erdők, magas épületek stb.). Kis sebességű légáramlás (pl. lamináris áramlás) vagy szélcsend, ill. az ún. **hőmérséklet inverzió, valamint az izotermia kedvezőtlen a szennyező anyagok elkeveredése** (és így hígulása) **szempontjából**. Hőmérséklet-inverzió esetén a magasabban lévő légrétegek hőmérséklete nagyobb, mint az alsó légrétegeké, és ez megakadályozza az alsó légrétegek felemelkedését, vagyis a levegő keveredését. Az **inverziós réteg tehát záró réteggént viselkedik, megakadályozva a függőleges irányú keveredést, a szennyező anyagok hígulását**. Ennek következtében a talaj közeli rétegekben **füstköd** (szmog) alakulhat ki. Ha az **inverziós réteg 700 m alatt van, szennyezés szempontjából veszélyes helyzet** alakulhat ki, míg **300 m alatti inverziónál a helyzet kritikus**. A záró réteg különösen kedvezőtlen kisebb magasságokban. Inverzió **általában kora reggel vagy éjszaka, derült égből és gyenge szél esetén alakul ki a talaj feletti rétegben**. Bizonyos esetekben előfordulhat az is, hogy egy réteg hőmérséklete nem változik a magassággal. Ilyenkor **izotermiáról** beszélünk, mely ugyancsak gátolja a függőleges keveredést (és egyébként a felhőképződést is). A légszennyező anyagok terjedése, hígulása és felhalmozódása döntő fontosságú, meghatározásával, ill. vizsgálatával a meteorológia foglalkozik.

**A levegőszennyező anyagok terjedése a légkörben:** A légmozgás függ a sűrűdástól, mely közvetlenül a földfelszín közelében a legnagyobb, hatása a felsőbb légrétegekben a magasság növekedésével fokozatosan csökken. A felszíntől mért 500-1000 m feletti légrétegben az áramlás sűrűdásmentesnek és stacionáriusnak

(vagyis állandósult állapotúnak) tekinthető. A sűrűlódás mértékére jelentősen hatnak a felszíni egyenetlenségek is, s értéke érdes, szaggatott térszínnek felett nagyobb, egyenletes sík térszínnek felett kisebb. A növényállomány is növelheti a sűrűlódás nagyságát, s lombhullató fákból álló erdők felett értéke nyáron nagyobb, mint télen. A városok beépítettsége, a felszín anyagi minősége, a domborzat és a növényzet megváltoztatják a terjedés körülményeit. Helyi széljárások alakulnak ki a lejtők mentén, kiterjedt vízfelületek és szárazföldek határán.

Az **áramláson belüli rendezetlen mozgásokat turbulenciának** nevezzük, melyet **termikus és mechanikus hatások hozzák létre**. Ennek alapján termikus és dinamikus turbulenciát különböztetünk meg. A **termikus turbulencia** kifejlődésében a **hőmérsékleti rétegződés** hatása meghatározó, minél nagyobb a hőmérsékletgradiens, annál nagyobb az a sebesség, amellyel a keveredés végbemegy. Nappal a besugárzás hatására a földfelszín felmelegszik és a légkör alsó rétege labilissá válik. A melegebb, tehát könnyebb légrétegek felemelkednek és ezek helyébe hidegebb légrétegek süllyednek. A nagy függőleges hőmérsékletgradiensű légtömegekben a talaj közelében is gyakori az élénk turbulens mozgás, ezzel szemben viszont a kis függőleges hőmérsékletgradiensű légtömegekben a gyakori szélcsend és a gyenge áramlás a jellemző. A **dinamikus turbulencia a felszín érdességi elemei (mechanikus hatások) által keltett örvénylő mozgás**. Mértéke a felszíni érdességen kívül a szélesebbé nagyságától is függ, s minél nagyobb a szélesebbé, annál erősebb a turbulencia. A kétféle turbulencia általában egyszerre fordul elő, egyik vagy másik azonban meghatározó lehet adott meteorológiai feltételek esetén. A dinamikai örvényesség szeles éjszakákon jelentős, a termikus örvények pedig meleg nyári napokon uralkodnak.

**Inverzió, izotermia:** Az atmoszféra hőmérséklete normális körülmények esetén a Föld felszínétől távolodva csökken, ez az atmoszféra **hőmérséklet-gradiens**. Ennek értéke **-6.5 K/km**, vagyis kilométerenként 6.5 K-nel csökken a hőmérséklet (más módon kifejezve: -0.15 K/km, tehát 1 K hőmérsékletcsökkenés valósul meg kb. 150 méteren belül). A troposzféra felső határán a hőmérséklet -50 °C, -60 °C. **Hőmérséklet-inverzió** esetén a **magasabban lévő légrétegek hőmérséklete nagyobb, mint az alsó légrétegeké**, és ez **megakadályozza az alsó légrétegek felemelkedését**, vagyis a **levegő keveredését**. Az **inverziós réteg** tehát **záró réteggé** viselkedik, megakadályozva a függőleges irányú anyagcserét, keveredést, a szennyező anyagok hígulását. E gátolt keveredés következtében a talaj közeli rétegekben **füstköd** (szmog) alakulhat ki. Ha az **inverziós réteg 700 m alatt** van, szennyezés szempontjából **veszélyes helyzet** alakulhat ki, míg **300 m alatti inverziónál a helyzet kritikus**. Bizonyos esetekben előfordulhat az is, hogy egy-egy réteg hőmérséklete nem változik a magassággal. Ilyenkor izotermiáról beszélünk, mely ugyancsak gátolja a függőleges keveredést (és egyébként a felhőképződést is).

## A levegőszennyezés forrásai

A különféle szennyezőanyagok természetes folyamatok eredményeként, ill. az emberi tevékenység eredményeként kerülhetnek a légkörbe, az oxigén- és a szén-háztartás alakulását elsősorban a növényzet, másodsorban az állatvilág döntő módon befolyásolja. A légkörbe jutó szennyező anyagok tekintélyes része **természetes (vagy biogén) eredetű**. Így pl.

- a **hidroszféra** aeroszolt, ill. vízcseppeket - s ezzel együtt természetesen a megfelelő só ionokat - juttat a légkörbe. A tengeri eredetű légtömegekben ezeknek az anyagoknak viszonylag magas a koncentrációja. A tengeri élővilág nagy mennyiségű anyagcsere terméket is termel, melyek oldódnak a vízben, s onnan a légkörbe távoznak. Ezek közül a szén-dioxid a legfontosabb.
- a **litoszféra** (földkéreg) felületéről főleg szilárd szennyező anyagok származnak. A sivatagi és a tengeri homok (SiO<sub>2</sub>) az időjárástól függően gyakran igen nagy koncentrációban van jelen a légkörben. A talajok pora szerves alkotórészeket is tartalmaz, főleg azonban ásványok porából, karbonátokból, szulfátokból és oxidokból áll (pl. CaCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, MgCO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, SiO<sub>2</sub> stb.).
- **egyéb: Vulkanai tevékenység** során porok, gőzök és gázok (H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, HCl, CO, CO<sub>2</sub>) jutnak a levegőbe. **Sztyeppék, bozótok, erdők tüzeinek** égéstermékei a szén-dioxidon kívül kormot, ehhez kapcsolódva karcinogén (rákkeltő) szén-hidrogéneket hordoznak. A növények és az állatok **bomlástermékei** – mint pl. ammónia, kén-hidrogén, aminok és merkaptánok stb. - gyakran bűzösek (főleg a kéntartalmúak). Kis szénatom-számú, egyszerű szén-hidrogének részben **gázkitörések**, részben szerves

bojlástermékek révén kerülnek a levegőbe. Közülük a metán jelentős koncentrációban van jelen a légkörben (l. előbb, kb. 2 ppm).

A 306/2010. (XII.23.) Kormányrendelet szerint a **természetes forrásból származó levegőterhelés**: olyan légszennyező anyag kibocsátása, amelyet közvetlenül vagy közvetve nem emberi tevékenység okozott, így különösen olyan természeti jelenségek, mint a vulkánkitörések, szeizmikus tevékenységek, geotermikus mozgások, bozóttüzek, tőzegtüzek, szélorkánok, továbbá a tengeri porzó víz vagy a száraz régiókból a természetes eredetű por légköri felkeveredése vagy a légköri folyamatok általi elszállítás;

A **mesterséges eredetű** levegőszennyeződés legnagyobb részét a közlekedés, az ipar és a háztartások tüzelése okozzák, ill. a mezőgazdaság. Részesedési arányuk az idők során változott és változik, mert néhány évtizeddel ezelőtt a közlekedés szerepe e tekintetben nem volt túl jelentős, **ma viszont a fejlettebb államokban a közlekedés a legnagyobb szennyező** (az „autómánia” persze ma már elterjedt a szegényebb országokban is, öregebb „járgányokkal”). Az egyéb eredetű szennyeződések részaránya (de gyakran kibocsátott mennyiségük is) a fejlett országokban már csökken (az ipari szennyezések szabályozása, környezetbarát technológiák alkalmazása, a kevésbé szennyező energiahordozók és technológiák használata az erőművekben, az iparban és a háztartási tüzelésben stb. hatására). Régebben egy ország vagy terület levegőjének szennyezettsége rendszerint iparának fejlettségével volt arányos, a fejlettséget e tekintetben ma már a közlekedési szennyeződés részaránya jellemzi. A gépjárműállomány növekedése azonban nem szükségszerűen növeli arányosan tovább a szennyezettséget (főleg a gazdagabb országokban, de hazánkban is). Pár évtizede a mezőgazdaság csak kismértékű, főleg helyi jelentőségű szennyező volt, ma már a biológiai egyensúly szempontjából veszélyes szennyező forrás.

A **közlekedés** általában port, kormot, különféle szén-hidrogéneket és származékait (pl. kén-dioxid, szén-oxidok stb.) juttat a levegőbe. A belsőégésű motorok közül a dízel-üzemű járművek kipufogógáza nitrogén-oxidokban dús, a gázolaj kéntartalma kén-dioxid alakjában jelenik meg. A benzin üzemű motorok kipufogógázai szén-monoxidot, benzingőzt, aldehideket, egyenes láncú és gyűrűs szén-hidrogéneket tartalmaznak. Az ólom-tetraetil adalékból származó ólom néhány éve még jelentős mennyiségű volt a levegőben, napjainkra azonban már a legtöbb országban, így hazánkban sem adagolják az üzemanyaghoz. A repülőgépek levegőszennyező hatása igen jelentős, különösen a magasabb légrétegekben, valamint a fapados járatok bevezetésével. Utóbbiakkal már megszűnt a gazdagok kiváltsága lenni a repülés, szinte bárki megengedheti magának. A repülés szennyező anyagai: aldehidek, szén-oxidok, korom. Ez a hatás talajközeli rétegeket csak részben érinti (pl. részecskék ülepedése) (l. még a közlekedéssel kapcsolatban leírtakat).

Napjainkban a légi közlekedés utaskilométerenként 450 gramm szén-dioxidot bocsát ki, mely kétszerese a dízelüzemű és a benzinüzemű autókénak, nyolcszorosa a távolsági autóbuszokénak és legalább harmincszorosa a vasúténak. A fapados légi járatok bevezetésével 10 év alatt 80 %-kal nőtt a repülésből származó szén-dioxid kibocsátás Európában. Úgy tartják, hogy a klíma védelme szempontjából sokkal jobb lenne, ha a repülés olyan luxus lenne ismét, amit csak nagyrítván engedhetnének meg maguknak az emberek, mint 20-30 évvel ezelőtt. Az első fapados járat 1995. november 10.-én szállt fel London Luton repülőtéréről Glasgowba, az utasok fejenként 29 fontot fizettek akkor, a repülőtársaságok közötti verseny azóta fokozódik, a klíma kárára!

A **háztartási tüzelés**, a fűtés levegőszennyező hatásának fő oka a tökéletlen elégetés, valamint a hulladék tüzelés, illetve a lignit és az ellenőrizhetetlen összetételű vegyes tüzelés. Egységnyi elégetett tüzelőanyag mennyiség lényegesen több szennyezést okoz, ha kis tüzelő egységekben égetik el, mintha nagyüzemi kazánokban használnák fel (tehát pl. hőerőművekben). Szén használata esetén termelődik a legnagyobb mennyiségű és a legtöbb féle szennyező anyag. Előnyösebb az olajtüzelés és a gáztüzelés, minthogy pl. gáztüzelésnél szilárd szennyeződés gyakorlatilag nem keletkezik, nő viszont a nitrogén gázok emissziója. Az utóbbi évek vizsgálatai szerint hazánkban a PM10 kibocsátás közel 70 %-át a háztartási tüzelés okozza, amíg a PM2.5 80-85 %-a származik e forrásból. E kibocsátók sajátos hatása a



**szennyező források kis magassága**, emiatt a korlátozott hígulás és a közvetlen környezet levegőminőségének erős befolyásolása. Így az időszakosan jelentkező nagymértékű kibocsátás a lakókörnyezet jelentős szennyezettségét okozhatja.

A **mezőgazdaság** részben ugyanolyan anyagokat juttat a levegőbe, mint amelyek természetes körülmények között is keletkeznek (pl. a litoszférából), de a mezőgazdaság kemizálásával (műtrágyák és növényvédő szerek felhasználása stb.) sok új, a természet egyensúlya szempontjából is veszélyeket rejtő szintetikus anyag került alkalmazásra. Ezek biológiailag aktív anyagok, por, ill. permet formájában gyakran kerülnek a levegőbe, különösen a repülőgépes permetezés esetében. Hazánkban mind az ammónia, mind a dinitrogén-oxid kibocsátásában meghatározó a mezőgazdaság 90 % feletti aránnyal, és 10-15 % a részesedése a PM10 kibocsátásban.

Több légszennyező gáz az **ipari termelés**, és a hozzá kapcsolódó balesetek, fűtés és közlekedés következtében kerül a légkörbe. Legveszélyesebbek a kén-dioxid, a fluor és a hidrogén-fluorid, a klór és a hidrogén-klorid, a nitrogén-oxidok és az ammónia, melyek legfőbb forrásai a következők:

- a kén-dioxid főleg kéntartalmú energiahordozók (főleg szén) eltüzeléséből ered. Hatására a fák krónikus károsodást szenvednek.
- a fluor és a hidrogén-fluorid (hidrogén-fluorsav; folyosav) a foszforsav-gyártás, foszforműtrágya gyártás, a kohászat és az alumíniumgyártás káros melléktermékei. Hatásukra krónikus károsodás keletkezik a növényeken.
- a klór és a hidrogén-klorid (sósav) a cellulózgyártásból, a műtrágyagyártásból és szerves anyagok elégetéséből ered. Hatására a szerves anyagok elroncsolódnak.
- a nitrogén-oxidok (vagy nitrózus gázok: NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> stb.) a salétromsavgyártás, a kénsavgyártás, a műtrágyagyártás, az égési folyamatok melléktermékei. Elsősorban a forrás közelében veszélyesek az emberi szervezetre.
- az ammónia elsősorban a műtrágyagyártásból, a karbamid gyártásból, a kokszolóművekből, ill. a mezőgazdaságból ered. Hatására a növények levelei foltosodnak.

A légszennyező anyagok származhatnak pontszerű forrásból vagy diffúz szennyező forrásból. Az emberi tevékenységből eredő ún. antropogén szennyezés mellett tehát igen jelentős a természetben lejátszódó folyamatokból eredő ún. természetes eredetű szennyezés (pl. vulkánkitörés, erdőtüzek, földfelszín porzása, biomasza bomlás), s ezek részarányát a következő táblázat mutatja (többféle adat található az irodalomban, ezeket csak a természeti folyamatokra adtuk meg, az antropogén részarány értelemszerűen változik). A táblázat utolsó oszlopa a fosszilis (vagyis a nem megújuló, azaz a szén, az olaj és a földgáz eltüzeléséből származó) energia-felhasználás hozzájárulásának részarányát szemlélteti az emberi tevékenységből eredő szennyezésen belül.

| Légszennyező anyag | természeti folyamatból | emberi tevékenység révén | Energia-felhasználás révén |
|--------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| nitrogén-oxidok    | 25                     | 75                       | 80                         |
| Metán              | 40 (30)                | 60                       | 15-40                      |
| Ammónia            | 45                     | 55                       | -                          |
| Kén-dioxid         | 55 (30)                | 45                       | 90                         |
| Szénmonoxid        | 50 (13)                | 50                       | 30-50                      |
| Metil-klorid       | 80                     | 20                       | -                          |
| radioaktív anyagok | 90                     | 10                       | 25                         |

|                 |         |   |       |
|-----------------|---------|---|-------|
| dinitrogén-oxid | 94      | 6 | -     |
| Szénhidrogének  | 95 (89) | 5 | 55    |
| szén-dioxid     | 96 (97) | 4 | 55-80 |

A táblázatból megállapítható, hogy a természeti és az emberi eredetű szennyezés mértéke átlagosan közel azonos nagyságú, ezen belül azonban a nitrogén-oxidokra és a metánra az emberi tevékenység, a szén-dioxidra, a szénhidrogénekre, a dinitrogén-oxidra és a radioaktív anyagokra a természeti folyamatok meghatározóak. Ammóniára, kén-dioxidra és szén-monoxidra közelítőleg „egyensúly” van a kétféle kibocsátás között. Húsz európai országra 1990-ben az emberi tevékenységből eredő kén-dioxid 95 %-a, a nitrogén-oxidok 97 %-a eredt a fosszilis energia eltüzeléséből; a Helsinki, az Oslói és a Szófiai Jegyzőkönyvek hatására ez jelentősen lecsökkent, amint korábban írtuk is. Az emberi tevékenység káros hatása abban áll, hogy amíg a természeti folyamatok egyensúlyát a természet öntisztulási folyamatai (vagyis a száraz, ill. a nedves kihullás, amit lejjebb tárgyalunk) helyreállítják, **az emberi eredetű szennyezés viszont megbontja az egyensúlyt**, s káros és visszafordíthatatlan folyamatokat indít el, mellyel az élő szervezeteket közvetlenül károsítja. A légkörbe kerülő nem gázhalmazállapotú anyagok (lebegő szilárd vagy cseppfolyós részecskék, porok) mennyiségét  $1-2.5 \cdot 10^9$  tonnára becsülik, melynek mindössze 15-20 %-a antropogén eredetű.

**A levegő öntisztulása (természetes tisztulás):** A levegőnek az élő vizekhez hasonlóan van természetes öntisztulása, mely nagy szerencse, hiszen ha a légkörbe jutó idegen anyagok változatlan formában az atmoszférában maradnának, akkor a levegő összetételének változása miatt viszonylag rövid idő alatt alkalmatlanná válna az ember és más élőlények számára. Az öntisztulás révén tehát a légkörbe kerülő anyagok és a légtérben jelen lévő anyagok mennyiségében dinamikus egyensúly alakul ki és így a légtérben jelen lévő mennyiség időben állandósul. Ha a szennyező anyagok kibocsátása megnő, új egyensúlyi helyzet áll be, melynél a levegőben lévő szennyező anyag-tartalom az előzőkhöz képest magasabb. Fontos kérdés az, hogy az új egyensúlynak megfelelő atmoszférát és ennek következményeit a jelenlegi élővilág és az ember hogyan viseli el. Nem kell nagyméretű változásoknak bekövetkeznie a légállapotban ahhoz, hogy néhány generáció múltán az ökoszisztémákban már valóban látványos változások következzenek be. Ez a levegőszennyeződés egyik nagy problémája, melynek veszélyessége lappangó voltában van.

### **Hazai kibocsátások (Kiotói vállalások és teljesítés; elfogadás: 1997.; hatályba lépés: 2005.))**

Hazánk a **Kiotói Jegyzőkönyv**ben felsorolt üvegházhatású gázok kibocsátására **6 % csökkentést vállalt**, melyekre Magyarország is évről évre elkészíti kibocsátási leltárát – más aláíró államokhoz hasonlóan -, az Éghajlat-változási Kormányközi Testület által kidolgozott módszertan alkalmazásával, és azt a kapcsolódó jelentéssel együtt benyújtja az ENSZ számára. A leltár – melyet egyébként az Országos Meteorológiai Szolgálat állít össze, több közreműködővel – értelemszerűen az emberi tevékenységből eredő kibocsátásokat foglalja magába, minőségét nemzetközi szakértők rendszeresen ellenőrzik. A benyújtott jelentés az ENSZ honlapján hozzáférhető. A következő három táblázat e leltár alapján tartalmaz adatokat, melyben HFC a fluorozott szénhidrogének jele, a PFC a perfluor-karbonátok jele. Az adatok 1985 és 2017 közötti évekre vonatkoznak, az utolsó sor a változás mértékének bemutatására és értékelésére szolgál. Az **1985/87** az ún. **bázisév**, mely a vállalás alapjául szolgál a szén-dioxidra, a metánra és a dinitrogén-oxidra, míg fluorozott vegyületekre 1995.

#### **Előadáson kiadott táblázatok**

A táblázat alapján az **üvegházhatású gázok hazai kibocsátása 2017-ben** szén-dioxid egyenértékben mintegy **64 millió tonna** volt, így egy főre vetített éves érték közel **6.5 t/fő**, mely kisebb az európai átlagos értéknél (mint szén-dioxidból is). A kibocsátás 42 %-kal kisebb a viszonyítási alapként szolgáló alapadatnál. Tehát a vállalt 6 % csökkenést **már jóval túlteljesítettünk**, komolyabb erőfeszítések nélkül. A táblázatból az is jól látható, hogy **a vállaltak teljesítése már 1990 előtt megvalósult, a Jegyzőkönyv „megszületése” előtt**

(1997). Ez a nemzetközi emisszió-kereskedelemhez, a bevétel pedig a környezetvédelmi beruházásokhoz szolgált alapot (bár kevés konkrétumot tudunk erről mostanában – talán nem helyesen)! **Kibocsátásunk 1992-2005 között közel állandó volt, majd nagyobb mértékben csökkent, a hazánkat erőteljesen érintő gazdasági válság hatására** (az ország gazdasági teljesítménye 2014-ben érte el a válság előtti 2008-as szintet, bár a gazdasági növekedés előbb megindult), de az **utóbbi években ismét emelkedett. A kibocsátásban a szén-dioxid a meghatározó, a teljes kibocsátás 78 %-ával, a metán 12 %-ot és a dinitrogén-oxid 7 %-ot tesz ki.** Kibocsátásunk szén-dioxidból 42 %-kal, metánból 39 %-kal, dinitrogén-oxidból 57 %-kal csökkent a bázisévhez viszonyítva. Utóbbi jelentősebb része 1995 előtt következett be, azt követően a dinitrogén-oxid kibocsátást lassú növekedési és csökkenési hullámok jellemzik. A szén-dioxid fő forrása a fosszilis tüzelőanyagok használata, beleértve a közlekedést is, a metán a hulladéklerakókból, az állattartásból (főleg szarvasmarha) és a földgáz felhasználás veszteségeiből, a dinitrogén-oxid a mezőgazdasági talajokból (ahol talajbaktériumok állítják elő) és a nitrogén tartalmú műtrágyákból, a trágyakezelésből és a vegyipari termelésből (salétromsavgyártás) kerül a levegőbe. **A fluorozott vegyületek (HFC-k, PFC-k) és a kén-hexafluorid együttesen 3 %-ot képviselnek** a kibocsátásban. Figyelemre érdemes, hogy a HFC-k és a kén-hexafluorid kibocsátása jelentősen növekedett az időszak első felében, a PFC-k kibocsátása az utóbbi évtizedben közel nullára csökkent. A HFC-eket (már említettük) a hűtőtechnikában és a klimatechnikában (lágyműfreonok), a kén-hexafluoridot elektromos berendezésekben használják (kapcsolószekrények és transzformátorok szigetelésére, elektromos ívek oltására). A következő táblázat utolsó sorával összehasonlítva látható, hogy a **nyelők** (földhasználat, erdők) hazánkban **közel 5 millió tonna szén-dioxidot vonnak ki a légkörből**, kibocsátásunk közel 10 %-át.

**Szén-dioxid kibocsátásunk (CO<sub>2</sub>)** 1980-ban 92 millió tonna volt, mely az 1990-es évek közepére 55-60 millió tonna közötti értékre csökkent és közel egy évtizedig e szint körül ingadozott (az 1980-as mennyiség 65 %-a). Csökkenés jelentkezett már az 1980-as években is, de erőteljesebb volt az 1990-es évek fordulóján. Ez számos ok hatására állt elő, mint az ipari termelés csökkenése a rendszerváltás éve körül, a Paksi Atomerőmű üzemelése (blokkonként 1983. augusztus 08. és 1987. november 11. között), a felhasznált energiahordozók szerkezetének megváltozása (a szénhidrogének - kőolaj, földgáz - nagyobb arányú felhasználása), az ipari szerkezet megváltozása, az energiafelhasználás hatékonyságának növekedése. Ezek hatására a lakossági és az erőműi kibocsátás kisebb mértékben, az ipari és a mezőgazdasági kibocsátás nagyobb mértékben csökkent, a közlekedési és a szolgáltatási kibocsátás viszont növekedett, mivel a személygépjármű állomány erőteljesen nőtt. Kibocsátásunk 2017-ben 50 millió tonna (ezt megelőzően 2011.-ben haladta meg ezt az értéket valamivel, a közbenső években ennél kisebb értéket sikerült teljesítenünk), így ez egy főre vetítve kb. 5 t szén-dioxid/év (a világátlag kb. 4.5 t/év, mely növekedett az utóbbi években). Ez mintegy **58 %-kal kisebb az 1980-as évek átlagánál.** Szén-dioxid kibocsátásunk a világon kibocsátott mennyiségnek alig 0.15 %-a ( a világon ebben az évben kibocsátott mennyiség 33 milliárd tonna volt), az egy főre jutó kibocsátással viszont a jelentősebb kibocsátók közé tartozunk, bár Európában ez alacsonynak számít. Ha viszont ezt az egy főre jutó nemzeti össztermékre (éves GDP/fő), akkor bizony a nyugat-európai szint körül vagyunk, ami a kisebb hatékonyságú energiafelhasználást mutatja. Így a politika által hangoztatott állítással ellentétben egyáltalán nem vagyunk elhanyagolható kibocsátók! Tehát nekünk is vannak e területen feladataink, nemcsak a szomszédoknak (NIMBY). A Párizsi Megállapodás kapcsán szokásos a kibocsátást az 1990.-ik évihez hasonlítani, így ehhez viszonyítva a 2017.-ik évi kibocsátásunk 34 %-kal kisebb (tehát annak 66 %-a (de álltunk már ennél jobban is, ami a leírtakból következik).

A **metánkibocsátás** lassan, de folyamatosan csökken, és 2017-ben szén-dioxid egyenértékben 7.5 millió tonna volt (a bázisév adatának 61 %-a). A valós kibocsátás 301 ezer

tonna. Ennek közel harmadát a szennyvízkezelés és a hulladékgazdálkodás adja, ugyancsak harmada a mezőgazdaságból ered (beleértve az erdőgazdálkodást és a halászatot is), a többi rész sok kis kibocsátótól származik (nagyobbak: háztartások és villamos-energia ipar 22-23 ezer tonnával). Emlékeztetőül: a metán sokszorosan felülmúlja a szén-dioxid légkörmelegítő hatását, az emberi tevékenységből eredő kibocsátás révén koncentrációjának növekedése jelentősen meghaladja a szén-dioxid koncentrációjának növekedését!

A következő táblázat a kibocsátási források szerint tartalmazza az adatokat, melyből kiderül, hogy **az üvegházhatású gázok kibocsátásának 72 %-a az energiszektorból ered (nem meglepően), 11-11 % a mezőgazdasági kibocsátóktól ill. az ipari folyamatokból származik, a hulladékok kezeléséhez 5 % kapcsolódik.** A vizsgált időszakban mind az energetikai, mind az ipari, mind a mezőgazdasági kibocsátás 50-60 %-kal csökkent. Az utóbbi években az energetikai területen bekövetkezett csökkenéshez a villamos-energia behozatal és a szélerőművek termelésének növekedése, ebből következően a hagyományos erőművek termelésének erőteljes csökkenése járult hozzá. Az adatok szerint az **energiafogyasztásból eredő kibocsátás** közel 96 %-a szén-dioxid, a maradék nagyobb része metán és egy kis része dinitrogén-oxid. Az energiafogyasztás szerkezetéből adódik, hogy **a földgáz felhasználás adja a kibocsátás közel felét), a folyékony tüzelőanyagok a harmadát, a szilárd tüzelőanyagok felhasználásából ered a maradék rész.** A közlekedés kibocsátása gyorsan növekedett, kiemelten 1995-öt követően, közel **60 %-kal** nőtt az 1980-as évekhez képest, bár az utóbbi években kissé csökkent. A **mezőgazdasági kibocsátás** részaránya a teljes kibocsátásban lassan, de folyamatosan csökken. Az **ipar is egyre kisebb részarányt képvisel** az üvegházhatású gázok kibocsátásában, a legnagyobb ipari kibocsátók a salétromsav-, a cement- és az ammóniagyártás. **A mezőgazdaság és az ipar kibocsátása folyamatosan csökken,** különösen jelentős volt a csökkenés 1995 előtt. A **hulladékok lerakásából eredő kibocsátás folyamatosan nő.** Ez nem váratlan, hiszen a hulladékok kezelése messze nagyobb hangsúlyt kap az utóbbi évtizedekben. A kibocsátás jelentős része a szilárd hulladékok lerakásából származik (80 %), kisebb részt képvisel a szennyvízkezelés (18 %) és a hulladékégetés (2 %). A szilárd hulladékok lerakása az utóbbi 10 évben jelentősen csökkent, melynek hatására már a kibocsátás is csökkenni kezdett, erősen hatva a metán kibocsátására (sokáig hatottak a korábban szabálytalanul lerakott hulladéktelepek).

A következő táblázat az **indirekt üvegházhatású gázok** kibocsátására tartalmaz adatokat (kivéve az 1980-as évet).

A **kén-dioxid kibocsátás (SO<sub>2</sub>)** 1980-ban kb. 1600 kt volt, mely az erőművek jelentősen csökkenő kibocsátásának (nagy kéntartalmú fűtőanyagok, mint pl. a nagyon kénes olajok és a nagy kéntartalmú hazai szenek felhasználásának csökkenése, mely utóbbi tömegalapon akár 4 % is lehet) eredményeként és főleg a Paksi Atomerőmű üzembe helyezésének következményeként csökkent 1989/1990-re mintegy 829 kt értékre, az 1980-as érték felére. Az elmúlt két évtizedben igen jelentősen csökkent az egyéb eredetű kén-dioxid kibocsátás is, döntően a gáztüzelés terjedésével, illetve azért, mert a benzin és a gázolaj kéntartalma jelentősen csökkent az ezredforduló környékén. **Nemzetközi kötelezettségeinket** (Helsinki, 1985; Oslo, 1994) már régen **túlteljesítettük, napjainkban 25-30 kt körül alakul kibocsátásunk.** A kibocsátás csökkentéséhez két erőműben megvalósított füstgáz kéntelenítés is hozzájárult (1999 őszétől egy erőműben, 2004/2005 fordulóján egy második erőműben is).

A **nitrogén-oxidok kibocsátása (NO<sub>x</sub>)** mintegy 280-250 kt/év volt az 1980-as években, mely az 1990-es évek első felében mintegy 30 %-kal csökkent, az utóbbi évtizedben a csökkenés tartós, de igen lassú, 2017-ben a kibocsátás 119 kt volt. A közlekedés és a szolgáltatás kivételével minden területen jelentősen csökkent a nitrogén-oxidok kibocsátása, melyben az ipar és a mezőgazdaság jár élen. **A kibocsátásban a közlekedés a meghatározó, az összes kibocsátás mintegy 60-65 %-ával,** és ezt követik a hőerőművek, az összes kibocsátás 15-16 %-ával. Becsülhető a gépkocsiallomány további növekedése és

használatához történő ragaszkodás (következésképpen sajnos a tömegközlekedés további térvesztése). Ez a közlekedési eredetű kibocsátás növekedéséhez vezethet. Így az adatokból következik, hogy **a további csökkentés forrásai elsősorban a közlekedés** fajlagos kibocsátásának csökkentése lehet és kevésbé a hőerőművek, a kis részarányuk miatt. Ez a járműpark erőteljesebb korszerűsítésével, illetve a hőerőművekben tüzeléstechnikai beavatkozásokkal és/vagy nitrogén-oxid mentesítő eljárások alkalmazásával valósulhat meg.

A **szén-monoxid kibocsátás (CO)** 1990-et követően erőteljesen csökkent, különösen jelentősen az utóbbi 10 évben, minden bizonnyal az energiafogyasztás csökkenésének és a tüzelőberendezések (beleértve a járműmotorok) fejlődésének eredményeként. A csökkenésben a szén-dioxid kibocsátás csökkenésében említett tényezők voltak a meghatározók, ezért részletezésüktől itt eltekintünk. Az adatok szerint a **kibocsátásban a gépjármű közlekedés, az ipar és a háztartási tüzelés a meghatározó**. Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a gyakori hiedelemmel ellentétben **a hőerőművek szén-monoxid kibocsátása minimális**, minthogy koncentrált és így jól kézben tartható forrásokról van szó, kibocsátásuk az összes kibocsátásban 2-3 %-ot tesz ki. A **füstgázokban a szén-monoxid jelenléte egyértelműen tökéletlen égésre utal**, melynek persze több oka is lehet, de a lényege az, hogy a szén nem ég el teljesen.

A (nem metán) **illékony szerves vegyületek (NMVOC vagy csak VOC)** kibocsátása a múlt század utolsó két évtizedében jelentősebben csökkent, majd az ezredfordulót követően lassabban. Ebben néhány kisebb kibocsátó mellett **több jelentős kibocsátó** van, így a **közlekedés** 35-40 %-kal, az **oldószerhasználat** 20-30 %-kal, a **kommunális fűtés** 10-15 %-kal, és az utóbbi években többszörösére növekvő **ipari terület** 23 %-kal. E területek az összes kibocsátás 95 %-át adják. Nemzetközi kötelezettségeinket **teljesítettük**.

Az **ózonréteget károsító anyagok** I. csoportjába tartozó vegyületek (**freonok**) felhasználása 1990-ben 4.4 millió tonna volt, mely erőteljesen csökkent és **1998-ban megszűnt felhasználásuk**. Ugyancsak megszűnt a II. csoportba (halonok) tartozó anyagok felhasználása. A **Montreáli Jegyzőkönyvben foglaltakat hazánk végrehajtotta**. Ezzel értelemszerűen megnőtt más helyettesítő komponensek kibocsátási mennyisége (III. csoport, a HFC vegyületek, vagy lágy freonok). Az ózonréteget károsító anyagok gyártását, kibocsátását kormányrendelet tiltja (kivételekkel), de rendelkezik engedélyhez kötött további felhasználásukról is (94/2003. (VII. 2.) kormányrendelet az ózonréteget károsító anyagokról).

Az **ammónia** kibocsátása az utóbbi években 80-90 ezer t/év tartományban mozog, melynek 90 %-a mezőgazdasági eredetű, a maradék döntő része a háztartásokból származik. Jelentősebb, mintegy 35-40 % csökkenés a rendszerváltást követő két-három év alatt következett be, mely minden bizonnyal a sertésállomány rendkívül drasztikus és a szarvasmarha állomány kisebb mértékű csökkenésének következménye.

A troposzférikus ózon keletkezését előidéző anyagok összefoglaló neve **ózonelőanyagok (ózonprekurzorok)**, melyek a nitrogén-oxidok, az illékony szerves anyagok, a szén-monoxid és a metán, kibocsátásukat összesítve külön is vizsgálják, mennyiségüket ekkor VOC-egyenértékben számítják. Az összes kibocsátás 1990-ben 385 ezer tonna volt, 2017-ben 358 ezer tonna, melyből mintegy 150 ezer tonna a háztartásokból eredt. Nagyobb kibocsátók még a mezőgazdaság, a villamos-energia ipar és a szállítás-raktározás

A **porkibocsátás** (szilárd anyag kibocsátás) 1980 körül 600 kt/év körül volt, ami az erőteljes ipari beruházások hatására 1990-re harmadára csökkent. Ennek mintegy harmada lakossági és ugyancsak harmada ipari jellegű kibocsátás. A csökkenés azóta is következetesen tart, és 1995-re az 1980-as érték negyedére, míg 2000-re annak 20 %-ára csökkent. **A kibocsátás csökkenésében meghatározó volt az erőműi és a cementipari kibocsátás igen jelentős csökkentése**. Ez 1980-ban 220 kt/év volt, mely 1985-re közel felére, 1990-re hetedére, míg 1995-re tizedére csökkent. A 2000-es években valamelyest ugyan növekedett, ma viszont nem haladja meg az 1 kt értéket (az adatokat egészen kerekítve adtuk meg, a

szokásos kerekítési szabályok szerint). Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy az erőműi kibocsátás nagymérvű csökkenése határozottan **tudatos gazdasági és mérnöki tevékenység eredménye**, minthogy a korábbi porleválasztó berendezéseket elektrosztatikus porleválasztókkal váltották fel az 1980-as években, és lényegében hasonló folyamat ment végbe cementgyárainkban is. A kibocsátás csökkenéséhez természetesen hozzájárult a tüzelőanyag szerkezetváltás is. **Országos szinten a porkibocsátás a 90-es évek második felétől gyakorlatilag állandó szinten van 140-120 kt/év tartományban, nagyon lassan csökkenő tendenciával, melyből a 10 µm méretnél kisebb részecskék közel 70 ezer tonnát, a 2.5 µm méretnél kisebb részecskék 50 ezer tonnát jelentenek.** Ennek közel 60-80 %-a lakossági kibocsátás, a maradék mezőgazdasági, feldolgozóipari, építőipari és szállítási eredetű. Így tehát a további csökkentés főbb forrásai is e területek lehetnek, elsősorban az ipari kibocsátást kell (és lehet) csökkenteni. Megjegyezzük viszont, hogy a **nagyvárosok (így hazánkban is) meghatározó problémája a közlekedés másodlagos porszennyezése.**

A **nehézfémek** légköri kibocsátásának korlátozásáról szóló 1998. évi Aarhusi Jegyzőkönyv a **kadmium**, az **ólom** és a **higany** ipari forrásokból, technológiai folyamatokból, hulladékok égetéséből és a közlekedésből származó kibocsátásának csökkentését írta elő. Hazánkban az ólommentes benzin teljes körű bevezetésével **az ólomemisszió a korábbi töredékére esett vissza**, konkrétan az 1980-as évek beli 600 tonna körüli éves kibocsátás 1992-től mintegy harmadára, majd további csökkenéssel napjainkra néhány százalékára csökkent (3-4 %). A kadmium és a higany hazai kibocsátása minimális, ezért ezekre külön intézkedést hazánkban nem kellett tenni.

Összefoglalóan megállapítható, hogy az ország légszennyezettségét az ipari (beleértve az erőműveket is), a kommunális, a háztartási, a mezőgazdasági és a közlekedési szennyező anyag kibocsátások határozzák meg. Az ipari eredetű légszennyezés részaránya a legtöbb szennyező komponens tekintetében csökkent, a nemzetközi egyezmények és a levegőtisztaság-védelmi intézkedések eredményeként a régebben fő veszélyforrásnak számító kén-dioxid kibocsátás igen jelentősen csökkent, mely egyébként egész Európára jellemző. A kommunális és **háztartási fűtés**, tüzelés területén elterjedt a gáz használata, mely kedvezőbb a légszennyezés szempontjából. E kibocsátók hatása a **szennyező források kis magassága miatt a közvetlen környezet levegőminőségének alakulásában meghatározó**, továbbá az egyedi fűtés, a még előforduló kevésbé környezetbarát energiahordozók használata, a korlátozott hígulás és az időszakosan nagymértékű emisszió a **lakókörnyezet jelentős szennyezettségét okozhatja**. Ezen okok következtében jelentősen csökkent a **por, a korom, a kén-dioxid, a nitrogén-oxidok és a szerves illékony anyagok kibocsátása, kisebb mértékű a csökkenés a szén-monoxid kibocsátásában**. A kibocsátásban meghatározó szerepe van a gépjármű közlekedésnek, mely az utóbbi 20-25 évben az egyik legjelentősebb légszennyező forrássá vált. Ugyanis a **gépjármű használat adja a szén-monoxid 70, a nitrogén-oxidok 60, a illékony szerves vegyületek 35 és a por 15 %-át**. A kibocsátott mennyiségek mellett a szennyező anyagok kibocsátásának helyét, terjedését, hígulását és kiülepedését is figyelembe véve **ma hazánkban a legveszélyesebb kibocsátó forrás a gépjármű közlekedés**. Ezt némileg enyhíti a korszerű gépkocsik terjedése (katalizátor, kisebb fogyasztás, ólommentes és kénmentes üzemanyag). Az országban a **legsúlyosabb légszennyezettség egyes települések, elsősorban a nagyobb városok** (pl. Budapest, Dunaújváros, Miskolc, Oroszlány, Pécs, Százhalombatta, Tiszaújváros stb.) **belső területein, a nagy forgalmú utak mentén - leginkább csúcsidőben - alakul ki**, ahol a közlekedési kibocsátások mellett ipari nagykibocsátók is vannak. Több település levegőjében jelentős mértékben vannak jelen nehéz fémek is (Pb, Ni, V, Cr, Cu, Zn), melyek a közlekedésből, erőműi tüzelőolajokból és ipari tevékenységből erednek. Az **ózon** a mérések szerint nyári időszakban **esetenként felhalmozódik a települések levegőjében**. A nagyobb városokban

néhány éve folyó mérések szerint a szén-monoxid koncentráció lényegesen kisebb a várakozásokhoz képest, csak néhány esetben haladja meg a megengedett mértéket. A **városok belterületén gyakran magas az inhalációs porfrakció (PM10) koncentrációja**, s ez stagnáló jellegű. Kevés ismeretünk van a policiklikus aromás szénhidrogének (PAH) mennyiségéről, viszont ismert, hogy forgalmas helyeken időnként jelentős a koncentrációjuk.

Összefoglalva az utóbbi évtizedek tendenciáit, a főbb megállapítások:

- csökkent a szennyezettség az erősen szennyezettnek ismert borsodi és észak-dunántúli iparvidéken, s javult a baranyai régió helyzete is, így a korábban jellegzetes délnyugat-északkeleti szennyezett tengely ma már nem jellemző;
- továbbra is kiemelkedő a fővárosi agglomeráció és az észak-dunántúli iparvidék terhelése, mindkettő összefüggően szennyezett területnek tekinthető;
- az utóbbi évtizedben mind a kén-dioxid, mind a nitrogén-oxidok kibocsátása csökkent, de ezen belül megnőtt a közlekedés nitrogén-oxid kibocsátásának aránya, illetve az utóbbi években a nitrogén-oxid kibocsátás csökkenése megállt;
- a nagy forgalmi közutak jelentős szerepet játszanak a közvetlen környezetük és a nagyobb települések levegőjének szennyezettségében;
- a nagyobb városok belterületein és a forgalmas útvonalak mentén a légzési zónában - az időjárás és a forgalmi helyzet függvényében - jelenleg is nagy szennyező anyag koncentrációk mérhetők, helyenként növekvő gyakorisággal;
- megszűnt az ólomszennyezettség, mely az utóbbi évek legnagyobb eredménye;
- jelentősek a nyári, felszín közeli ózonkoncentrációk, amelyek a városokban többször túllépik a megengedett értéket;
- a nyári ózon koncentráció és a túllépések gyakoriságának növekedése mutatja, hogy a gépjárműforgalomnak a légszennyezettségben (NO<sub>x</sub>, CO, VOC) játszott szerepe növekedik.

Nemzetközi összehasonlítás alapján **Magyarország** az alap légszennyezettség tekintetében **Európa közepesen szennyezett területei közé tartozik**. Az alapterhelés mintegy 40 %-a a határokon túlról érkezik az országba. Az immisszió-mérő hálózat adatai alapján jó áttekintésünk van a települések levegőminőségéről. A rendszeres mérések kezdetétől az 1980-as évek végéig a szennyezettség területi eloszlása az országban lényegében változatlan képet mutatott. A rendszerváltást követően létrejött változások hatására a korábban összefüggően szennyezett területek, ipari régiók „felhígultak”, viszont **valamennyi 100 ezernél több lakosú városunk és számos más város levegője elszennyeződött**. Így a korábban tisztának tekintett délkeleti országrész települései közül is többnek romlott a levegője. Országosan az elmúlt években kedvező változások mentek végbe.

## Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia

Az ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezmény (Rió, 1992) és a Kiotói Jegyzőkönyv (Kiotó, 1997) elfogadásából adódó feladatok végrehajtásáról Magyarország a 2007. évi LX. Törvényben rendelkezik. A Törvény: 3. paragrafusa előírja a **Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia (NÉS)** elkészítését, mely lényegében hazánk felkészülési terve a globális felmelegedési válságra. E paragrafus kimondja, hogy „az Országgyűlés az éghajlatváltozással kapcsolatos célok, eszközök, prioritások, így különösen az éghajlatváltozással, azt kiváltó folyamatokkal és a hatásokkal kapcsolatos hazai kutatásokkal, az üvegházhatású gázok hazai kibocsátásainak csökkentésével és az éghajlatváltozás hazai hatásaihoz való alkalmazkodással, valamint a hazai hatásokra való felkészüléssel kapcsolatos feladatok, és ezen célok végrehajtásához szükséges eszközök meghatározása érdekében Nemzeti Éghajlat-változási Stratégiát fogad el”. A **NÉS tudományos megalapozását „A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok” VAHAVA (VÁltozás-HATás-VÁlaszok) kutatási**

projekt adja meg. A **VAHAVA** a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium valamint a Magyar Tudományos Akadémia közös kutatási programja. Kidolgozása 2003-ban indult meg, sok száz kutató bevonásával, a NÉS-t az Országgyűlés 2008. március 18.-án fogadta el, mely 2008-2025 közötti időszakra vonatkozik. A NÉS legfontosabb céljai a nemzetközi kötelezettségek teljesítése, az éghajlatváltozást okozó hatások elleni küzdelem, az üvegházhatást kiváltó gázok kibocsátásának csökkentése és a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás. A NÉS végrehajtása érdekében a mindenkori kormány két évente **Nemzeti Éghajlat-változási Programot (NÉP)** fogad el. A NÉS Magyarország középtávú klímapolitikájának **három fő cselekvési irányát** jelöli ki:

- az éghajlatváltozást kiváltó gázok **kibocsátásának csökkentése**, a termelés és a fogyasztás anyag- és energia-igényességének jelentős csökkentésével;
- a már elkerülhetetlen éghajlatváltozás **kedvezőtlen ökológiai, társadalmi és gazdasági hatásai elleni védekezés**, továbbá az alkalmazkodóképesség javítása;
- **az éghajlatváltozás társadalmi tudatosítása és a klímatudatosság erősítése.**

A NÉS minden gazdasági ágazatot és társadalmi csoportot érint. Ezért a vonatkozó stratégiai célokat, feladatokat minden szektor (és tárca) tevékenységébe integrálni kell. Ennek elősegítésére a környezetvédelmi és vízügyi miniszter vezetésével **tanácsadó testület** jött létre, melynek 9 minisztérium képviselője, továbbá delegált képviselők a tagjai (képviselőt delegál: jövő nemzedékek országgyűlési biztosa, MTA, környezetvédő társadalmi szervezetek, Munkaadók és Gyáriparosok Országos Szövetsége, Magyar Kereskedelmi és Iparkamara, valamint Magyar Agrárkamara).

Az éghajlat-változási stratégia megvalósítása jelentős pénzügyi forrást igényel. A 2008-2013 közötti időszakban a Környezet és Energia Operatív Program (KEOP) 110 milliárd forintot biztosít energiahatékonysági fejlesztésekre és a megújuló energiát felhasználó beruházásokra. A Zöld Beruházási Rendszer (ZBR) pedig évi több milliárd forintot biztosít klímavédelmi beruházásokra, melyet az állam a kiotói kibocsátási kvótáinkkal való kereskedelemről származó bevételekből fedez. Ehhez adódhat még hozzá az EU kibocsátás-kereskedelmi rendszerében térítés ellenében kiosztott egységekből származó bevétel, mely évente várhatóan 3.3-3.7 milliárd Ft. Ebből a forrásból elsősorban a lakossági és közintézményi területen megvalósuló, illetve a meglévő épületek energiahatékonyságának növelését szolgáló programokat, beruházásokat lehet támogatni.

## Levegőminőség és szabályozása

Az 1995. évi Környezetvédelmi Törvény a levegő védelmére a következő általános előírásokat tartalmazza (22. §):

- „A levegő védelme kiterjed a légkör egészére, annak folyamataira és összetételére, valamint a klímára.
- A levegőt védeni kell minden olyan mesterséges hatástól, amely azt, vagy közvetítésével más környezeti elemet sugárzó, folyékony, légnemű, szilárd anyaggal minőségét veszélyeztető, vagy egészséget károsító módon terheli.
- A tevékenységek, létesítmények tervezésénél, megvalósításánál, folytatásánál, valamint a termékek előállításánál és használatánál törekedni kell arra, hogy a légszennyező anyagok kibocsátása a lehető legkisebb mértékű legyen.”

Ebből következően a légszennyezést okozó tevékenységek tervezése, megvalósítása és üzemeltetése során minden lehetséges intézkedést meg kell tenni a légszennyező anyagok keletkezésének megelőzése illetve kibocsátásuk legkisebb mértékűre csökkentése érdekében. A hazai szabályozás alapelveinek meghatározása során értelemszerűen tekintetbe kellett venni az Európai Unió ide vonatkozó előírásait is, melynek „szabályozási tárgyai” a következők:

- a levegőminőség általános keretei, stratégia,
- egyes szennyező anyagokra vonatkozó levegőminőségi szabályok,
- az ipari létesítményekből eredő levegőszennyezés,
- nagy teljesítményű tüzelőberendezésekből eredő szennyezés (égető-berendezések),
- hulladékégető művek légszennyezése,



- egyes anyagok, termékek kibocsátásának szabályozása,
- mérési módszerek, információszolgáltatás.

A „szabályozási tárgyak” tekintetében az Unió tagjaira alapkövetelmény a teljes megfelelés, tehát taggá válásunk előtt ezeknek létezniük kellett a hazai szabályozásban is. Ez nem jelentette az uniós rendelkezések szó szerinti átvételének követelményét, hanem az általános jogi környezetnek kellett biztosítania az irányelvek teljes mértékű alkalmazását (Bándi, 1999.).

A szabályozás célja értelemszerűen a környezeti levegő minőségének tartós megóvása és javítása, megfelelő minőségű légköri levegő biztosítása az ember, az élővilág és a védendő anyagi javak igényei szerint, az emberi egészség védelme és a környezet állapotának megőrzése érdekében, a levegőszennyezés megelőzésével, csökkentésével, megszüntetésével. Ehhez szükséges meghatározni a légköri levegő megkövetelt minőségi jellemzőit, mint elérendő célt, melyhez igen sokféle követelménynek kell eleget tenni, s értelemszerűen tekintetbe kell venni a műszaki lehetőségeket is. A főbb szempontok a következők:

- egészségügyi, ill. toxikológiai szempontok (a szennyező anyag hatása a hatásidő (expozíció), a koncentráció, a szinergizmus és az antagonizmus stb. függvényében);
- környezetvédelmi szempontok (a természetes és a mezőgazdasági növények, az állatvilág, az ökoszisztémák, az épületek, a műszaki létesítmények, a műemlékek, a műtárgyak, a technológiák védelme a fokozott korróziótól, ill. a káros hatásoktól);
- a szabályozás különféle módjainak alkalmazása (különböző határértékek meghatározása a védendő területek, a behatási időtartamok, a meteorológiai helyzet, a szennyező technológiák szerint, figyelembe véve a kibocsátás csökkentésének technikai lehetőségeit, más előírásokkal összhangban, pl. munkaegészségügy stb.);
- gazdasági szempontok (a gazdaság, ill. az egyes iparágak, az egyes vállalatok, üzemek teherbíró képessége költségek és bírságok tekintetében, ösztönző jelleget is biztosítva);
- jogi szempontok (a határérték megjelenésének jogi formája - mely lehet rendelet, szabvány, irányelv stb. -, hatásköre, a megszegés büntetése, ellenőrizhetősége, mérhetősége).

**A légszennyező anyagok koncentrációját különféle egységekben adják meg,** melyek lehetnek:

$\text{mg}/\text{m}^3$ ,  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ppm (pars per millió, tehát  $10^{-6}$ -od rész)

ahol  $1 \text{ ppm} = \text{cm}^3 \text{ légszennyező anyag}/\text{m}^3 \text{ levegő}$  vagy  $1 \text{ g légszennyező anyag}/\text{t levegő}$

$1 \text{ ppm} = \mu\text{mol}/\text{mol}$  SI egységben

(vagyis a teljes térfogat vagy a teljes tömeg milliomod része, tehát 1 rész a millióból).

Ritkábban, de előfordul a ppb, ill. a ppt használata is ( $1 \text{ ppb} = \text{mg}/\text{t}$ ; SI egységben  $1 \text{ nmol}/\text{mol}$ ;  $1 \text{ ppt} = 1 \mu\text{g}/\text{t}$ ; tehát 1 rész a milliárdból, ill. a trillióból, vagyis  $10^{-9}$ -ed ill.  $10^{-12}$ -ed rész).

A por, köd illetve rost koncentrációt  $\text{darab}/\text{m}^3$ -ben adják meg, a leülepedő por mennyiséget pedig:  $\text{g}/\text{m}^2 \text{ hónap}$ , illetve  $\text{t}/\text{km}^2 \text{ év}$ .

Az előzőekben megadott főbb szempontok kifejtésekor tekintettel kell lenni a tágabb és a szűkebb körzetek, területek sajátosságaira is. Így a tágabb körzet (település, régió, agglomeráció) esetében általában a következőket kell figyelembe venni: a szennyező anyagok fajtái és veszélyességük (toxicitás); a szennyező anyagok jellemző koncentrációi, területi és időbeni alakulása; az érintett lakosság, természeti és anyagi javak; az észlelt egészségkárosodások, ill. környezeti károk; a terület védettségi besorolása; a szennyezettség kiterjedése (helyi, városi, regionális) és tendenciája (hosszabb időre vonatkozó adatsorok

birtokában); a jellemző szennyező források; a meteorológiai tényezők (pl. terjedés stb.); városrendezési, ipartelepítési stb. szempontok; levegőtisztaság-védelmi tervek; lakossági panaszok, kártérítési eljárások stb. A szennyező forrás környezetére, ill. a szűkebb területen tekintetbe vehetők (esetenként az adatbeszerzési forrás megjelölésével): a szennyező forrás helye és környezete (beépítettség, más szennyező üzemek, érintett lakosság stb.); a forrás emissziója (emisszió-bevallás, hatósági mérés, emisszió határérték, bírság); a környező terület immisszió viszonyai, rendszeres vagy időszakos mérések alapján; szennyező anyag-fajták, határérték-túllépések gyakorisága; meteorológiai és helyrajzi viszonyok (terjedési irány, uralkodó szélirány, domborzat stb.); védőtávolságok betartása, védettségi kategória megállapítása; a levegőtisztaság-védelmi berendezések (kéménymagasság, leválasztó berendezés fajtája, hatásfoka, üzemvitele, szennyező technológiai folyamatok zárttá tétele stb.); a tervezett kibocsátás-csökkentési intézkedések (pl. beruházások stb.); technológiai kérdések (felújítás, bővítés, kitelepítés, gyártmány változtatás, technológia korszerűsítés); lehetséges környezeti károk (növénykárok, mezőgazdasági kártétel, korróziós károk); a lakosság körében felmerülő panaszok, esetleges peres eljárások; a lakosság egészségére vonatkozó adatok (házi orvos, szakrendelés, kórház, NÉBIH); korábbi ellenőrzések alkalmával megtett intézkedések végrehajtásának vizsgálata és eredménye. A levegő védelmének szabályait kormányrendelet határozza meg (306/2010.(XII.23.) Kormányrendelet a levegő védelméről).

A szabályozásban az előbbiekből érthetően fontos szerepet kap a **levegő „minősége”**. Ennek jellemzésére olyan **mérhető fizikai és kémiai mennyiségeket** használunk, amelyek a **levegő felhasználása és az emberi egészség szempontjából fontosak**. A levegő minősége hely és idő szerint változik, ezért általában a talaj közeli légréteg minőségét vizsgálják, vagyis azt a réteget, ahol az élőlények élnek, tehát az ún. **légzési zónát**. Ilyen jellemzők lehetnek a **levegő hőmérséklete, nedvességtartalma (relatív vagy abszolút formában) és a különféle szennyező anyagok jelenléte**. Tantárgyunk szempontjából ez utóbbi fontos, melyet a kibocsátás és a terjedés révén a levegőben kialakuló szennyező anyag koncentrációjával jellemezhetünk. Mindezekből következik, hogy a szabályozásnak alapvetően **két ága** van:

- a levegő minőségére vonatkozó előírások (levegőminőségi vagy immisszió normák) és
- a légszennyező anyagok kibocsátására vonatkozó előírások (emisszió normák),

melyek értelemszerűen szoros kapcsolatban vannak egymással, hiszen a minőségi előírások csakis a kibocsátások ezekhez illeszkedő szabályozásával (korlátozásával) tarthatók be. Az előírások tehát megadják a különféle anyagok legnagyobb megengedhető koncentrációját a levegőben, ill. a legnagyobb kibocsátható értékét (mennyiséget), s ez területenként eltérő lehet.

**A levegőminőségi határértékek a levegőben lévő légszennyező anyagok legnagyobb megengedett koncentrációját adják meg (immisszió norma).** A szabályozás szerint ezek lehetnek ún. egészségügyi határértékek és ökológiai határértékek (l. a 4/2011. (I. 14.) VM rendeletben). Az **egészségügyi határérték** a légszennyezettségnek „a tudomány mindenkori szintje alapján megállapított azon mértéke” (legnagyobb koncentrációja), mely az emberi egészségre sem rövid, sem hosszabb távon nem fejt ki káros hatást, s e határértékeket az emberi egészség védelme érdekében be kell tartani. Az **ökológiai határérték szigorúbb** az egészségügyi határértéknél, s a légszennyezettség azon szintje, amelynek túllépése esetén az ökológiai rendszer károsodhat, így tehát az élővilágra és az ökoszisztémára hosszú távon ártalmatlan legnagyobb koncentrációt határozza meg. E két alapvető határérték mellett alkalmazzák még a **tűrészatárt** (mellyel az egészségügyi határérték túlléphető, bizonyos feltételekkel, mely azonban új létesítmények tervezésénél nem alkalmazható), továbbá a

**tájékoztatási és a riasztási küszöbértékeket.** A **tájékoztatási küszöbérték** a légszennyezettség olyan értéke, amely az érzékeny lakossági csoportoknál (mint gyerekek, idősök, légzőszervi-, szív- és érrendszeri betegségben szenvedők, vagy kismamák) egészségügyi problémát okozhat, ezért a küszöbérték túllépése esetén a lakosságot tájékoztatni kell. A **riasztási küszöbérték** a légszennyezettség olyan értéke, amelynek rövid idejű túllépése is veszélyeztetheti az emberi egészséget, ezért a lakosságot riasztani kell és a korlátozó intézkedéseket kell tenni. A tájékoztatás, a riasztás és az intézkedés az önkormányzatok feladata. Az említett rendelet a kiemelt jelentőségű légszennyező anyagokra, az ózonra, egyes rákkeltő légszennyező anyagokra, az azbesztre és az ülepedő porra (PM<sub>2.5</sub>) az ország teljes területére érvényesen meghatározza az egészségügyi határértéket, kivéve az ökológiailag sérülékeny területeket. Az ökológiailag sérülékeny területekre értelemszerűen az ökológiai határértékeket kell alkalmazni. Ilyen ökológiailag sérülékeny területek az erdők és a történelmi borvidékek szőlőtermelő területei, továbbá a természetvédelmi területek, arborétumok, ivóvízbázisok stb. A környezeti hatásvizsgálatok készítéséhez tervezési irányértékeket írnak elő a különféle légszennyező anyagokra (összesen 168). A megadottak mellett a védelmi zónákkal kapcsolatban alkalmazzák még az alsó és a felső vizsgálati küszöbértéket.

A határértékek lehetnek éves, napos (24 órás) és órás (60 perces) határértékek. A rövid idejű (napi illetve órás) határértékek célja az akut egészség- és környezetkárosítás megelőzése, a hosszú idejű (éves) határértékek pedig a krónikus egészség- és környezetkárosítás megelőzését szolgálják.

A következő táblázatok az egészségügyi és az ökológiai, továbbá a tájékoztatási és a riasztási határértékekre szolgálnak tájékoztatásul, a hivatkozott miniszteri rendelet alapján. A rendelet tartalmazza az anyagok azonosító számát is (CAS szám: Chemical Abstracts Service azonosító szám).

### A levegőterheltségi szint egészségügyi határértékei, célértékei, hosszú távú célkitűzései

(forrás: 4/2011.(I.14.) VM rendelet)

#### Kiemelt jelentőségű légszennyező anyagokra:

| Légszennyező anyag                                | Veszélyességi fokozat | Határérték/Tűrés |         |         |
|---|-----------------------|------------------|---------|---------|
|   |                       | órás             | 24 órás | Éves    |
| Kén-dioxid  | III.                  | 250/150          | 125     | 50      |
| Nitrogén-dioxid                                   | II.                   | 100/50           | 85      | 40/50   |
| Szén-monoxid                                      | II.                   | 10000            | 5000/60 | 3000    |
| Szálló por (PM <sub>10</sub> : PM <sub>10</sub> ) | III.                  | -                | 50/50   | 40/20   |
| Ólom  | I.                    | -                | -       | 0.3/100 |
| Higany és szervesetlen vegyületei Hg-ként         | I.                    | -                | -       | 1       |
| Benzol (rákkeltő légszennyező anyag)              | I.                    | 10               | -       | 5/100   |

Megjegyzések:

- a határértékek mértékegysége  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a tűrés a határérték %-ában adott;
- új létesítmények tervezésénél a tűréshatár nem vehető figyelembe;
- új kibocsátáscsökkentési intézkedéseknél a nitrogén-dioxid határértéket kell figyelembe venni;
- a benzolra megállapított órás határérték öt év múlva felülvizsgálatra kerül;

- a lehetséges túllépések száma általában korlátozott, a légszennyező anyagtól függően (pl. a kén-dioxidra az óras határérték a naptári év alatt legfeljebb 24-szer, a 24 órás határérték a naptári év alatt legfeljebb 3-szor léphető túl);
- a kén-dioxidra és a nitrogén-dioxidra az éves határérték meghatározására előírt mérési program: folyamatos mérés vagy legalább heti egy-egy, véletlenszerűen kiválasztott 24 órás mérés, egyenletesen elosztva az év során vagy az év során egyenletesen elosztott, legalább 8 héten keresztül végzett mérés;
- a szén-monoxidra a 24 órás határérték meghatározására előírt mérési program: napi 8 órás mozgó átlagkoncentrációk maximuma, amelyet az óras átlagok alapján készített 8 órás mozgó átlagértékekből kell kiválasztani. Bármelyik nap első vizsgálati periódusa a megelőző nap 17 órától az adott nap 01 óráig tart. Bármelyik nap utolsó vizsgálati periódusa az adott napon 16 órától 24 óráig tart;
- a szálló porra, az ólomra és a higanyra az éves határérték meghatározására előírt mérési program: folyamatos mérés vagy legalább heti egy-egy, véletlenszerűen kiválasztott 24 órás mérés, egyenletesen elosztva az év során vagy az év során egyenletesen elosztott, legalább 8 héten keresztül végzett mérés;
- a benzolra az éves határérték meghatározására előírt mérési program: folyamatos mérés vagy legalább heti egy-egy, véletlenszerűen kiválasztott 24 órás mérés, egyenletesen elosztva az év során vagy az év során egyenletesen elosztott, legalább 8 héten keresztül végzett 24 órás , illetőleg 168 órás mérés.

**Ózonra:**

| Határérték | Célérték | Hosszú távú célkitűzés |
|------------|----------|------------------------|
| 120        | 120      | 120                    |

Megjegyzések:

- a koncentrációk mértékegysége  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- az ózon veszélyességi fokozata I;
- mindegyik érték a napi 8 órás mozgó átlagkoncentrációk maximuma. A maximum értéket az óras átlagok alapján képzett 8 órás mozgó átlagértékekből kell számítani. Az ilyen módon számított 8 órás átlagot arra a napra kell vonatkoztatni, amelyen a 8 órás időtartam végződik, tehát bármelyik nap első vizsgálati periódusa a megelőző nap 17 órától az adott nap 01 óráig tart. Bármelyik nap utolsó vizsgálati periódusa az adott napon 16 órától 24 óráig tart;
- a határértéket 2009. december 31-ig egy naptári évben, hároméves vizsgálati időszak átlagában 80 napnál többször nem szabad túllépni;
- a célértéket 2010. évtől, mint első évtől kezdve hároméves vizsgálati időszak átlagában egy naptári évben 25 napnál többször nem szabad túllépni. Amennyiben a három évre vonatkozó átlagot nem lehet meghatározni teljes és egymást követő éves adatok alapján, akkor a célértékek betartásának ellenőrzéséhez megkövetelt minimális éves adat: egy évre vonatkozó éves adat;
- a hosszú távú célkitűzés egy naptári év alatt mért napi 8 órás mozgó átlagkoncentráció maximuma. A hosszú távú célkitűzés elérésére vonatkozó időpont nincs meghatározva.

**Egyes rákkeltő légszennyező anyagokra:**

| Rákkeltő légszennyező anyag  | 24 órás | Éves              | Célérték |
|--|---------|-------------------|----------|
| Arzén és vegyületei As-ként  | -       | 0.01              | 0.006    |
| Kadmium és vegyületei Cd-ként  | -       | 0.005             | 0.005    |
| Nikkel és vegyületei Ni-ként   | -       | 0.025             | 0.02     |
| 3,4 Benz(a)pirén   | 0.001   | 0.00012           | 0.001    |
| Króm és vegyületei Cr-ként   | -       | 0.05              | -        |
| Berillium és vegyületei Be-ként  | -       | 0.05              | -        |
| 1,3 Butadién   | -       | 2.25              | -        |
| Dioxinok és furánok (2,3,7,8-TCDD: tetraclór-dibenzo-dioxin toxikus egyenértékben kifejezve) | -       | $1 \cdot 10^{-6}$ | -        |
| Tetraclór-etilén (perklór-etilén)  | 250     | 60                | -        |
| Triklór-etilén   | -       | 23                | -        |
| Vinil-klorid   | -       | 5                 | -        |

Megjegyzések:

- a határérték mértékegysége  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , kivéve a dioxinokat és furánokat, melyekre  $\text{pg}/\text{m}^3$  a mértékegység;

- az As, a Cd, a Ni, a Cr, a Be és vegyületeik értelemszerűen belélemezhető formában vannak jelen;
- az első négy légszennyező anyagra a koncentrációt a PM10 frakcióban lévő teljes mennyiség éves átlagában kell meghatározni és a célértéket 2012. december 31-ig kell elérni;
- a rendelet az éves határérték meghatározására - az első négy anyag és a vinil-klorid kivételével - mérési programot ír elő: legalább heti egy-egy, véletlenszerűen kiválasztott 24 órás mérés, egyenletesen elosztva az év során, vagy az év során egyenletesen elosztott, legalább nyolc héten keresztül végzett 24 órás mérés;
- előírás vinil-kloridra: üzemelő, meglévő vinil-kloridot előállító technológia esetében, a telephely határán, az éves egészségügyi határérték  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- valamennyi anyag veszélyességi fokozata értelemszerűen I.

**Azbesztre:**

| 24 órás határérték | Éves határérték |
|--------------------|-----------------|
| 1000               | 1000            |

Megjegyzések:

- az azbeszt kifejezés alatt a következő szálas szilikátokat kell érteni: krokidolit (kékazbeszt) (12001-28-4), aktinolit (77536-66-4), antofillit (77536-67-5), amozit (barna azbeszt) (12172-73-5), tremolit (77536-68-6), ahol zárójelben a CAS számok láthatók;
- a koncentráció mértékegysége  $\text{rost}/\text{m}^3$ ;
- az azbeszt veszélyességi fokozata I;
- a határértékeket pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM: Scanning Electron Microscope) kell ellenőrizni.

**PM<sub>2,5</sub>-re:**

| Éves határérték             | Tűréshatár   | A határértéknek való megfelelés időpontja |
|-----------------------------|--|---|
| $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2008. május 21-én 20 %, majd évente egyenletesen csökkenve 2015. január 1-jére eléri a 0 %-ot. | 2015. január 1.                           |
| $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | -  | 2020. január 1.                           |

- a PM<sub>2,5</sub>-re specifikus kötelezettségeket is előírtak, így előírták a nemzeti expozíciócsökkentési célt, melyet 2020-ra kell elérni; előírták az expozíció koncentrációt  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  értékben, melyet 2015-re kell teljesíteni, valamint előírták a célértéket  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  értékben, melyet 2010. január 1.-ig kell teljesíteni;
- a határértékeket a Bizottság 2013-ban az egészségügyi és környezeti hatásokra, a műszaki megvalósíthatóságra és a tapasztalatokra vonatkozó további információk, valamint a tagállami célértékek fényében felülvizsgálja.

**Az ökológiai rendszerek védelmében meghatározott kritikus levegőterheltségi szintek:**

(forrás: 4/2011.(I.14) VM rendelet)

**Koncentrációk:**

| Légszennyező anyag                         | Éves határérték<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Megjegyzés  |
|--|---|---|
| Kén-dioxid                                 | 20  | betartandó a téli félév (október 1-től március 31-ig) féléves átlagában |
| Nitrogén-oxidok<br>(mint NO <sub>2</sub> ) | 30  | -   |
| Ammónia                                    | 8   | -   |

**Megengedett ülepedések:**

| Légszennyező anyag                       | Éves határérték | Mértékegység |
|--|-----------------|--------------|
| Nitrogén tartalmú vegyületek<br>(mint N) | 25              |              |

|                                    |      |             |
|------------------------------------|------|-------------|
| Kéntartalmú vegyületek<br>(mint S) | 40   | kg/(ha·év)  |
| Aeroszolok                         |      |             |
| Ca                                 | 140  |             |
| Mg                                 | 175  |             |
| Pb                                 | 2.5  |             |
| Cu                                 | 2.5  |             |
| Zn                                 | 10   |             |
| Cd                                 | 0.05 |             |
| Összes sav                         | 4000 | mol/(ha·év) |

**Talaj közeli ózon koncentráció okozta terhelés megengedett értékei:**

| Jellemző érték   | Célérték   | Hosszú távú célkitűzés  |
|--|--|---|
| AOT40, a májustól júliusig terjedő időszak 1 órás értékeiből | a vegetáció védelmére, 2010. évre<br>18000 µg/m <sup>3</sup> ·óra<br>5 éves átlagban | A vegetáció védelmére, 2020. évre 6000 µg/m <sup>3</sup> ·óra |

Megjegyzések:

- akkumulált ózon szennyezettség 40 ppb koncentráció felett (AOT40): a 80 µg/m<sup>3</sup>-t (= 40 ppb) meghaladó és a 80 µg/m<sup>3</sup> órás koncentráció különbségének összege adott időszakban 8 és 20 óra között végzett mérések órás értékeinek felhasználásával számolva (mértékegysége: µg/m<sup>3</sup>·óra);
- amennyiben a célértékre előírt öt évre vonatkozó átlagot nem lehet meghatározni teljes és egymást követő éves adatok alapján, akkor a célértékek betartásának ellenőrzéséhez megkövetelt minimális adat: három évre vonatkozó éves adat.

**Tájékoztatási és riasztási küszöbértékek:**

(forrás: 4/2011.(I.14). VM rendelet)

| Légszennyező anyag                  | Tájékoztatási Küszöbérték | Riasztási Küszöbérték |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Kén-dioxid                          | 400*                      | 500**                 |
| Nitrogén-dioxid                     | 350*                      | 400**                 |
| Szén-monoxid                        | 20 000*                   | 30 000**              |
| Szálló por (PM10=PM <sub>10</sub> ) | 75***                     | 100***                |
| Ózon                                | 180*                      | 240**                 |

Megjegyzés:

- a határérték mértékegysége µg/m<sup>3</sup>;
- az átlagolási időszak szálló porra 24 óra, a többi esetben 1 óra;
- \* három egymást követő órában;
- \*\* három egymást követő órában vagy 72 órán túl meghaladott 400, 350, 20000 és 180 µg/m<sup>3</sup> koncentráció;
- \*\*\* két egymást követő napon és a meteorológiai előrejelzések szerint a következő napon javulás nem várható.

**A lakossági tájékoztatásnak legalább az alábbiakra kell kiterjednie:**

1. Tájékoztatás az észlelt túllépésről:

- a túllépés helye, az érintett terület,
- a túllépés mértéke (a tájékoztatási vagy a riasztási küszöbértékhez viszonyítva),
- a túllépés kezdete és várható időtartama,
- a legmagasabb 1 órás, 8 órás és 24 órás koncentráció

megadásával.

2. Előrejelzés a következő időszakra (napszakra vagy napra):
  - a várható túllépéssel érintett terület,
  - a várható (tájékoztatási vagy riasztási) fokozat,
  - a várható változások szennyezettségi szintben (javulás, stabilizálódás vagy romlás) történő megadásával.
3. Tájékoztatás az érintett lakosság részére a lehetséges egészségügyi hatásokról és a javasolt teendőkről:
  - a veszélyeztetett népcsoportok (óvodás korúak, iskolai tanulók, idősek, betegek),
  - a várható tünetek,
  - az érintett népességcsoportok számára javasolt elővigyázatossági intézkedések,
  - a további információk elérési módjának megadásával.
4. Tájékoztatás a szennyezettség, illetve az expozíció csökkentése érdekében teendő megelőző beavatkozások csökkentésére vonatkozó ajánlásokkal.

Az előírások betartásának ellenőrzésére mérőhálózatot alakítottak ki (monitoring rendszer), mely méri a szennyező anyagok koncentrációjának napi, havi és évi ingadozásait, folyamatosan, szakaszosan, ill. időszakosan (Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat – OLM -, folyamatos - on-line - egyedi vagy hálózatba kacsolt mérőállomásokkal). A levegő szennyezettségét e mérési eredmények alapján minősítik egészségügyi és ökológiai szempontból, s a levegő szennyezett, ha a légszennyező anyagok koncentrációi a megengedett határértékeket meghaladják. A határértéket meghaladó szennyezettség az egészségre és az élővilágra káros lehet. A méréseket megfelelő gyakorisággal kell elvégezni, s általában az egy esztendőn át tartó, mindennapos vagy folyamatos (real time monitoring) mérést kell megvalósítani. A minimálisan elfogadható mérésszám az egyhavi átlag megadásához (ha a mérések egy évnél rövidebb ideig tartanak) nyolc nap, az évi átlag megadásához havonta két nap. A szennyezettség alakulásának napi, heti ritmusát, valamint a csúcserkéket csak a folyamatos üzemű regisztráló mérőeszközök biztosítják. Az értékelést fűtési és fűtés nélküli időszakokra (fűtési időszak: október-március, fűtés nélküli időszak: április-szeptember) külön kell elvégezni. Mivel az átlagok az esetleges csúcserkéket elfedik, vizsgálni kell az időszakban mutatkozó maximális koncentrációkat, ill. a 90%-os kumulált gyakoriságot.

A minősítendő területről, megfelelő állomássűrűség esetén szennyezettség-eloszlási térképet készíthetnek. Ez ábrázolhatja az egyes szennyező anyagok azonos koncentrációit összekötő görbéket (az azonos immisszióval bíró területek körülhatárolása), vagy a határértéket meghaladó koncentrációk gyakoriságát a területen, ugyancsak izo-vonalakkal. A szennyezettség értékeléséhez figyelembe kell venni az érintett, ill. a károsítható népességet, a természeti és a mezőgazdasági környezetet, az anyagi javakat. A levegőben egyidejűleg jelen lévő szennyező anyagok nem egymástól elszigetelten fejtik ki hatásukat, minthogy biológiai, egészségügyi szempontból szinergizmus is felléphet.

Budapesten összesen 11 mérőállomás működik (Széna tér; Pesthidegkút; Erzsébet tér; Baross tér; Kőbánya, Gergely utca; Kosztolányi Dezső tér; Kőrakás park; Csepel, Papírgyár; Nagytétény, Kastélykert; Gilice tér, OMSZ-kert; Dózsa György út, Honvéd Sporttelep). Közülük 10 méri a kén-dioxid, 9 az ózon és 6 az aromás szénhidrogének (ún. BTEX vegyületek) koncentrációját, s mind a 11 méri a nitrogén-dioxid, a szén-dioxid, a szén-monoxid koncentrációját és a PM10 szálló porfrakciót. Az ország területén további 44 automata állomás műszerei mérik folyamatosan a légszennyező anyagok koncentrációját.

A helyhez kötött légszennyező pontforrásokra a **kibocsátási határértékek** (emisszió normák) a szennyezőforrás által kibocsátható légszennyező anyag tömegáramát adják meg valamely mennyiségi egységben, a termék egységnyi mennyiségére (pl. g/kWh, g/GJ, g/t termék vagy g/m<sup>2</sup> termék) vagy esetleg a felhasznált nyersanyag egységnyi mennyiségére vonatkoztatva, melynek számértéke értelemszerűen függ

- a légszennyező anyag tömegáramától (kg/s),
- a légszennyező anyag veszélyességétől, ill. minőségétől és

- **az elérhető legjobb technikától (BAT).**

Ehhez az **anyagokat** különböző **csoporthokba** és **osztályokba** sorolják (szilárd anyag és por; gőz- vagy gáznemű szerves anyagok; szerves anyagok; rákkeltő anyagok), s a kibocsátási határértékeket az elérhető legjobb technika figyelembevételével állapítják meg, melyeket - mint minimális követelményt - be kell tartani. Ebből értelemszerűen az is következik, hogy a megállapított határértékek a technikai, gazdasági és társadalmi fejlődéssel változnak, s így határértéket megállapító miniszter köteles az előírásokat időszakonként felülvizsgálni és indokolt esetben módosítani. A levegőminőségi határértékek a BAT-nál hatékonyabb technika alkalmazásával is betarthatók, s így az előírt értékeknél alacsonyabb kibocsátások is elérhetők. A megfelelő megoldások kiválasztása gazdasági és műszaki kérdés.

### **A helyhez kötött légszennyező pontforrásokra**

- **technológiai kibocsátási határértékeket,**
- **egyedi kibocsátási határértékeket vagy**
- **össztömegű kibocsátási határértékeket**

állapítanak meg. A **technológiai kibocsátási határértékeket** két csoportba sorolják:

- **általános technológiai kibocsátási határértékek és**
- **specifikus (technológiától függő) technológiai kibocsátási határértékek.**

Az **egyedi kibocsátási határérték** (melyet a környezetvédelmi hatóság - általában a környezetvédelmi felügyelőség és a települési önkormányzat jegyzője - határozatlan állapotban állapít meg, csak egyes légszennyező anyagokra, nem általánosan) mindig szigorúbb az országosan érvényes általános határértéknél, s olyankor állapítanak meg ilyen határértéket, ha

- a technikai színvonal nagyobb fejlettsége ezt lehetővé teszi (tehát magasabb az országos átlagnál), vagy
- az adott terület légszennyezettsége a szigorúbb előírást indokolja.

Az **össztömegű kibocsátási határérték** a kibocsátható szennyező anyag összes tömegét korlátozza egy meghatározott területre vagy egy termelési ágra. Ilyenek pl. a különböző gázok - kén-dioxid, nitrogén-oxidok, illékony szénhidrogének stb. - kibocsátására vonatkozó nemzetközi illetve hazai előírások, melyek az ország által kibocsátott szennyező anyag tömegének csökkentését írják elő. E szabályozást hazánkban jelenleg az 50 MW<sup>th</sup> vagy annál nagyobb bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezésekre alkalmazzák (erre utal a „th” index), továbbá rögzítették a **kén-dioxid**, a **nitrogén-oxidok**, a **VOC anyagok** és az **ammónia éves kibocsátási határértékét**, rendre **500, 198, 137 és 90 kt/év** értékre, melyeket **2010-ig kellett teljesíteni** (I. a 10/2003. (VII. 11.) KvVM illetve a „7/2003. (V. 16.) KvVM-GKM rendeletet). A két utóbbi tekintetében kibocsátásunk azonban közel van a határértékhez!

Az **általános technológiai kibocsátási határértéket** a szennyező anyag fizikai, ill. kémiai tulajdonságai és a környezetre kifejtett hatása alapján állapítják meg. E célból az anyagokat **anyagsoporthokba**, ill. a csoporton belül **osztályokba** sorolják. Ilyen csoportok pl. a szilárd és poralakú szerves anyagok; a gőz vagy gáznemű szerves anyagok; szerves anyagok; rákkeltő anyagok. A kibocsátási határértéket az osztályba sorolt anyagok összességére vagy anyagonként határozzák meg (koncentráció a légáramban), s a légszennyező anyag tömegáramának függvényében korlátozzák.



**Általános technológiai kibocsátási határértékek**  
(forrás: 4/2011.(I.14.) VM rendelet)

**1. Szilárd anyag és por alakú szervesetlen anyagok**

| Légszennyező anyag  | Légszennyező anyag tömegárama (kg/h) | Kibocsátási határérték (koncentráció) (mg/m <sup>3</sup> ) |
|---|--------------------------------------|--|
| <b>O osztály</b>  | 0.5-ig                               | 150  |
| Szilárd anyag   | 0.5-nél nagyobb                      | 50   |
| <b>A osztály</b>  |                                      |  |
| por alakú szervesetlen anyagok<br>Hg és vegyületei, Hg-ként<br>Tl és vegyületei, Tl-ként<br>Összesen                                | 0.001 vagy ennél nagyobb             | 0.2  |
| <b>B osztály (részlet)</b>  |                                      |  |
| por alakú szervesetlen anyagok<br>Co és vegyületei, Co-ként   | 0.005 vagy ennél nagyobb             | 1.0  |
| <b>C osztály (részlet)</b>  |                                      |  |
| por alakú szervesetlen anyagok<br>Cu és vegyületei, Cu-ként<br><br>Cianidok, könnyen oldódóak<br>(pl. NaCN) CN-ként<br><br>Összesen | 0.025 vagy ennél nagyobb             | 5.0  |

Megjegyzések:

- azt a por alakú szervesetlen anyagot, amely az A-C osztályban nincs felsorolva, szilárd anyagnak (O osztály) kell tekinteni;
- ugyanabba az osztályba tartozó több anyag együttes, egyidejűleg történő kibocsátása esetén is meg kell tartani a fenti határértéket;
- több, különböző osztályba tartozó anyag együttes, egyidejűleg történő kibocsátása esetén a kibocsátási határérték azzal, hogy a saját osztályra vonatkozó határértéket önmagában is meg kell tartani, az A és B osztály összesen 1 mg/m<sup>3</sup>, A és C vagy C vagy A és B osztály összesen 5 mg/m<sup>3</sup>;
- amikor a véggáz fizikai állapotában a kibocsátott légszennyező anyagok a szilárd halmazállapot mellett gőz- vagy gázfázisban is jelen vannak, az emisszió együttesen sem lépheti túl a táblázatban megadott értékeket.

**2. Gőz- vagy gáznemű szervesetlen anyagok**

| Légszennyező anyag  | Légszennyező anyag tömegárama (kg/h) | Kibocsátási határérték (légszennyező anyag koncentráció) (mg/m <sup>3</sup> ) |
|---|--------------------------------------|---|
| <b>A osztály</b>  |                                      |   |
| Arzén<br>Cián-klorid<br>Foszfén<br>Foszfén<br>anyagonként | 0.01 vagy ennél nagyobb              | 1   |

|   |                           |     |
|---|---------------------------|-----|
| <b>D osztály</b>  |                           |     |
| Kén-oxidok<br>(kén-dioxid és kén-trioxid SO <sub>2</sub> -ként)<br>Nitrogén-oxidok<br>(nitrogén-monoxid, nitrogén-dioxid NO <sub>2</sub> -ként)<br>Szén-monoxid<br>Ammónia<br>anyagokként | 5.0 vagy ennél<br>nagyobb | 500 |

Van még: B és C osztály is

### 3. Szerves anyagok

| Osztály (a táblázat szerint) | Légszennyező anyag<br>tömegárama<br>(kg/h) | Kibocsátási határérték<br>(légszennyező anyag<br>koncentráció)<br>(mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------------------|--|--|
| A                            | 0.1 vagy ennél nagyobb                     | 20   |
| B                            | 2 vagy ennél nagyobb                       | 100  |
| C                            | 3 vagy ennél nagyobb                       | 150  |

Megjegyzések:

- ugyanabba az osztályba tartozó több anyag együttes, egy időben történő kibocsátása esetén is be kell tartani a fenti határértékeket;
- több, különböző osztályba tartozó anyag együttes, egy időben történő kibocsátása esetén a kibocsátási határérték: 3 kg/h vagy ennél nagyobb tömegáram esetén összesen legfeljebb 150 mg/m<sup>3</sup>, de a saját osztályra vonatkozó határérték önmagában sem léphet túl;
- a táblázatban nem szereplő anyagot abba az osztályba kell sorolni, amelyhez tartozó anyagokhoz a legközelebb áll a környezeti hatás szempontjából;
- a rákkeltő anyagokra megadott határértékeket az általános kibocsátási határértékek nem befolyásolják;
- a bűzre vonatkozó előírásokat az általános kibocsátási határértékek nem befolyásolják;
- a B és C osztályba sorolt szerves, szilárd halmazállapotú anyagok esetén a szilárd anyagokra vonatkozó és O osztályba sorolt általános kibocsátási határértékeket kell alkalmazni.

### Szerves anyagok osztályba sorolása (minta)

| Megnevezés                                       | Képlet                                       | Osztály |
|--|--|---------|
| Acetaldehid                                      | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O              | A       |
| Aceton   | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O              | C       |
| Ecetsav  | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | B       |
| Etil-alkohol (etanol)                            | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH             | C       |
| Fenol  | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O              | A       |
| Klór-benzol                                      | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl             | C       |
| Metil-alkohol (metanol)                          | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> OH             | C       |
| Paraffin-szénhidrogének<br>(a metán kivételével) |  | C       |
| Tetraklór-metán                                  | CCl <sub>4</sub>                             | A       |
| Toluol   | C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>                | C       |
| Xilolok  | C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>               | B       |

Megjegyzés: összesen 229 szerves anyag található a listában, az acetaldehidtől a xilolokig.

### 4. Egyes rákkeltő légszennyező anyagok

| Légszennyező anyag | Légszennyező anyag<br>tömegárama | Kibocsátási<br>határérték |
|--------------------|----------------------------------|---------------------------|
|--------------------|----------------------------------|---------------------------|

|  | (kg/h)                       | (koncentráció)<br>(mg/m <sup>3</sup> ) |
|--|------------------------------|--|
| <b>A osztály</b>   |                              |  |
| 3,4-Benz(a)pirén<br>Berillium és vegyületei Be-ként,<br>belélegezhető formában<br>Kadmium és vegyületei Cd-ként,<br>belélegezhető formában<br>Összesen                           | 0.0005 vagy ennél<br>nagyobb | 0.1                                    |
| <b>B osztály</b>   |                              |  |
| Arzén és vegyületei As-ként,<br>belélegezhető formában<br>Króm vegyületek Cr-ként,<br>belélegezhető formában<br>Nikkel vegyületei Ni-ként,<br>belélegezhető formában<br>Összesen | 0.0005 vagy ennél<br>nagyobb | 1                                      |
| <b>C osztály</b>   |                              |  |
| Benzol<br>Triklór-etilén<br>Vinil-klorid<br>Összesen   | 0.01 vagy ennél<br>nagyobb   | 5                                      |

Megjegyzések:

- a saját osztályra vonatkozó határértékeket önmagában is meg kell tartani. Több, különböző osztályba tartozó anyag együttes, egy időben történő kibocsátása esetén a kibocsátási határérték: A és B osztály összesen 1 mg/m<sup>3</sup>, A és C vagy B és C vagy A és B és C osztály összesen 5 mg/m<sup>3</sup>.

Egyes technológiákra **specifikus határértékeket** állapítanak meg - gyakran a technológiától függően -, melyek szigorúbbak vagy enyhébbek lehetnek az általános előírásoknál, s **csak a meghatározott légszennyező anyagokra** vonatkoznak, így az adott technológia egyéb légszennyező anyagaira az általános előírásokat kell alkalmazni (összesen 56 területet jelöl meg a rendelet, amíg a korábbi rendelet 42 területet tartalmazott), s szemléltetésül négy ilyen területet mutatunk be.

### Eljárás-specifikus technológiai kibocsátási határértékek az üvegyártásra:

(forrás: 4/2011.(I.14.) VM rendelet)

| Technológia                                 | Kibocsátási határérték (mg/m <sup>3</sup> ) |                 |
|---|---|-----------------|
|   | SO <sub>2</sub> és SO <sub>3</sub>          | NO <sub>x</sub> |
| Üvegolvasztás                               |   |                 |
| - fazékkemence                              | 1100  | 1200            |
| - napikemence                               | 1100  | 1600            |
| - kádkemence                                | 1800  |                 |
| = rekuperatív hővisszanyeréssel             |   | 1400            |
| = regeneratív hővisszanyeréssel             |   | 2200            |
| = keramikus rekuperátoros hővisszanyeréssel |   | 2200            |

Megjegyzés:

- a kén-dioxidra és a kén-trioxidra (SO<sub>2</sub> és SO<sub>3</sub>) vonatkozó határértékek csak 10 kg/h vagy annál nagyobb tömegáram esetére érvényesek;
- a kibocsátási határértékek a kádkemence esetében 8 tf%, a fazék- és napikemencék esetében 13 tf% oxigén-tartalmú, 273 K hőmérsékletű és 101.3 kPa nyomású száraz véggázra vonatkoznak;

- a speciális világítástechnikai keményüveg gyártásra, a speciális világítási célú keményüveg gyártásra és a speciális magashőmérsékletű lámpaüveg gyártásra, továbbá üvegszál és boroszilikát üvegyártásra más előírások vonatkoznak.

### Eljárás-specifikus technológiai kibocsátási határértékek helyhez kötött benzin és dízel üzemű belső égésű motorokra:

(forrás: 4/2011.(I.14.) VM rendelet)

| Motortípus   | Kibocsátási határérték<br>(légszennyező anyag koncentráció)<br>(mg/m <sup>3</sup> ) |                 |     |
|--|---|-----------------|-----|
|  | Szilárdanyag  | NO <sub>x</sub> | CO  |
| Kétütemű benzinmotor                                 |   | 800             | 650 |
| Négyütemű benzinmotor                                |   | 500             | 650 |
| Dízelmotor   | 130   |                 | 650 |
| 5 MW <sub>th</sub> -ot meghaladó teljesítmény esetén |   | 2000            |     |
| 5-3 MW <sub>th</sub> közötti teljesítmény esetén     |   | 2000            |     |
| 3 MW <sub>th</sub> teljesítmény alatt                |   | 4000            |     |

Megjegyzés:

- az előírások helyhez kötött berendezések belső égésű motorjaira vonatkoznak, amelyek tüzelőanyag felhasználása 50 kg/h vagy ennél nagyobb. Az előírások vonatkoznak a motorok féktermi próbajáratására is;
- az előírások nem vonatkoznak azokra a szükségáramforrást hajtó, helyhez kötött motorokra, amelyek évente 50 óránál rövidebb ideig üzemelnek. Ezekre a berendezésekre kibocsátási határértéket nem kell kiadni, az alapbejelentés elkészítése azonban kötelező;
- üzemanyag-minőségi követelmény: a gázolaj kéntartalma 0.05 m/m%-nál nem lehet nagyobb;
- a megadott határértékek a motor névleges teljesítményén mérve érvényesek;
- a kibocsátási határértékek 5 tf% oxigén-tartalmú, 273 K hőmérsékletű és 101.3 kPa nyomású száraz véggáza vonatkoznak. Az 1996 előtt gyártott közúti jármotorok fékpadi járatása esetén a kibocsátási határértékek 17 tf% oxigén-tartalmú, 273 K hőmérsékletű és 101.3 kPa nyomású száraz véggáza vonatkoznak.
- az 5 MW<sub>th</sub>-ot meghaladó teljesítményű új dízelmotorok esetében a nitrogén-oxidokra vonatkozó határérték 500 mg/m<sup>3</sup>, amelyet nem kell alkalmazni az évi 500 óránál kevesebbet üzemelő motorokra.
- a 3 MW<sub>th</sub> alatti teljesítményű, csak kűtfűrészeknél alkalmazott dízelmotorok esetében a nitrogén-oxidokra vonatkozó határérték 4300 mg/m<sup>3</sup>.

### Eljárás-specifikus technológiai kibocsátási határértékek alumínium elektrolízisre:

(forrás: 4/2011.(I.14.) VM rendelet)

|  |                        |
|--|------------------------|
| Elektrolizáló kád szilárd anyag kibocsátási határértéke: | 30 mg/m <sup>3</sup>   |
| Csarnok elszívás esetén:                                 |                        |
| szilárd anyag kibocsátási határérték:                    | 5 kg/t Al              |
| fluorid kibocsátási határérték (HF-ben kifejezve):       | 1.5 kg F/t Al          |
| CO kibocsátási határérték                                | 1500 mg/m <sup>3</sup> |

### Eljárás-specifikus technológiai kibocsátási határértékek hegesztésre, plazmavágásra:

(forrás: 4/2011.(I.14.) VM rendelet)

Az előírt határértékeket fémek hegesztéssel történő megmunkálása, plazmavágása során kell alkalmazni, amennyiben azok elszívórendszere pontforráshoz kapcsolódik

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Határérték szilárd anyag kibocsátására:                                | 150 mg/m <sup>3</sup> |
| Határérték nitrogén-oxid kibocsátására (NO <sub>2</sub> -ben megadva): | 500 mg/m <sup>3</sup> |
| Határérték szén-monoxid kibocsátására:                                 | 500 mg/m <sup>3</sup> |

Specifikus határértékkel jellemzett technológiák lehetnek még pl. aszfaltkeverés, aszfaltgyártás, szemcsés szerkezetű anyagok szárítása forgódobban; acél vagy öntöttvas olvasztás; alumíniumfinomítás, alumíniumolvasztás; biomassza tüzeléssel működő tüzelőberendezések; cementgyártás; cukorgyártás; gépek, berendezések, alkatrészek, termékek üzemi festése; hegesztés, plazmavágás; húsfüstölés; kávé, pótkávé termékek, kakaó és terménypörkölés; klór-alkáli elektrolízis; klórgyártás; kénsavgyártás; kokszyártás; kupolókemencék; mészégetés, nemvas fémek gyártása; növényvédőszer gyártás; nyersvasgyártás; ólomakkumulátorok gyártása (formatálás); perlitduzzasztás; szerszám és készülék tisztítás forró-homok fluidágyban; szenek brikettálása; timföld, dolomit, magnezit, kvarcit vagy samott gyártása vagy égetése; téglá és cserépgyártás; tüzi ónozás, horganyzás; üvegszál és boroszilikát üvegyártás; zöldtakarmány és terményszárítók, valamint tisztítóberendezéseik; különféle vegyi anyagok gyártása stb.

A környezetre jelentős hatást gyakorló technológiákat külön rendeletek, ill. az Európai Unió direktívái részletesen szabályozzák. Ilyenek pl. a tüzelési eljárások (10/2003. (VII. 11.) KvVM rendelet), a hulladékok égetése (11/1991. (V.16.) KTM rendelet, továbbá a 3/2002. (II.22.) KöM rendelet), a motorbenzinek tárolása és szállítása (9/1995. (VII.31.) KTM rendelet), az illékony szerves vegyületek felhasználása és a gázmotorok alkalmazása. E technológiáknál a működési feltételekre is előírásokat határoznak meg (pl. üzemelési jellemzők, kibocsátások és működés ellenőrzésére, egyéb műszaki követelményekre stb.). A tüzelési eljárások külön szabályozása az eddigiek alapján érthető. Az előírások az 50 MW<sup>th</sup> vagy annál nagyobb bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezésekre vonatkoznak, s meghatározzák a technológiai kibocsátási határértéket szilárd, folyékony illetve gázhalmazállapotú tüzelőanyaggal üzemeltetett berendezésekre illetve gázturbinákra. A 300 MW<sup>th</sup> névleges bemenő teljesítményt meghaladó új tüzelőberendezéseket folyamatos kibocsátást mérő, valamint a füstgáz állapotát ellenőrző, mérő és adatrögzítő műszerekkel kell felszerelni és üzemeltetni, a mérési dokumentumokat öt évig kell megőrizni. Ennek alapján a füstgázban folyamatosan mérni kell a kén-dioxid, a nitrogén-oxidok, a szén-monoxid, a szilárdanyag és az oxigéntartalmat, továbbá a füstgáz hőmérsékletét, sebességét és nyomását, s a környezetvédelmi hatóság által meghatározott gyakorisággal időszakosan a füstgáz nedvességtartalmát (földgázzal való tüzelés esetén a kén-dioxid és a szilárdanyag tartalmat nem szükséges mérni). Fentebb láttuk, hogy e berendezések tekintetében a kibocsátható légszennyező anyagok összes mennyiségére is vonatkoznak határértékek (kén-dioxid és nitrogén-oxidok). Meglévő berendezéseket 2007. december 31.-ig kellett felszerelni a folyamatos mérést és rögzítést lehetővé tevő műszerekkel. A hulladékok égetése során az anyagokat magas hőmérsékleten ártalmatlanítják (termikus vagy katalitikus oxidáció), a bevitt anyagok összetétele sokszor igen jelentősen ingadozik, s ez természetesen kihat a füstgázban megjelenő szennyező anyagok fajtáira, koncentrációjára és mennyiségére. E füstgázban a hagyományos tüzelési technológiáktól eltérően igen veszélyes anyagok is lehetnek (pl. dioxinok, furánok, hidrogén-fluorid, sósav, ill. nehézfémek), mely indokolja a szigorúbb előírást és a végrehajtás fokozottabb ellenőrzését. A hulladékok égetésére vonatkozó jogszabályok értelemszerűen e kémiai vegyületekre is tartalmazzák kibocsátási határértékeket. Dioxinokra és furánokra a kibocsátási határértéket ún. toxicitási egységben (TE= 0.1 ng/m<sup>3</sup>) adják meg, rögzítve az egyes vegyületek toxicitási tényezőit is. A szennyező anyag kibocsátást az égető kapacitásától függően folyamatosan vagy időszakosan (de évente legalább egyszer) közvetlen méréssel kell ellenőrizni. Az illékony szerves vegyületekre miniszteri rendelet vonatkozik (l. a 10/2001. (IV. 19.) KöM rendeletet „Az egyes tevékenységek és berendezések illékony szerves vegyület kibocsátásának korlátozásáról”, a 99/13/EC számú EU direktíva alapján), mely véggáz-kibocsátási határértéket (mg C/Nm<sup>3</sup>), diffúz kibocsátási határértéket (a bevitt oldószer tömegének %-ában) és teljes kibocsátási határértéket (a gyártott termék egységnyi tömegére, felületére vagy egy darabjára, ill. a bevitt oldószer tömegének %-ában) állapít meg, melyeket minden létesítménynek és berendezésnek teljesítenie kell (a meglévő berendezéseknek 2007. december 31.-ig). A különösen veszélyes anyagokat (pl. rákkeltő, öröklődésre ható vagy mérgező anyagok, halogénezett szerves

oldószerek) kevésbé veszélyes anyagokkal kell kiváltani, s ha ez nem lehetséges, akkor 10 g/h feletti kibocsátásnál az emisszió legfeljebb 2 mg/m<sup>3</sup> lehet. A motorbenzinek a tároló-, ill. szállítótartályok légzőin keresztül vagy áttöltéskor kerülhetnek a légkörbe, az illékony szerves vegyületek kibocsátásának meghatározó része ezekből származik. Utóbbi esetben az áttöltött benzin térfogatával megegyező térfogatú, benzingőzzel gyakorlatilag telített levegő kerülhet a környezetbe. E veszteségek, ill. környezetszennyezések ma már egyszerűen megakadályozhatók, melyre vonatkozó előírásokat az új berendezésekre már alkalmazni kell.

A kibocsátásokra vonatkozó egyéb elvárások, előírások:

- Ha egy területen a már működő légszennyező források olyan mértékben szennyezik a levegőt, hogy az tovább nem terhelhető, akkor e területen új kibocsátás nem engedhető meg, ill. csak abban az esetben, ha a tervezett kibocsátással egyenértékű emissziót a területen kiváltanak, s az immisszió nem lépi túl a határértéket.
- A levegővédelmi követelményeket az országos, regionális, helyi és műszaki tervezés során figyelembe kell venni.
- Légszennyező létesítmények építéséhez, működtetéséhez, tevékenységek megkezdéséhez, végzéséhez a környezetvédelmi hatóság (Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség) hozzájárulása vagy engedélye szükséges.
- A környezet egészének védelmét kell elsődlegesnek tekinteni, s a levegő szennyezését csökkentő beavatkozás nem okozhatja más környezeti elem szennyezését (IPPC).
- A meglévő létesítményeknek megfelelő türelmi idő után (3-8 év) kell a kibocsátási határértékeket betartani, s a türelmi idő lejártá után a kibocsátási határértékeket be nem tartó létesítmény nem üzemeltethető.
- Olyan új légszennyező források körül, amelyek a környezeti levegő minőségére jelentős hatást gyakorolnak, védelmi övezetet kell kialakítani, mely a helyhez kötött légszennyező források körül kialakított védőterület, ill. a közút mentén kijelölt védősáv lehet, s nagysága 50 és 1000 m között változhat a tevékenység légszennyező hatásától függően.
- Ha valamely területen a légszennyező anyagok koncentrációja meghaladja a levegőminőségi határértéket, szennyezés-csökkentési terveket kell készíteni.

A levegőtisztaság-védelmi feladatok ellátása, ill. a végrehajtás koordinálása a Környezetvédelmi Minisztérium feladata, részben más minisztériumokkal megosztva (Mezőgazdasági, Közlekedési, Vízügyi, valamint Egészségügyi Minisztérium, az elnevezések változását nem nyomon követve). A kibocsátások mérése és ellenőrzése a Környezetvédelmi Minisztérium és a felügyeletébe tartozó szervek hatásköre. Az alapszennyezettséget - a terjedésszámításokkal együtt - az Országos Meteorológiai Szolgálat Központi Légműködési Intézete méri, nemzetközi szabványok alapján. Az e célra szolgáló állomások a szennyező forrásoktól távol működnek (Farkasfa, Nyírjes, Hortobágy, Kecskemét-puszta, Majláth-puszta és Fertőrákos). Az **Országos Immisszió-mérő Hálózat hazánkban 1974 óta működik, mely 2003-ban uniós támogatással megújult**. Jelenleg 656 mérőhelyen végeznek 24 órás és 30 napos behatással (expozíció) méréseket, melyeket egy hónapon belül dolgoznak fel. Ezek mellett 38 monitor állomás folyamatosan szolgáltat adatokat feldolgozásra, illetve gépkocsiba épített monitor állomások is működnek. Az adatokat az OKI és a NÉBIH fővárosi intézete dolgozza fel és értékeli, a feldolgozott adatokat az Egészségtudomány c. folyóirat félévente közli. A Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóságon referencia laboratórium üzemel, mely ellátja az immisszió mérésére szolgáló eszközök rendszeres bemérését, a laboratórium nemzetközi ún. „inter-kalibrációkban” vesz részt, lehetővé téve a mérési eredmények nemzetközi összehasonlítását. A méréseket végző laboratóriumok többsége

akkreditált. Az állomások jelenleg a következő jellemzőket mérik: a kén-dioxid, a nitrogén-oxidok, korom és az ülepedő por (PM10) koncentrációját, s ezeken túl egyes helyeken még az ólom, a szálló por és a fluorid koncentrációját (Barótfi, 2000.).

A civil szervezetként működő **Levegő Munkacsoport** vizsgálatai szerint a mérőállomások gyakran nem működnek, akár a naptári év felében-harmadában sem, ennek ellenére jelentős számban mutatnak határérték túllépéseket, különösen a PM10 részecskékre (melyek rákkeltő hatásúak, károsítják a tüdőt, és érrendszeri megbetegedéseket okozhatnak). Probléma ez azért is, hiszen a levegő minőségére vonatkozó adatszolgáltatás ezekre épül (tájékoztatás, riasztás stb.). A hiányos adatszolgáltatás ellenére állítható, hogy **Budapest a legszennyezettebb levegőjű uniós fővárosok közé tartozik**, de az országon belül is a kiemelten szennyezett régiók között van, a Sajó völgyével, Miskolc vagy éppen Pécs környékével együtt. Minderről magunk is meggyőződhetünk, némi kutatómunkával! A légszennyezettséghez hazánkban mintegy 14000 haláleset köthető, ennek közel kétharmadát a PM10 szennyezettség okozza, melyen túlmenően 100 ezer ember megbetegedése származik e káros hatásokból. Úgy tűnik, hogy a megelőzésre kevés pénzt fordítunk, de az utókezelésre – kényszerűen - persze ennek többszörösét!

**Légszennyezési bírságot** köteles fizetni az a kibocsátó (levegperhelő), aki vagy amely a helyhez kötött légszennyező pontforrását és/vagy a bejelentésre kötelezett helyhez kötött diffúz légszennyező forrását úgy üzemelteti, hogy a kibocsátási határértéket túllépi vagy a levegővédelmi követelményeket nem teljesíti, melyet a környezetvédelmi hatóság határozatban állapít meg. A bírság kiszabásának feltételeit, körülményeit és mértékét miniszteri rendeletek határozzák meg.