Készült
a HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0 azonosítójú
„A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése”
című pályázat keretében.
Konzorciumvezető: Pannon Egyetem

Környezetmérnöki Tudástár

Sorozat szerkesztő: Dr. Domokos Endre

8. kötet

Földünk állapota

Szerkesztő: Dr. Rédey Ákos

Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet

Magyarország célba ér

Készült
a HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0 azonosítójú
„A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése"
című pályázat keretében.
Konzorciumvezető: Pannon Egyetem

Értékünk az ember
Humánerőforrás- fejlesztési Operatív Program

Környezetmérnöki Tudástár

Sorozat szerkesztő: Dr. Domokos Endre

8. kötet

Földünk állapota

Szerkesztő: Dr. Rédey Ákos

Szerzők:
Domokos Endre
Fejes Lászlóné Utasi Anett
Fülöp Tamás
Gadár László
Holenda Balázs
Horváth Erzsébet
Jamniczky Rozália
Kováts Nóra
Kovács Zsófia
Nasser Heider
Tamaska László
Thury Péter

ISBN: 978-615-5044-33-5

2. bővített kiadás – 2011
Első kiadás: 2008
Veszprém
Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet

Környezetmérnöki Tudástár

eddig megjelent kötetei

01. Környezetföldtan
02. Környezetgazdálkodás
03. Talajvédelem, talajtan
04. Egészségvédelem
05. Környezeti analitika
06. Környezetvédelmi műszaki technológiák, technológiai rendszerek modellezése, ipari technológiák és szennyezéseik
07. Környezettan
08. Földünk állapota
09. Környezeti kémia
10. Vízgazdálkodás-Szennyvíztisztítás
11. Levegőtisztaság-védelem
12. Hulladékgazdálkodás
13. Zaj- és rezgésvédelem
14. Sugárvédelem
15. Természet- és tájvédelem
16. Környezetinformatika
17. Környezetállapot-értékelés, Magyarország környezeti állapota, monitorozás
18. Környezetmenedzsment rendszerek
19. Hulladékgazdálkodás II.
20. Környezetmenedzsment és a környezetjog
21. Környezetvédelmi energetika
22. Transzportfolyamatok a környezetvédelemben
23. Környezetinformatika II.
24. Talajtan és talajökológia
25. Rezgési spektroszkópia

Felhasználási feltételek:

Az anyag a Creative Commons „Nevezd meg!-Ne add el!-Így add tovább!” 2.5 Magyarország Licenc feltételeinek megfelelően szabadon felhasználható.

Nevezd meg! — A szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetned a műhöz kapcsolódó információkat (pl. a szerző nevét vagy álnevét, a Mű címét).

Ne add el! — Ezt a művet nem használhatod fel kereskedelmi célokra.

Így add tovább! — Ha megváltoztatod, átalakítod, feldolgozod ezt a művet, az így létrejött alkotást csak a jelenlegivel megegyező licenc alatt terjesztheted.

További felhasználás esetén feltétlenül hivatkozni kell arra, hogy
"Az anyag a HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0 téma keretében készült a Pannon Egyetemen."

Részletes információk a következő címen találhatóak:
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/hu/

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék *5*
Ábrajegyzék *11*
Előszó *14*
1 A földi élet dióhéjban Univerzum, Föld, Ember fejlődése *16*
1.1 Bevezetés **17**
1.2 Univerzum fejlődése **17**
1.2.1 Elméletek 17
1.2.2 Vöröseltolódás, a tágulás bizonyítéka 18
1.2.3 Az Univerzum kora és mérete 19
1.2.4 Az Univerzum szerkezete 20
1.2.5 Az ősrobbanás – Nagy Bumm 21
1.2.6 Az elemek keletkezése hidrogénégés során 24
1.2.7 Az elemek keletkezése héliumégés során 25
1.3 A Naprendszer és Föld keletkezése **26**
1.3.1 A Föld keletkezése és geokémiai fejlődése 27
1.3.2 A Föld atmoszférájának és hidroszférájának evolúciója 29
1.3.3 Kontinensek vándorlása 33
1.4 Az élet keletkezése **36**
1.4.1 Kémiai evolúció 36
1.4.2 (Pre)Biológiai evolúció 38
1.5 Az ember fejlődése **41**
1.5.1 Az emberi faj őshazája Kelet-Afrika vadonja volt 42
1.5.2 Miről ismerhető fel a neandervölgyi ember? 42
1.5.3 A homo Sapiens felemelkedése. 43
2 A környezet- és természetvédelem történeti áttekintése, Nemzetközi egyezmények *46*
2.1 Az első korszak előtt -1900-ig **47**
2.2 A környezetvédelem első korszaka 1900-1945 ..... **49**
2.3 A környezetvédelem második korszaka 1945-1972 ..... **50**
2.3.1 Az ENSZ és szakosított szervei 50
2.3.2 Nemzetközi Biológiai Program 51
2.3.3 Ember és Bioszféra 52
2.3.4 Az első jogi lépések 54
2.3.5 Stocholmi konferencia 56
2.4 A környezetvédelem harmadik korszaka 1972-1992 ..... **63**
2.4.1 Stocholmnak köszönhető egyezmények és rendelkezések 63
2.4.2 Stocholmot követő további fontosabb egyezmények 65
2.4.3 A harmadik korszak súlyos környezeti katasztrófái 67
2.4.4 A környezetvédelem harmadik korszakának további fontos eredményei 69
2.4.5 Környezet és Fejlődés Világbizottság 73

2.5 A környezetvédelem negyedik korszaka (1992-2002) 78
2.5.1 Riói konferencia 79
2.5.2 Riót követő szervezetek és egyezmények 84
2.5.3 Rió+5 86
2.5.4 Millenniumi Csúcstalálkozó 88
2.5.5 Johannesburgi Konferencia 89
2.6 Jeles Napok 93
3 Demográfia, közegészség 97
3.1 A világ népességének alakulása 98
3.1.1 A népesség fejlődése 98
3.1.2 A népesség területi eloszlása 101
3.1.3 A növekedés határa 106
3.1.4 A Föld eltartóképessége 107
3.2 Népesedési folyamatok 109
3.2.1 Természetes szaporodás, fogyás hazánkban és az EU-ban 109
3.2.2 Népesedési folyamatok 110
3.2.3 Migráció Magyarországon 112
3.2.4 A népesség kor szerinti összetétele 113
3.3 Magyarország egészségügyi helyzete 116
4 Közlekedés és környezet 121
4.1 Bevezetés 122
4.2 Trendek a közlekedési ágazatban 125
4.2.1 A szállítási teljesítmény továbbra is nő 125
4.2.2 Folytatódik a közlekedési infrastruktúra bővülése 125
4.2.3 Csökken a káros szennyezőanyagok kibocsátása 126
4.2.4 Emissziós terhelési trendek 126
4.2.5 Férőhely és kihasználás 131
4.2.6 Menetállapotok 132
4.3 Egyes közlekedési módok emissziós kibocsátásai 135
4.4 Nő az élőhelyek terhelése 136
4.5 Összegzés 138
5 Turizmus környezeti hatásai 139
5.1 A turizmus lehetséges környezeti hatásai 140
5.1.1 Globális vs. lokális hatások 141
5.1.2 Közvetlen és közvetett hatások 144
5.1.3 Visszafordítható és visszafordíthatatlan hatások 145
5.2 A turizmus pozitív és negatív fizikai hatásai 147
5.2.1 Hatások a természeti környezetre 150
5.2.1.1. A levegő minősége 150
5.2.1.2. Geológiai problémák 151
5.2.1.3. Vízminőség 153
5.2.1.4. A természeti erőforrások kimerülése 155

5.2.1.5. Vadvilág és vegetáció ... 156
5.2.1.6. Vizuális hatások ... 163
5.2.1.7. Ember alkotta környezet ... 164
5.2.1.8. Fölhasználat változásai ... 164
5.2.1.9. Infrastruktúra ... 167
5.2.1.10. Épületek - vizuális hatások ... 169
5.2.2 Ökoszisztémák vizsgálata ... 173

6 Talaj ... 177

6.1 A talaj ... 178
6.1.1 A talaj fogalma és szerepe. ... 178
6.1.2 A talaj kialakulása ... 180
6.1.3 A talajok szerkezete ... 183
6.1.4 A talaj kolloidkémiai tulajdonságai ... 184
6.1.5 A talajkolloidok határfelületén végbemenő folyamatok ... 186
6.1.6 A talaj kémhatása. A protolitikus folyamatok kolloidkémiai háttere ... 186
6.1.7 A talajok vízgazdálkodása ... 188
6.1.8 A talajok levegő-, hő- és tápanyag gazdálkodása ... 190

6.2 A talaj károsításának formái ... 192
6.2.1 Erózió és környezeti károk, a mezőgazdaság egyensúlyi eltolódása ... 192
6.2.2 Talajpusztulás: erózió és defláció ... 192
6.2.3 Az erózió és a defláció elleni védekezés ... 196
6.2.4 A közlekedés és a települések által okozott talajszennyezés ... 198
6.2.5 A mezőgazdasági tevékenység talajkárosító hatásai ... 200

6.3 A talajjavítás lehetőségei ... 203
6.3.1 Talajjavítási eljárások ... 203
6.3.2 A talaj és a trágyázás kölcsönhatása: ... 204
6.3.3 Rekultiváció ... 205

7 Víz a jövő kihívása ... 207

7.1 Föld vízkészletének bemutatása ... 208
7.1.1 Víz a Földön ... 208
7.1.2 A vízkészlet osztályozása ... 213

7.2 Magyarország vízkészlete ... 216

7.3 Vízszennyezés ... 219
7.3.1 Felszín alatti vizek szennyezése ... 221
7.3.2 Vízszennyezés a légkörből ... 223
7.3.3 Vizek hőszennyezése ... 226
7.3.4 Mikroszennyezők ... 227
7.3.5 Mikrobiológiai szennyezők ... 233
7.3.6 A vízszennyezés csökkentésének lehetőségei ... 233

7.4 Szennyvíztisztítás lehetőségei ... 235
7.4.1 Fizikai módszerek ... 240
7.4.2 Kémiai módszerek ... 244
7.4.3 Biológiai módszerek ... 246
7.4.4 Vegyes technikájú szennyvíztisztítás ... 248

7.4.5 A természetközeli szennyvíztisztítás és a tisztított víz talajban történő elhelyezése 249

8 Levegő 253

8.1 A légkör 254

8.2 A légszennyeződés forrásai 258

8.3 A levegőszennyeződés kiterjedése 261

8.3.1 Lokális-települési léptékű légszennyeződés 261
8.3.2 Savas ülepedés, a környezet savasodása 264
8.3.3 Üvegházhatás, globális klímaváltozás 268
8.3.4 A sztratoszférikus ózon mennyiségének csökkenése 273
8.3.5 Az antarktiszi „ózonlyuk” 276

8.4 Nemzetközi egyezmények a globális klímaváltozás hatásainak csökkentésére 278

8.4.1 Összefogás a sztratoszférikus ózonréteg védelmében 279
8.4.2 Együttes végrehajtás (EV, joint implementation, JI). 281
8.4.3 Nemzetközi kibocsátás keresekedelem (NKK, International Emission Trading, IET) 283
8.4.4 Tiszta fejlesztési mechanizmus 283
8.4.5 EU buborék (EU burden sharing) 283

9 Hulladékgazdálkodás 286

9.1 Hulladék fogalma 287

9.1.1 Hulladék definíciója 287
9.1.2 Hulladék csoportosítási lehetőségek 288
9.1.2.1 Eredet szerint 288
9.1.2.2 Halmazállapot szerint 289
9.1.2.3 Felhasználhatóság szerint 289
9.1.2.4 Éghetőanyag-tartalom szerint 289
9.1.2.5 Környezetre gyakorolt hatás szerint 290
9.1.2.6 Főbb összetevők szerint 290
9.1.3 A hulladékok káros környezeti hatása 291

9.2 Statisztikák 294

9.2.1 A Csendes Óceáni Szemét-sziget 294
9.2.2 New York szemétlerakója 295
9.2.3 India, Roro azbeszt bányák 295
9.2.4 Füstös hegység, Fülöp-szigetek, Manila 295
9.2.5 Hajóbontó kikötő, Alang, India 295
9.2.6 Yucca hegység, Nevada, USA 296
9.2.7 Elektronikai hulladéklerakó, Guiyu, Kína 296

9.3 Hulladékgazdálkodás alapelemei 299

9.3.1 A hulladékgazdálkodás alapelvei 299
9.3.2 Hulladék gyűjtés, tárolás 301
9.3.2.1 Szilárd hulladékok gyűjtése 302
9.3.2.2 Folyékony hulladékok gyűjtése 304
9.3.3 Hulladék begyűjtés, szállítás 304
9.3.4 Hulladék előkezelés 307
9.3.4.1 Fizikai előkezelés eljárásai 307
9.3.4.2 Kémiai előkezelés 309

9.3.4.3 Biológiai előkezelés ... 309
9.3.5 Hulladékkezelés lehetőségei ... 310
9.3.5.1 Megelőzés ... 310
9.3.5.2 Újrahasználat ... 311
9.3.5.3 Újrahasznosítás ... 311
9.3.5.4 Égetés ... 312
9.3.5.5 Lerakás ... 312
10 Energiagazdálkodás ... 314
10.1 Bevezető ... 315
10.2 CH alapú társadalom kialakulása és várható lehetőségei. ... 317
10.2.1 Nem megújuló energiaforrások várható jövője ... 320
10.2.1.1 Kőolaj ... 320
10.2.1.2 Földgáz ... 326
10.2.1.3 Szén ... 328
10.2.1.4 Maghasadási energia ... 329
10.2.2 Energiafelhasználás a világon ... 330
10.2.3 Megújuló energiaforrások ... 332
10.2.3.1 Szélenergia ... 332
10.2.3.2 Napenergia ... 334
10.2.3.3 Geotermikus energia ... 336
10.2.3.4 A hullámmozgás és az árapály kihasználása ... 337
10.2.3.5 Biomassza ... 338
10.2.4 Alternatív energiaforrások ... 339
10.2.4.1 Magfúzió ... 339
10.3 Gondolatok ... 341
11 A Föld tüdejének helyzete ... 344
11.1 Ökológiai alapfogalmak ... 345
11.1.1 Biomok, zonalitás ... 345
11.1.2 Magassági övek (régiók) ... 345
11.1.3 Diverzitás ... 345
11.2 Erdők ... 346
11.2.1 Főbb erdőtípusok ... 347
11.2.2 Az erdőirtás és ökológiai következményei ... 351
11.2.2.1 A biodiverzitás csökkenése ... 353
11.2.2.2 Az erdők szerepe a szén-dioxid ciklusban ... 353
11.2.2.3 Az erdőirtás és a vízgazdálkodás kapcsolata ... 355
11.2.2.4 Veszélyben a kelet-európai erdők ... 356
11.2.3 Az erdők védelme ... 357
11.2.4 Hazai helyzetkép ... 358
11.2.4.1 Erdőterületek csökkenése ... 358
11.2.4.2 Erdeink védelme ... 362
12 Földünk vészjelei ... 365
12.1 Atmoszférikus változások ... 368

12.1.1 Magasabb hőmérséklet ... 368
12.1.2 Több szén-dioxid ... 371
12.1.3 A légkör metán koncentrációjának növekedése ... 372
12.1.4 Az ózonpajzs állapota ... 374
12.2 Hidroszférikus változások ... 375
12.2.1 Vékonyodó jégtakaró ... 375
12.2.2 Olvadó gleccserek ... 376
12.2.3 Visszahúzódó hósipkák ... 380
12.2.4 Emelkedő tengerszint ... 380
12.2.5 Óceáni szállítószalag változása ... 381
12.2.6 El Niño ... 384
12.2.7 Csökkenő állóvízfelületek ... 387
12.3 Litoszférikus változások ... 389
12.3.1 Tartós aszály ... 389
12.3.2 Több csapadék ... 389
12.3.3 Csökkenő erdőterületek ... 389
12.3.4 Gyakori erdőtüzek ... 392
12.4 Bioszféra változásai ... 394
12.4.1 Biodiverzitás csökkenése ... 394
12.4.2 Nem őshonos fajok terjedése ... 395
12.4.3 Terjedő betegségek ... 397
12.5 Bolygónk vészjelei ... 399
12.5.1 Természeti csapások ... 399
12.5.2 Az éghajlatváltozás 12 forró pontja a Földön ... 401
12.5.2.1 A Szahara ... 402
12.5.2.2 Az Amazonas-medence ... 402
12.5.2.3 Ózonlyuk ... 403
12.5.2.4 Grönland ... 403
12.5.2.5 Tibet ... 403
12.5.2.6 „Sószelepek” ... 403
12.5.2.7 Észak-atlanti áramlat ... 404
12.5.2.8 El-Niño ... 405
12.5.2.9 Nyugat-antarktiszi jégtömbök ... 405
12.5.2.10 Metán-klatrátok ... 405
12.5.2.11 Monszun ... 406
12.5.2.12 Sarki áramlatok ... 406
12.5.3 Mit hoz a klímaváltozás Magyarországon? ... 406
12.5.4 Mit tehetek személy szerint én az éghajlatváltozás ellen? ... 408
Irodalomjegyzék ... 412

Ábrajegyzék

1. ábra: A táguló Világegyetem három lehetséges változata 19
2. ábra: Hertzsprung - Russel diagram: A csillagok abszolút fényessége hőmérsékletük függvényében 22
3. ábra: A földgömb vázlatos tagolódása 28
4. ábra: Miller-féle kísérleti berendezés 37
5. ábra: A kémiai evolúció lehetséges lépcsőfokai 38
6. ábra: Az élet fejlődése a földtörténeti korokban 40
7. ábra: Az emberi faj legelső csoportjai között fennálló kapcsolatok 44
8. ábra: A világ lakosságának változása (forrás: US Census Bureau, 2004) 100
9. ábra: A világ lakosságának növekedési üteme (forrás: US Census Bureau, 2004) 101
10. ábra: A világ lakosságának eloszlása (forrás: UN World Urbanization Prospects: The 2005 Revision (2006)) 104
11. ábra: A világ országaiban a lakosság megváltozás 2050-ig (forrás: US Census Bureau, 2004) ... 105
12. ábra: Élveszületés, halálozás, népességszám változása Magyarországon (forrás: KSH, 2007) ... 110
13. ábra: A világ lakosságának korfája 2002-ben (forrás: US Census Bureau, 2004) 114
14. ábra: Magyarország lakosságának korfája 1990-ben és 2006-ban (forrás: KSH, 2006) 115
15. ábra: A születéskor várható átlagos élettartam alakulása 1970-2003 (forrás: KSH) 117
16. ábra: Az Európai Unió (EU) szállítási teljesítményeinek alakulása az elmúlt három évtizedben 124
17. ábra: Az egy utazásra eső károsanyag-kibocsátások alakulása 128
18. ábra: 129
19. ábra: Percben mért városi elérési idők (várakozással) gyalogosan, kerékpárral, személygépkocsival és tömegközlekedési járművel háztól házig tartó utazás/közlekedés esetén. 131
20. ábra: Különböző járművek fajlagos energiafelhasználásának alakulása, MJ/utaskm 134
21. ábra: A fizikai hatások csoportosítása 149
22. ábra: A Föld vízkészlete 208
23. ábra: A víz körforgása 211
24. ábra: A magyarországi vízfolyások és a parti szűrésű víek kivételi helyei 217
25. ábra: A magyarországi vízfolyások vízminősége 217
26. ábra: A víztartó kőzetek magyarországi megoszlása 217
27. ábra: Egy ivóvíztisztító üzem elvi folyamatábrája 220
28. ábra: Nitrogén körforgás 228
29. ábra: A szennyvizek csökkentésének lehetséges módszerei 234
30. ábra: Az esővíz felhasználása a háztartásokban 235
31. ábra: A szennyvíztisztításban általánosan alkalmazott rácstípusok a) mechanikusan tisztított rács; b) íves rács 240
32. ábra: Homokfogó műtárgyak a) vízszintes átfolyású homokfogó; b) levegőztetett homok- és zsírfogó 241
33. ábra: Mikroszűrés 242
34. ábra: Ultraszűrés 243
35. ábra: Fordított ozmózis 244
36. ábra: Teljes biológiai szennyvíztisztítás 247

37. ábra: A szűrő-elhelyező mező jellemző kialakítása 251
38. ábra: Hulladék keletkezés ágazatonként 1990-2002 időszakban..... 297
39. ábra: A keletkezett veszélyes hulladék mennyisége 1991-2002 297
40. ábra: Átmeneti gyűjtők sematikus rajza, méretezéssel 303
41. ábra: Hulladéklerakó általános felépítése..... 312
42. ábra: Energiaforrások csoportosítása forrás szerint 316
43. ábra: Energia-források történelmi és várható jövőbeni megoszlása 317
44. ábra: A világ energiafogyasztásának alakulása 1970-2025 319
45. ábra: Kőolajkészletek a világban (2005) 321
46. ábra: Kőolajárak és a világ politikai eseményei (1947-2006)..... 324
47. ábra: A világon bekövetkezett legnagyobb olajszennyezést okozó hajó-balesetek térképe (Forrás: International tanker ownerspollution federation limited) 327
48. ábra: Földgáztartalékok a világban (2005)..... 328
49. ábra: Széntartalékok a világban (2005) 329
50. ábra: Legnagyobb uránbányák és működő atomerőművek a világban 330
51. ábra: A világ energiafogyasztása 2030-ig régiók szerint 331
52. ábra: A világ energiafogyasztásának alakulása az energiahordozók megoszlása szerint..... 332
53. ábra: A szél potenciál eloszlása Európában..... 333
54. ábra: Egész éves átlagos napenergia mennyiség a Földön 334
55. ábra: A Föld geotermikusan aktív területei..... 337
56. ábra: Hullám-energia kinyerő rendszer vázlata..... 338
57. ábra: Várható energiaforrás megoszlás és hiány a 21. században..... 342
58. ábra: A világ országainak enegriafogyasztása a megtermel GDP-re vetítve (logaritmikus skála) 343
59. ábra: Cserjén megtelepedő zuzmótelep..... 346
60. ábra: Boreális tajga 350
61. ábra: Évi erdőtermelésamazóniai őserdőkben 351
62. ábra: A fajpusztulás becsült értéke a zárt trópusi erdőkben 353
63. ábra: Nitrát lemosódása erdős és leirtott területről (Forrás: Begon et al., 1986)..... 355
64. ábra: Európa erózióveszély-térképe..... 356
65. ábra: Tájkép erdőirtás után… … és a potenciális következmények..... 356
66. ábra: Akác (Robinia pseudoacacia) 360
67. ábra: Gyapjaspille... …..és egy általa lecsupaszított erdő a Balaton-felvidéken..... 361
68. ábra: Turistaút a Bükk-hegységben 363
69. ábra: Olvadó gleccserek..... 377
70. ábra: Óceáni szállítószalag 382
71. ábra: Az El Niño hatásai és távkapcsolatai (világoszöld: nedves és meleg; lila: nedves és hideg; zöld: nedves; piros: meleg; barna: száraz; sárga: száraz és meleg)..... 386
72. ábra: A La Niña hatásai és távkapcsolatai: (világoskék: hideg; lila: nedves és hideg; zöld: nedves; narancs: száraz és hideg; barna: száraz; sárga: száraz és meleg)..... 386

Táblázatjegyzék

1. táblázat: Az Univerzum fejlődéstörténete 23
2. táblázat: A Világörökség egyezmény értelmében kijelölt magyar helyszínek 64
3. táblázat: A Föld felszínének megoszlása a népsűrűség fokozatai szerint 104
4. táblázat: A népeség számának alakulása az Európai Unióban és a csatlakozó országokban, 2003 (forrás: KSH, 2004) 110
5. táblázat: A belföldi vándorlás 2003-ban, ezer fő (forrás: KSH, 2004) 113
6. táblázat: Az összehasonlított közlekedési eszközök energiafogyasztása 132
7. táblázat: Globalitás és lokalitás 142
8. táblázat: A turizmus és a fizikai környezet kapcsolatának elemzése 146
9. táblázat: A természeti környezetre gyakorolt hatások legtipikusabb formái 165
10. táblázat: Az épített környezetre gyakorolt hatások legtipikusabb formái 172
11. táblázat: Hatások eltérő ökoszisztémák esetén 175
12. táblázat: A talaj szerves anyagainak csoportosítása 180
13. táblázat: A hidroszféra vízkészlete 209
14. táblázat: A Föld tíz legnagyobb tavának és a Balatonnak a legfontosabb adatai 212
15. táblázat: A víz szennyező anyagok csoportosítása 219
16. táblázat: A háztartások szennyező forrásai és szennyezőanyagai 220
17. táblázat: A talajvíz szennyezései 222
18. táblázat: Kőolajszennyezéskor kialakuló úszó olajréteg jellemzői 230
19. táblázat: DDT a környezetben 232
20. táblázat: A kórokozók által okozott betegségek és hatásaik 233
21. táblázat: A jellemző hazai LEÉ-ek: 236
22. táblázat: Az atmoszféra összetétele 255
23. táblázat: Természetes légszennyező források és légszennyező anyagok 258
24. táblázat: A London-típusú és a Los Angeles-típusú füstköd jellemzői 262
25. táblázat: A savas ülepedés kialakításában résztvevő komponensek 265
26. táblázat: Az üvegházhatású gázok jellemzői 270
27. táblázat: Az ózonelbontó anyagok jellemzői 276
28. táblázat: A freonokat helyettesítő anyagok tulajdonságai 281
29. táblázat: Magyarország megújuló energiaforrásai 284
30. táblázat: Magyarországon keletkezett hulladék mennyiség 2004-ben 298
31. táblázat: A fejlett ipari országok és Magyarország települési szilárd hulladéka összetételének összehasonlítása (tömeg%) (1988-1990) (Szabó, 1995) 298
32. táblázat: Fontosabb energiahordozók fűtőértéke 318
33. táblázat: Nemzetközileg használt kőolaj mértékegységek átváltása 319
34. táblázat: Egy tonna és egy hordó kőolaj-egyenértéknek megfelelő egyéb mennyiségek 320
35. táblázat: A világon bekövetkezett legnagyobb olajszennyezést okozó hajó-balesetek adatai (Forrás: International tanker ownerspollution federation limited) 325
36. táblázat: Az erdőterület elvárt növelése a Nemzeti Természetvédelmi Alapterv 364

Előszó

Már számos könyv látott napvilágot környezetvédelem témakörben. A témát tudományosabban, részletesebben feldolgozó művek. Véleményünk szerint e műnek is van létjogosultsága. Célunk, a tudományos megközelítéshez még nem megfelelő szintű természettudományos ismeretekkel rendelkező érdeklődők kíváncsiságának kielégítése.

Áttekintjük, hogyan jutott el az emberiség a dúsan zöldellő cédruserdőktől a sivatagig, hogyan tapasztalta meg, hogy a rohamosan fejlődő technológiák áldása mellett bizony hátrányok is felléphetnek. És e negatív hatások nem csak a technológiák, fejlesztések használatának színterén, hanem regionális majd globális szinten is érzékelhetők. Röviden áttekintjük, milyen hatásokat okozunk a levegő összetételében, a víz minőségében, a talajban, s e változásokra milyen vészjelekkel felel bolygónk.

Hiszen környezetünk hőmérséklete fokozatosan emelkedik, nyaraink egyre melegebbek, teleink egyre hűvösebbek, ugyanakkor a szélsőséges időjárás sem ritka. Ennek oka a túlzott üvegházhatású gázok (szén-dioxid, metán) kibocsátása, emellett a sztratoszférikus ózon mennyisége antropogén szennyezők hatására nagy mértékben megfogyatkozott. A felmelegedésnek köszönhetően, a jégkorszakból ránk maradt gleccserek mára eddig soha nem tapasztalt ütemben olvadnak, a jégtakaró egyre csökken, hegységeinket borító hósipkák fokozatosan visszahúzódnak, esetenként eltűnnek. A korábban fehér hóval borított felszinek ezáltal feketére váltanak, így a nap sugarait is kevésbé verik vissza, így egyre gyorsulóbbá válik az olvadás. A fagyott állapotban lévő víz olvadásának köszönhetően megemekedik a tengerszint, ezáltal felhígul mind a sókoncentrációt tekintve, mind pedig a víz hőmérsékletét figyelembe véve. Ezáltal megváltozhatnak, sőt le is állhatnak az óceánban működő szállító szalagok, melyek az érintett területek mikroklímáinak kialakulásáért felelősek. A fokozatos hőmérséklet emelkedés miatt nő a párolgás, ennek köszönhetően az állóvizek – a tavak – felszíne csökken, a légköri páratartalom nő, így tovább fokozódik a felmelegedés. Az esőzés intenzívvé válik, emellett azonban nem ritka a tartós aszály sem. Az erdőterületek egyre gyorsuló ütemben fogynak, ami a szélsőséges időjárás miatt elszaporodott kártevőknek és legfőképen az emberi tevékenységnek köszönhető. Így máris visszaértünk a körfolyamatunk elejére, hiszen ha csökken a zöldnövénnyel borított terület mértéke, akkor csökken a fotoszintézis kapacitás, így több szén-dioxid marad a légkörben, ami tovább fokozza a

felmelegedést. E természeti változások miatt folyamatosan csökken az élővilág diverzitása, emellett az éghajlat és a mikroklíma változása miatt elszaporodnak az endematikus növényi és állati populációk, kiszorítva az őshonos fajokat, mely megint csak biodiverzitás csökkenéshez vezethet.

E könyv a Földünkön megfigyelhető legfontosabb folyamatok változásait kívánja bemutatni.

1 A földi élet dióhéjban

Univerzum, Föld, Ember fejlődése

Naszer Heider

1.1 Bevezetés

Az első világképalkotók Platon (i. e. 437-347) és Aristoteles (i. e. 384-322), akik az akkori eszközök és lehetőségek között hatalmas logikai teljesítménnyel vázolták fel az általuk ismert világ méreteit, feltételezhető határait, anyagát, változás- és mozgásformáit.
Claudius Ptolemaeus (87-150) egyiptomi csillagász rendszerbe formálta a geocentrikus világképet, középpontjában a Földdel, a Föld körüli szférákon a csillagok és bolygók pályáit bonyolult bolygókerékszerű kapcsolatokkal. A geocentrikus világképet a lengyel Kopernikusz (1473-1543) fordította ki a sarkából, a világkép középpontjába a Napot helyezve.
A német Kepler (1571-1630) és az olasz Galilei (1564-1642) dolgozták ki a heliocentrikus világkép addig megismert részleteiből alkotható modelljét, bolygók és holdjaik mozgásának szabályszerűségei alapján. Ebben az időszakban ismerték fel a fény sebességét, a Jupiter holdak keringésének megfigyeléséből levont következtetések alapján.
A környezeti problémák jobb megértését és megoldását illetően segítségünkre lehet, ha megvizsgáljuk a Föld és az Univerzum múltját és megpróbáljuk követni azokat a történéseket, amelyek a jelen természeti környezetünk kialakulásához vezettek.

1.2 Univerzum fejlődése

A jelenlegi természettudományos ismeretek alapján állíthatjuk, hogy az univerzum fejlődése 15-20 milliárd évvel ezelőtt, ún. „ősrobbanás” által kezdődött el. Ennek során igen nagy sűrűségű neutronokból álló anyaghalmaz felrobbanása játszódott le.

1.2.1 Elméletek

A 20. század első évtizedei kiterjesztették ismereteink határait az igen nagy távolságok és az igen kis méretek világa felé. Két nagy elmélet alakult ki az univerzum fejlődésével kapcsolatban:

- **kvantumelmélet**: nagy távolságok felismeréséhez a csillagászat új eszközei, a kis méretek világába, a részecskék matematikai, statisztikai leírásához az atomi világ vizsgálata és a kvantumfizika vezetett.

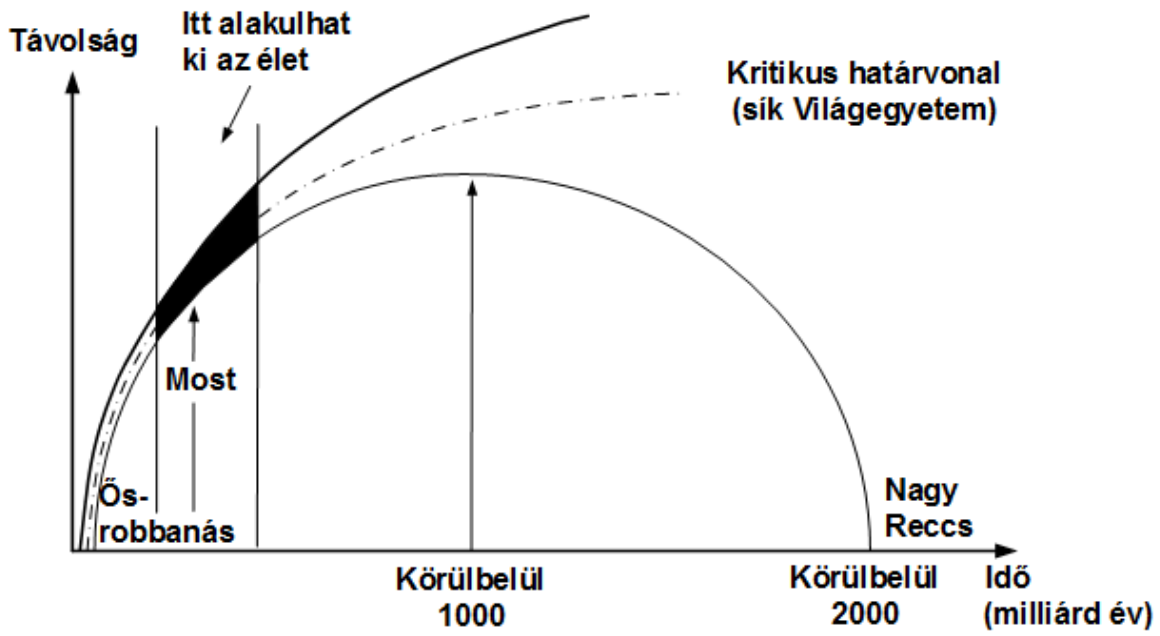
- **relativitáselmélet**: az új ismeretek ötvözésével a világképben gyökeres változást Einstein (1879-1955) munkája jelentette, aki kimutatta, hogy a részecskék tömege nő, ahogy terjedési sebességük közelíti a fény sebességét, és a tömeg átalakulása energiává a következő egyenlet alapján számolható (Einstein): $E = mc^2$, ahol a fény sebessége $c = 300 \times 10^5$ m/s. Az univerzum geometriailag négy dimenzióban képzelhető el: három térdimenzió és egy idő dimenzió. Világrendszerünkben a koordinátarendszerektől egyedül a fény sebessége független, illetve állandó, minden egyéb, sebesség, távolság és idő a megfigyelés helyétől és idejétől függően változó. Kimutatta azt is, hogy a statikus, változatlan világ csak valószínűtlen határeset, a világegyetemnek dinamikusnak, tágulónak vagy zsugorodónak kell lennie. Az univerzum tágulását Fridman orosz tudós számításokkal még, Hubble amerikai csillagász megfigyelésekkel támasztotta alá.

1.2.2 Vöröseltolódás, a tágulás bizonyítéka

Hubble amerikai csillagász az 1920-as években ismerte fel azt a jelenséget, hogy a galaxisoktól érkező fényt spektrális összetevőkre bontva a jellegzetes színek a hosszabb hullámhosszak, a vörös irányába eltolódnak. Az eltolódást a Doppler effektus alapján magyarázva, és Einstein relativitás elméletének tételeit alkalmazva ez arra nyújt bizonyítékot, hogy az Univerzum objektumai a tőlünk mérhető távolságuk függvényében növekvő sebességgel távolodnak tőlünk - táguló világegyetemben élünk.

Az Univerzum fejlődésével foglalkozó kozmológiai elméleteink még nagyon sok megoldatlan problémát tartalmaznak. Kérdéses, hogy minden vöröseltolódás kozmológiai eredetű-e vagy helyi, más okokkal magyarázható? Meddig tart az Univerzum expanziója? A végtelenig, az anyag teljes felhígulásáig, vagy oszcilláló világmindenségben élünk, melyben a kiterjedést ismételt gravitációs összehúzódás követi? A relativitáselmélet szerint e két lehetőség közül valamelyik megvalósulása az anyag mennyiségétől függ (**1. ábra**)

A kritikus határt jelentősen meghaladó sebességgel táguló univerzumok tágulása túl gyors ahhoz, hogy az anyag csillagokká és galaxisokká tudjon sűrűsödni. Ezért az ilyen univerzumokban az élet sem alakulhat ki. A kritikusnál sokkal lassabban táguló univerzumok viszont összeomlanak, még mielőtt a csillagok kialakulnának. A beárnyékolt terület jelzi a kozmológiai tágulásnak azt a tartományát és azt az időintervallumot, amelyben a saját Világegyetemüket megfigyelni képes lények létrejöhetnek.



1. ábra: A táguló Világegyetem három lehetséges változata.

- A „nyílt” Világegyetem végtelen kiterjedésű és örökkön örökké tágul.
- A „zárt” Világegyetem véges nagyságú, végső sorsa az összeomlás, a Nagy Reccs.
- A kettő közti határesetet a „kritikus” Világegyetem jelenti, amely a nyílthoz hasonlóan, ugyancsak végtelenül nagy és tágulása soha nem áll meg.

A tágulásnak a gravitáció miatt lassulnia kell a világegyetem anyagának tömegvonzása miatt. Ha a sűrűség kellően kicsi, a lassulás gyenge, s a tágulás olyan mértékű lenne, hogy az anyag sohasem tudna égitesteket alkotni. Ha az anyag sűrűsége nagyobb, a Világegyetem a gravitáció hatására összeomlana. A mai megfigyelések alapján a Világegyetemünk az örökké táguló és az összeomló Világegyetem modellek közötti igen szűk egyensúlyi ösvényt követi. Jelenlegi állapotában a Világegyetem átlagsűrűsége $2x10^{-29}$ g/cm^3. Ez földi viszonyok között előállíthatatlanul tökéletes vákuumnak felel meg.

1.2.3 Az Univerzum kora és mérete

A táguló Világegyetem alapján következtethetünk a kezdeti pontra. Az 1980-as évektől ismert William Hawking angol tudós munkája, aki a táguló világképből visszafelé indulva alkotta meg a Kezdeti Pillanat, Ősrobbanás, a „Big Bang” modelljét.

Ha az univerzum tágul, s tágulási sebessége időben a távolsággal fokozatosan nő, akkor bizonyosan volt a folyamatnak egy kiindulópontja a téridőben. Ez a pont, szingularitás, a Big Bang, azaz a kezdetek kezdete. Eszerint a jelenlegi Univerzum egy ősanyag gigantikus robbanása következtében jött létre kb. $1 \cdot 10^{10}$- $2 \cdot 10^{10}$ (10-20 milliárd) évvel ezelőtt. Az ősanyag sűrűsége szerinte $10^{25} g/cm^3$, hőmérséklete pedig 10^{16} K lehetett, ezen „tűzgömb" robbanásszerű kiterjedésével magyarázható az Univerzum ma észlelt expanziója.

A mai fizikai és matematikai eszközökkel a folyamat a Big Bang-et követő $T=10^{-43}$ sec-ig (Planck idő) visszavezethető. A Planck idő az ún. kauzális horizont, melynél korábbi történetről jelet nem kaphatunk. A kiinduló téridő (amely dimenzió nélküli ún. szingularitás) megismerése ilyen elvi korlátokba ütközik, így ez a megismerésnek méretbeli és időbeli határait jelenti. Viszont négy alapvető kölcsönhatás együtt szerepet játszott univerzum fejlődése során (10^{-43} s-ig), amelyek alkotják ún. **GUT (Grand Unified Theories) - Nagy Egyesített Elméletet:**

- erős magerők (10^{-36} s),
- elektromágneses erők (10^{-12} s),
- gyenge magerők (10^{-12} s),
- gravitációs erők (10^{-43} s).

A kutatók egyik nagy törekvése, hogy a négy kölcsönhatást egy elmélettel írhassák le (matematikai eszközökkel).

1.2.4 Az Univerzum szerkezete

Az anyag a Világegyetem rendszerén belül az egyetemesen érvényesülő gravitációnak engedelmeskedve rendeződik.

A ma ismert legnagyobb egységek a lokális csoportok, amelyek galaxis halmazokat fognak össze. Ezek mindegyikéhez nagyszámú galaxis tartozik. Ilyen galaxis a Tejút, amelyhez bolygórendszerünk kapcsolódik. A galaxisokat csillagok építik fel, egy-egy galaxisban milliárdot meghaladó számú csillag van.

A galaxisunkat (mely kívülről nézve valószínűleg a többi galaxishoz hasonlóan spirál), csak vékony metszetben, élből láthatjuk, ezért kapta az égbolton megjelenő, csillagokban gazdag vékony sáv a **Tejút** nevet. A galaxisok centruma egyben gravitációs súlypontjuk is. Az

objektum hatalmas gravitációs terébe, mint egy hatalmas üregbe minden közelben lévő anyagfajta „beleesik", a nehézségi erők szorításából még a fénykvantumok sem szabadulhatnak. Az ilyen csillagmaradványokat „fekete lyuk"-nak (*black hole*) nevezik az asztrofizikusok. A galaxis magban uralkodó roppant mértékű gravitáció miatt, a galaxis magjában valószínűleg fekete lyuk alakul ki.

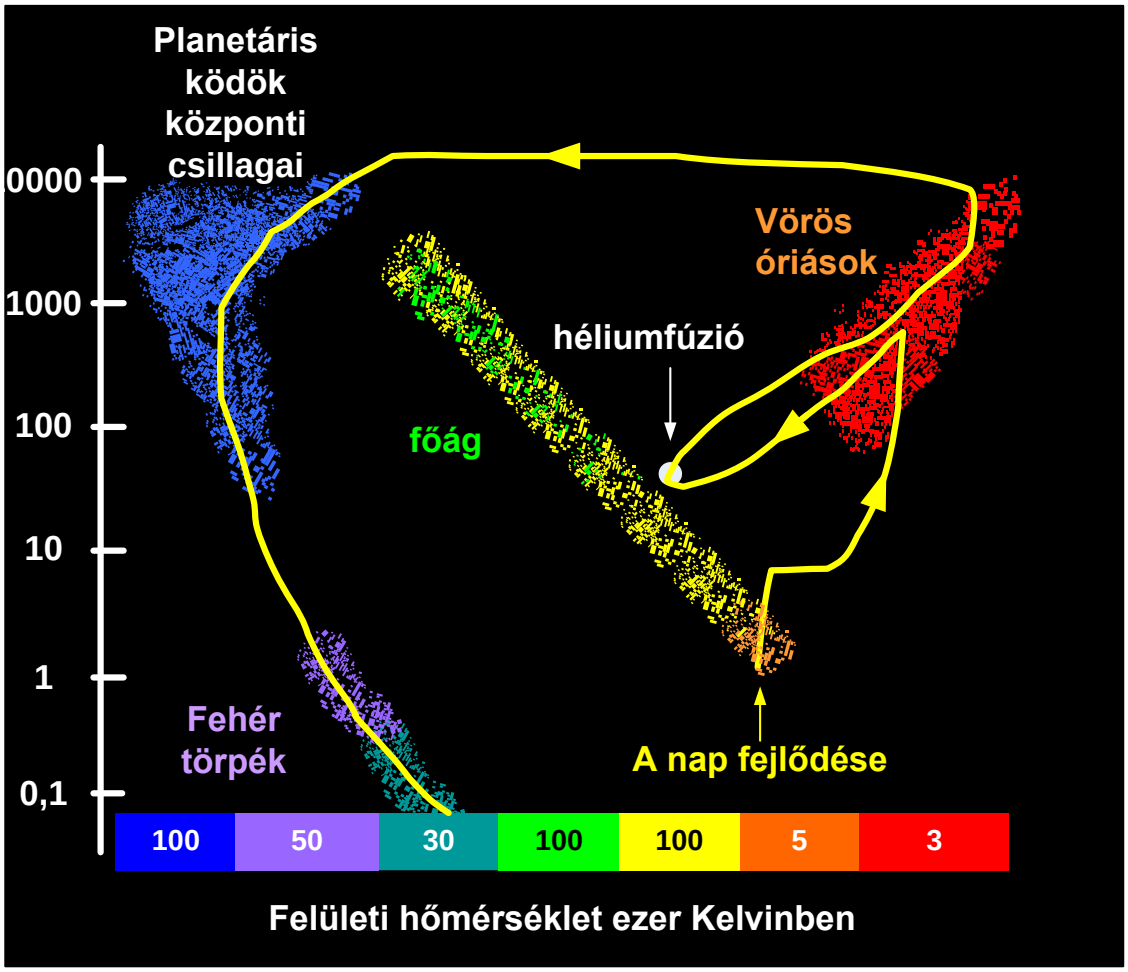
1.2.5 Az ősrobbanás – Nagy Bumm

Az univerzum életének első 10^{-43}s-ről nincs ismeretünk. Az univerzum rendkívül kicsi pontban volt összesűrűsödve (anyag+energia), ebből az állapotból egy óriási robbanás repítette széjjel. A hőmérséklet a robbanás pillanatában néhány milliárd fok lehetett és az azt követő tágulás során a neutronok az üres térbe kerültek, hőmérsékletük csökkent, és proton-elektron párrá, azaz hidrogénatommá alakultak át. Az elektronok ezután pozitronokkal találkoztak, nagy részük megsemmisült, de egy részük megmaradt. 100 s és 3 perc között a neutronok és a protonok magfúziós folyamatok révén atommagokká egyesültek és 300 000 év telt el ahhoz, hogy a világegyetem annyira lehűljön, hogy az elektronok és az atommagok összeállhassanak stabil atomokká. Ekkor indult útjára az a sugárzás, amit ma mikrohullámú sugárzásként figyelhetünk meg.

A csillagok nagy tömegű, hidrogént, illetve héliumot tartalmazó égitestek, amelyek a hidrogén fúziója, héliummá alakulása révén hatalmas tömegű energiát bocsátanak ki magukból, legnagyobbrészt sugárzás formájában (**2. ábra**).

A diagramon jól nyomon követhetjük egy átlagos csillag fejlődését. A csillag életének 90%-át egy stabil sávban, az úgynevezett főágban tölti. Itt főként a proton-proton ciklussal termeli az energiát. Az itt eltöltött idő nagyjából fordítva arányos a csillag tömegével, a nagytömegűek hamarabb elégetik hidrogénjüket. A Naphoz hasonló csillagok mintegy 10 milliárd évet tölthetnek a főágban. Amikor a csillag középpontjában elfogy a hidrogén, megkezdődik a csillag második élete, és bonyolult vándorlása a diagramon. A csillag magjában ekkorra már sok hélium halmozódik fel. A héliummag saját tömegvonzásának hatására összehúzódik és felforrósodik. A fúzió a magot körülvevő héjban folytatódik tovább, ahol még sok a hidrogén. A csillag kitágul, a felszíne lehűl, és a csillag vörös óriás lesz. A magba egyre több „héliumhamu" hullik, így a mag egyre melegebb lesz. Eközben a csillag külső részeiből is egyre több hidrogén ég ki, sugárnyomás kisebb lesz, és a csillag

összehúzódik. Az összehúzódás következtében a felszíni hőmérséklete nő, a csillag megközelíti ismét a főágat. De közben a magjába hullott „héliumhamu” is tovább melegszik.



2. ábra: Hertzsprung - Russel diagram: A csillagok abszolút fényessége hőmérsékletük függvényében

Amikor a hőmérséklete eléri a 100 millió kelvint, beindul a héliumfúzió, a szén és az oxigén képződése is. Ezzel egy őrült tágulás veszi kezdetét. A magban hamar elégő hélium szénből és oxigénből álló nyugodt magot hagy maga mögött, miközben a hélium fúziója egyre kijjebb szorul. A legkülső rétegeket ekkor még mindig a maradék hidrogén fűti. Ekkor a méret a Nap átmérőjének mintegy százszorosa. A roppant nagy tágulás miatt a külső réteg erősen lehűl. A csillag az aszimptotikus óriás ágba került. Innen kezdve a történések felgyorsulnak, és bonyolult pulzálódások is bekövetkezhetnek. Az óriáscsillag magjából a ritka külső rétegekre nagy sugárnyomás nehezedik, valóságos csillagszél fújja le a külső rétegeket Ez a csillagszél mintegy 100 ezer évig fúj, és a csillag teljesen elveszti külső rétegeit. Miközben a csillag megszabadul külső burkától, a csillagmaradvány összehúzódik és felhevül. Megvilágítja ledobott burkát, létrejön a planetáris köd. A sok anyag vesztése miatt azonban fényessége

már nem nő tovább. A központi csillag nukleáris tüzelőanyagai 10-30 ezer év alatt végleg kimerülnek. A csillag hűlni kezd és összehúzódik. A ködjét már nem tudja megvilágítani. A végállapota egy kihunyt csillagállapot, a fehér törpe lesz (**1**. táblázat).

1. táblázat: Az Univerzum fejlődéstörténete

Idő	Hőmérséklet	Fontosabb jelenségek
0		Részecske nélküli massza
10^{-16} s	10^{13} K	Hardon korszak: Gyakorlatilag minden részecske jelen van. Nukleonok és antinukleonok szétválása, majd annihilációja.
10^{-4} s	10^{12} K	Lepton korszak: (elektronok, müonok, neutrínók stb.) A hőmérsékleti sugárzás jellemzőit a részecskék erős kölcsönhatásai határozzák meg. Az annihilációs időszak vége.
1 s	10^{10} K	Foton korszak: A korszak elején a nukleonok kevés szerepet játszanak, a világ csaknem csupa fotonból áll.
10^{6} év	$3 \cdot 10^{03}$ K	Nukleonkorszak: A sugárzás lehűl. A nukleonok energiasűrűsége nagyobb lesz, mint a fotonoké. Az elemi egységek atomokká állnak össze.(H, He).
máig	$3 \cdot 10^{01}$ K	Sűrűsödések korszaka: A helyi sűrűség növekedések gázfelhőkké sűrűsödhetnek és őscsillagokká vagy csillaghalmazokká alakulhatnak át, amelyekben magasabb rendszámú elemek képződhetnek. Felrobbanó csillagok gondoskodnak az újonnan képződő elemek szétszóródásáról, további csillagnemzedékek formálódnak. A csillagok környékén levő porfelhők bolygókká sűrűsödnek. Alkalmas hőmérsékletű és tömegű bolygók felületén szerves anyagok keletkezhetnek.

A kutatók számos forrásból gyűjtöttek össze adatokat. Mintákat vettek a Föld szilárd kérgéből, hidroszférából és az atmoszférából. Vizsgálták a Földre hullott meteorok, a Holdról származó kőzetek anyagát, valamint a kozmikus sugárzás és más égitestekből érkező sugárzás hullámhosszát és intenzitását. Ezek alapján az elemek gyakoriságát az Univerzumban sikerült kellő pontossággal megállapítani. Ezt a következő tények támasztják alá:

- a hidrogén és a hélium a Világegyetem leggyakoribb elemei (hidrogén 93 atom%, hélium ennek tizedrésze)
- az univerzumban a harmadik leggyakoribb elem az oxigén, amelynek koncentrációja a héliuménak mindössze századrésze.

  a páros rendszámú elemek gyakoribbak, mint a mellettük lévő páratlan rendszámúak.

1.2.6 Az elemek keletkezése hidrogénégés során

Az „ősrobbanás" után keletkezett hidrogénatomok szétszóródtak az űrben, de évezredek során a gravitációs erő hatására hatalmas kiterjedésű „felhőkké" álltak össze. Ennek során az anyagsűrűség (hidrogén) megnövekedett, s miközben a gravitációs energia kinetikus energiává (hő) alakult át, a hőmérséklet 10^6-10^8 K-re emelkedett. Ez egyben új csillag kialakulását jelenti. A fenti hőmérsékleten az elektronok a magról leszakadnak és a hidrogén magok kinetikus energiája ekkor túllépi a magfúzió aktiválási energiáját, és megkezdődik a hidrogénégés „hydrogen burning" igen nagy energia felszabadulása mellett miközben hélium atommag (α-részecske) keletkezik (ez a folyamat képezi a hidrogénbomba működésének alapját). A hidrogénégés több lépcsős folyamatban játszódik le, amelyben 4 protonból 2γ-kvantum emisszióval együtt 2 pozitron, 2 neutrínó és héliummag keletkezik (a pozitron pozitív töltésű elemi részecske, tömege az elektronéval azonos, míg a neutrínó töltéssel nem rendelkezik és tömege gyakorlatilag zérus).
A hélium stabilis nuklidjának kialakulásának folyamata:

$$ {}_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H + \beta^+(pozitron) + \nu(neutrínó) + energia $$

$$ {}_1^2H + {}_1^1H \rightarrow {}_2^3He + \gamma + energia $$

$$ {}_2^3He + {}_2^3He \rightarrow {}_2^4He + 2{}_1^1H + energia $$

$$ 4{}_1^1H \rightarrow {}_2^4He + 2\beta^+ + 2\gamma + 2\nu $$

Ezekben a folyamatokban a keletkező anyagok tömege mindig kisebb, mint a reaktánsoké, és a tömegkülönbség az $E = mc^2$ összefüggés szerint energiává alakul át. A keletkező pozitron ezután az elektronnal egyesülve γ–sugárzást eredményez.
A Nap hasonló folyamatban hidrogént éget el a sugárzó energia előállításához, ehhez a Napban található hidrogén mennyisége még 5 milliárd évig elegendő. A csillagban viszont az energiatermelés során a hidrogén elhasználódik, az atomok sebessége, a hőmérséklet és a rendszer sűrűsége növekszik addig a pontig, ahol a további gravitációs hatást a nyomás kiegyenlíti. Ebben az állapotban akár milliárd évekig maradhat stabil a csillag. A héliummagok keletkezése során a csillag belső részeinek sűrűsége tovább növekszik és ez a mag a külső résztől (ahol a hidrogén égése történik) elkülönül. Ha a mag hőmérséklete a 10^8 K-t és sűrűsége 10^5 g/cm^3 értéket eléri, a héliumégés „helium burning" is megkezdődik.

1.2.7 Az elemek keletkezése héliumégés során

Két héliummag ütközése során berillium atommag keletkezik, de ez a mag rövid élettartamú. Ha a berilliummag mellett nagyszámú héliummag van jelen, akkor ebből (sugárzás során) stabilis szénatommag keletkezik a következőképpen:

$$^{4}_{2}He + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{8}_{4}Be$$

$$^{8}_{4}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{12}_{6}C + energia$$

A héliumatommagok lépcsőzetes beépülése során még oxigén, neon és magnézium keletkezik:

$$^{12}_{6}C + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{16}_{8}O + energia$$

$$^{16}_{8}O + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{20}_{10}Ne + energia$$

$$^{20}_{10}Ne + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{24}_{12}Mg + energia$$

Ha a hőmérséklet 1,5 milliárd K, az oxigén és magnéziummagok ütközéséből a következő elemek keletkeznek: Al, Si, S, P, Cl, Ar, K, Ca. Az előző elemek magjából 2 milliárd K esetén a vascsoport elemei keletkeznek, ilyenkor a csillag magjának sűrűsége eléri a 3 millió g/cm^3. Amikor a vascsoport elemei képződnek, az energiatermelés a csillagban lelassul, a csillagmag összehúzódik és a külső rétegek az igen magas hőmérsékletű magba kerülnek, ezáltal a csillag szétrobban (**supernova explosion**). A folyamat során nagy mennyiség csillaganyag szóródik szét a világűrbe. Ilyen szupernova robbanás 400 évenként átlagosan egyszer következik be.

Évezredek elteltével a szétszóródott anyag a gravitációs erő hatására ismét kozmikus felhőkké állt össze. Amint a részecskék kinetikus energiája fokozódott, a hőmérséklet ismét növekedni kezdett és elérte a millió K-es nagyságrendet. Ezzel együtt a héliummag könnyű elemek magjával való ütközés során az energia felszabadulása mellett nagyszámú neutron vált szabaddá. Ezeket a neutronokat a vascsoport elemei befogták és nehezebb elemek magjai keletkeztek (C, O, Si) belőlük. Néhány, nagy rendszámú elem magjából nagy energiájú protonnal, α-részecskével vagy neutronnal való bombázása során illetve kozmikus sugárzás révén nagyobb tömegszámú magok keletkezhetnek (U, F, Li, Ne, Sn stb.).

1.3 A Naprendszer és Föld keletkezése

Rendelkezésünkre állnak a fizikai és kémiai törvények és a megfigyelhető végállapot. A végállapot – a jelenleg megfigyelhető Naprendszer – néhány megmaradó mennyisége (tömeg, perdület, a bolygótestek gravitációs kötési energiája, szilárd anyagú bolygótestek ásványokban kötött kémiai kötési energiája, a kémiai elemek aránya) kezünkbe adja az ősi rendezetlen állapot kezdeti feltételeit. A kezdeti feltételekből és a fejlődési törvényekből modellezhetjük a Naprendszer kialakulását, a mai állapotot pedig ellenőrzésül használhatjuk a fejlődési modell helyességére.

A napjainkban leginkább meggyőző tudományos elmélet szerint, a Naprendszer $5 \cdot 10^9$ évvel ezelőtt, a csillagközi anyagok (atomok, molekulák) gravitációs erő által előidézett kondenzációja révén jött létre. Az összehúzódó rendszer középpontja csillaggá alakult, míg a külső részekből viszonylag nagy sűrűségű, forgó korong képződött. Eközben a gravitáció potenciális energiája hőenergiává alakult át, és a hőmérséklet növekedni kezdett. Ehhez a hőmérséklet-növekedéshez a radioaktív nuklidok spontán, exoterm hasadása is hozzájárult ($^{40}_{19}K$, $^{235}_{92}U$ stb.). Mivel a rendszerben a Nap tömege a legnagyobb, hőmérséklete elérte a 210^7 K-t, és ez elegendő volt a hidrogénfúziós reakció beindulásához (A Nap átmérője 1,4 millió km, tömege a Föld tömegének 333-430-szorosa. Sűrűsége 1,42 g/cm^3. A nehézségi gyorsulás értéke a Nap felszínén a Földének 28-szorosa). A Nap tehát sugárzó csillag lett, míg a többi égitest (protobolygók) a Naphoz viszonyítva lényegesen kisebb tömege miatt nem érhette el a magfúzióhoz szükséges hőmérsékletet.

A Nappá sűrűsödő gázfelhőn kívül maradt, a perdület leadása során lecsatolódott szoláris köd mely a bolygórendszer alapanyaga volt. A szoláris köd hőmérséklete az ős-Naptól távolodva csökkent. A köd hőmérséklet-eloszlása határozta meg, hogy az ős-Naptól adott távolságban mi kristályosodott ki a szoláris ködből. Az ős-Naptól távolodva vas-nikkel, piroxén, földpát, olivin, troilit – a fő meteoritalkotó ásványok –, tremolit, szerpentin, vízjég, ammónia-hidrát, metán-hidrát voltak a legfontosabb kiváló anyagok. A kivált kristályszemcsékből álló „kristálygáz" (porfelhő) lecsatolódott a maradék szoláris ködről, másként hűlt, mint a gáztér, majd rugalmatlan ütközésekkel csomósodott. E csomósodás, a „gravitációs kristályosodás" – mely során a bolygótestek szerkezetében a gravitáció a meghatározó erő – alakította ki bolygórendszerünknek ma is megfigyelhető tömegarányát.

A Naprendszer születésének hipotézisét a következőkkel támaszthatjuk alá:

- A természetben előforduló két uránizotóp ($^{235}_{92}U$, $^{238}_{92}U$) arányából és felezési idejéből a magkémikusok arra következtetnek, hogy a két izotóp 6-7 milliárd évvel ezelőtt egyenlő mennyiségben keletkezett;
- A Holdon, és a Földön előforduló meteoritok elemvizsgálatából arra lehet következtetni, hogy a naprendszer 4,5-5 milliárd évvel ezelőtt alakulhatott ki;
- A Földön lévő legrégibb kőzetet Grönlandon találták és kb. 4 milliárd éves.

1.3.1 A Föld keletkezése és geokémiai fejlődése

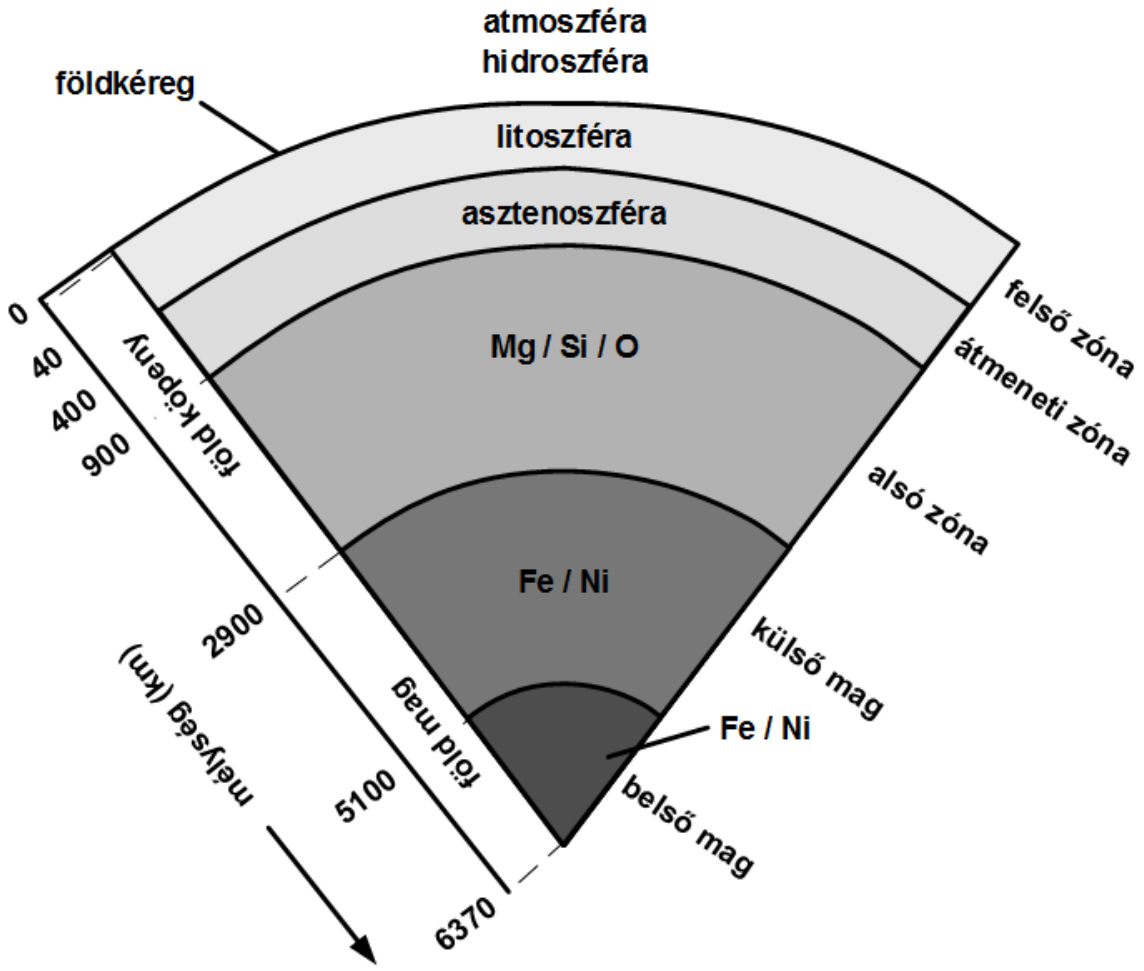
A kozmológusok véleménye nem teljesen megegyező a Föld keletkezését illetően. Ha a bolygók keletkezésének imént bemutatott elmélete igaz, akkor a Föld, a Naprendszer többi bolygója, a meteoritok és aszteroidok eredete közös. Ez az elmélet − hipotetikus jellege ellenére is − támpontot ad ahhoz, hogy az elemek relatív gyakoriságát és eloszlását mai Földünkön értelmezni tudjuk, mivel feltételezhető, hogy valamennyi égitest elemi összetétele eredetileg az intersztelláris köd, illetve a Nap összetételével volt azonos. A gázállapotú és szilárd anyagrészecskék kezdődő kondenzációjának és aggregációjának idején a hőmérséklet néhány száz K lehetett. Ily módon néhány milliárd év alatt a Föld anyagának felmelegedése és részben megolvadása, az alkotók sűrűség szerinti elválása, a kondenzált fázis gázvesztesége, továbbá a földkéreg lassú lehűlése és kristályosodása során alakult ki bolygónk mai szerkezete. A Naprendszerünk szerkezetét pedig a bolygók és a kisebb égitestek mozgásai, és ezek anyagi összetétele határozza meg.

A Föld életkora 4,5-5 milliárd év. Amikor a gravitációs vonzás a Földön stabilizálódott, tömege állandó lett, bár közben meteorok hullottak rá. Ezen evolúció során a radioaktív sugárzás, gázok és porszerű anyagok által termelt hőenergia elegendő volt a Föld anyagának felmelegedéséhez és részbeni megolvadásához, az alkotók sűrűség szerinti elválásához. Az olvadékban a vas és a nikkel a középpont felé mozgott, míg a kisebb sűrűségű szilikátok olvadéka a mag körül, mint burok helyezkedett el. Amint a rendszer kontrakciója befejeződött, az egyetlen hőtermelő folyamat a radioaktív bomlás maradt, így a Föld hűlni kezdett és hőegyensúly alakult ki, azaz a radioaktív bomlás által termelt és a Napból abszorbeált hőmennyiség közel egyenlővé vált azzal, amit a Föld kisugárzott.

Az éppen kialakult égitest felszínén viharok tomboltak, özönvízszerű esők pusztítottak, amelyek során a kőzetekből mállástermékek keletkeztek. A kialakult termékek nagy részét a víz a tengerekbe hordta, a fenéken leülepedve kialakultak az üledékes kőzetek. Az óceánok

felszíne a rá ülepedő kőzetek súlyától besüppedt, és azzal járt, hogy a földkéreg más helyeken kiemelkedve hegységek képződtek.

A Föld kialakulásakor létrejött ősatmoszféra a szilárd fázisból távozó gázokból állt, és kémiai összetétele miatt (H_2, N_2, H_2O, CO_2, CO, CH_4, H_2S, NH_3, He és más nemes gázok) reduktív volt. Mivel az oxigén és a kén nem volt elegendő mennyiségben, először legpozitívabb elemek oxidálódtak, a fémek oxidokat és szulfidokat képeztek. A gázok és folyadékok vassal, vasoxidokkal, és szilikátokkal érintkezésbe jutottak, míg az olvadt, elemi formában visszamaradt vas redoxifolyamatokat váltott ki. A folyékony vas nagyobb sűrűsége révén a Föld középpontja felé mozgott, redukálta a pozitívabb redoxpotenciálú ionokat és a kevésbe reakcióképes fémek (Ni, Au, Pt stb) egy részével ötvözeteket képezett. A kisebb sűrűségű oxidok, szulfidok pedig a külső régióban dúsultak fel. Ezen folyamatok eredményeként, amelyek közel egy milliárd évig tartottak, alakultak ki a Föld főrétegei, a földkéreg, a földköpeny és a földmag (**3. ábra**).



3. ábra: A földgömb vázlatos tagolódása

Földünket a lemeztektonikai mozgások tartják „életben”, így elkerülte a Hold sorsát, mely 2 milliárd év óta geológiai értelemben halott. A földi litoszféra anyaga szerint megkülönböztetünk kissé sűrűbb (3,0 g/cm^3), Si-ban szegényebb, Fe- és Mg-ban gazdagabb óceáni litoszférát, valamint Si-dús alkáliákban gazdag, könnyebb (2,7 g/cm^3) kontinentális litoszférát. Szerkezetileg sem egységes a kőzetöv, hiszen több mint tucatnyi kisebb-nagyobb lemezre tagolódik. A tektonikai és vulkáni jelenségek túlnyomó része e lemezek határaihoz kötődik, mivel a lemezek a köpenyanyag konvekciós áramlatai miatt állandó mozgásban vannak egymáshoz és a Föld tengelyéhez képest.

1.3.2 A Föld atmoszférájának és hidroszférájának evolúciója

A Föld az evolúció kezdeti szakaszában atmoszférával és hidroszférával nem rendelkezett.
A Föld fokozatos lehűlése során a fizikailag vagy kémiailag kötött gázok vulkáni tevékenység hatására felszabadultak és a Föld felületére jutottak. Ezek a gázok és folyadékok vassal, vas oxidokkal és szilikátokkal kerültek érintkezésbe. A hegységképződési folyamatokkal együtt járó vulkáni folyamatok révén a Föld redukáló ősatmoszféráját kb. 3,5 milliárd éve elsősorban vulkáni folyamatokból származó gázok alkották (H_2O, CO, CO_2, H_2, He, N_2, NH_3, CH_4, H_2S, SO_2 stb.), elemi oxigént viszont még nem tartalmazott.
Kőzettani bizonyítékaink vannak arra, hogy 3,8 milliárd évvel ezelőtt már kiterjedt és mély, cseppfolyós halmazállapotú víztömeg, óceán borította Földünk jelentős részét.
Naptól távolabbi pályáján a Föld vízkészlete hűvös óceánokban gyűlt össze, melyek párolgása kezdettől fogva mérsékelt volt, a légkör vízpárája rövid idő után visszakerült a tengerekbe. Egy forró, archaikus ősóceánról való spekuláció teljesen kizárható, hiszen ez esetben a hidroszféra egésze még a prekambriumban eltűnt volna.
A földi óceánok víztömege gyorsan gyarapodott. Lehet, hogy nagy része már az archaikum legelején összegyűlt. Eszerint az első 1 milliárd évben a tengerek mai víztömegének 75%-a már a „hűvös óceánban” volt. Más vélemény szerint az archaikum végére (2,5 milliárd év) érte el ugyanezt az értéket a hidroszféra tömege. Ez azért valószínűbb, mivel figyelembe veszi az első 800 millió év planetezimál-bombázásának hatását, az igen intenzív archaikumi kigázosodási folyamatokat, továbbá a litoszféra fejlődéséből adódó izosztatikus kalkulációkat. Mindkét felfogás szerint a hidroszféra már 2 milliárd éve, az óproterozoikumban elérte teljes mai tömegét. Az ősóceán mélységei az archaikum végére

elérhették a 3-4 km-t, hiszen eddigre a kontinentális litoszféra vastagsága átlagosan már 30 km volt.

A CO_2 sorsa szorosan összefügg a vízével. A szomszéd bolygók légkörében a CO_2 azért halmozódhatott fel, mert folyékony vizüket elvesztették. A szén-dioxid csak a vízzel reakcióba lépve, ill. abban oldva tud intenzív kémiai mállást okozni. Ez a mállás egyben le is köti a CO_2 egy részét, sőt a karbonátos üledékképződéssel a litoszférába, mint süllyesztőbe be is építi. A másik szén-dioxid-fogyasztó a bioszféra fotoszintetizáló, autotróf része, mely szerves anyagot állít elő a CO_2 szenéből. Igaz, hogy mind a karbonátos kőzetekből, mind a szerves anyagú üledékes kőzetekből (olajpalák, kőszén, kőolaj, földgáz) bizonyos CO_2-hányad visszakerül a körforgásba mállás, vulkanizmus, ill. oxidáció útján azonban igen jelentős mennyiség, mint fosszilizálódott szerves anyag − akárcsak a karbonátok − a litoszféra süllyesztőjében marad.

A szén-dioxid egy része a tengerekben oldódott, és mivel parciális nyomása a mai érték sokszorosa kellett hogy legyen, a prekambriumi óceán enyhén savanyú (pH=6) volt, szemben a jelenkori tengervíz gyengén alkalikus jellegével (pH=8). Ennek számos geológiai bizonyítéka van, ugyanis 6-os pH-nál a tengervízben oldott kovasav SiO_2 alakjában kicsapódik, míg mészkő nem válhat ki. Valóban, az archaikum és óproterozoikum leggyakoribb üledékes kőzetei közé tartozik a tűzkő, mely a SiO_2 (opál) diagenezise által jön létre. E tűzkő kémiai kiválás eredménye, és evaporitnak tekintik. Kovás iszap és tűzkő ma is, meg az elmúlt 600 millió évben is nemritkán lerakódik, ill. lerakódott a tengerek mélyén. E tűzkő azonban kovavázas szervezetekből felhalmozódott biogén üledék kőzetté válásának terméke.

A kicsapódó SiO_2-gél kitűnően megőrizte a cyanobaktériumok, kékeszöld algák struktúráit, sőt bomlékony szerves anyagokat, így aminosavakat is. Mindezek egyébként nem fosszilizálódnak, nyomtalanul elbomlanak még anoxikus környezetben is.

Végül az egyik legfontosabb kérdéskör az O_2 felhalmozódásának története a földi atmoszférában. Az archaikum magnetitlemezes, tűzköveinek képződéséhez valamennyi kevés oxigén jelenlétére szükség volt. Az óceán vize tehát már 3,8 milliárd éve tartalmazhatott szórványosan oxigénmolekulákat.

Az oxigén forrása a CO_2 és a H_2O. Ezekből hasad le kétféle módon. Az egyik a szervetlen fotodisszociáció. A Napból érkező ultraibolya sugarak a H_2O-párából hasítják le az oxigént, a könnyű H^+-ionok kiszöknek a világűrbe, az oxigén lesüllyed a mélyebb légrétegekbe és

ózonná (O_3) egyesül, s ez bizonyos határon túl megvédi a vízgőzt s további disszociációtól. A kutatások szerint az ily módon keletkezett oxigén kevesebb, mint 0,1 %-a lehetett a mai oxigén tartalomnak (**Urey-pont**).

A fotodisszociáció jelentősége a Föld őskorában nagyobb lehetett, mivel a csillagászok véleménye szerint a Nap UV-sugárzása néhány milliárd évvel ezelőtt sokkal erősebb volt, mint ma. Jelenleg tízezerszer kevesebb oxigén keletkezik ily módon, mint fotoszintézissel. A folyamat önszabályozó, hiszen az ózon elnyeli az UV-sugarakat. Feltételezhető, hogy amióta csak van vízpára a Földön, kis mennyiségű O, O_2, O_3 feltűnése a légkörben és kevés O_2-molekula a tengervízben rendszeresen előfordult. Talán olyan arányokban, mint a Marson? Ezt az oxigént azonban rögtön lekötötte a tengervízben a Fe^{++}, a kén és a szerves anyag. A szárazulatokon is reakcióba lépett az oxidációra hajlamos ásványokkal. Általában azonban az oxigén jelenléte és az oxidáció nem volt jellemző az archaikumban.

A szén-dioxidból szerves fotoszintézis hasítja le az oxigént:

$$CO_2 + H_2O + x \rightarrow CH_2O + O_2$$

A CH_2O szerves anyag, „x" azaz energia, amit a napsugárzás látható fénytartományába eső része szolgáltat. A fotoszintézist a klorofill katalizálja. A klorofill szintéziséhez molekuláris oxigénre is szükség van. Ez alátámasztja azt a feltevést, hogy a fotodisszociációs eredetű oxigén már a fotoszintézist megelőzően előfordult az óceánok egyes régióiban. Fosszilis porfirinféléket már egyes tűzkövekből kimutattak, s ez jó összhangban van szintén közel 3 milliárd éves sztromatolit-előfordulásaival. A sztromatolitokat, e lemezes szerkezetű mészkő (ritkán dolomit vagy tűzkő) olyan prokarióták, kék-zöld algák választották el, melyek fotoszintézist végeztek, és nagy részük oxigéntermelő volt. 3 milliárd éve tehát az O_2 mennyisége lassú növekedésnek indult. E folyamat azonban a sztromatolitok globális elterjedésének csúcspontjáig, 0,7 milliárd évvel ezelőttig rendkívül lassú volt. Fontos lassító tényező lehetett, hogy a vasionokban dús, savas tengervizekben keletkező oxigént a vas azonnal lekötötte. A beinduló SO_4-képződés is fogyasztotta az oxigént.

A kétmilliárd évnél idősebb óceán és légkör általában reduktív volt; egyes üledékes kőzeteiben törmelékes uraninit- (UO_2) és pirit- (FeS_2) szemcsék találhatók. Ezek az ásványok csak reduktív közegben képződnek és maradnak fenn. Az FeO/Fe_2O_3 aránya jóval nagyobb a kétmilliárd évnél idősebb ásványokban. További érv: a prekambriumi üledékes kőzetekből hiányzik a glaukonit, mely Fe^{+++}-ban dús tengeri szilikátásvány. A vasérclemezes tűzkő szórványos előfordulása már az archaikumból ismert, de a középső proterozoikum után már

nem keletkezett. A geológusok úgy vélik, hogy a korai proterozoikumban már volt annyi oxigén a tengerekben, hogy a Fe^{++}-ionokat oldhatatlan magnetit, majd hematit formájában kicsapja. Ez volt a vas kiülepedésének nagy korszaka, ekkor képződött a Föld vasérckészletének nagy része. A légkör ekkor még mindig igen szegény volt oxigénben. Egyetlen forrása a fotodisszociáció volt. Ugyanakkor a tengerekben, 10 m-nél nagyobb mélységben, ahová az UV-sugarak a víz abszorpciója miatt nem hatolhattak le, a fotoszintézis egyre több oxigént termelt.

Oxigén (valószínűleg ózon) nyomokban azonban volt a légkörben is, amit a „vörös rétegekbe" óproterozoikumi első megjelenése indikál (2,5 milliárd éve). 1,8 milliárd évtől igen gyakoriak a „vörös rétegek" a földtörténet kőzettárában. A „vörös rétegek" megjelölés gyűjtőneve az olyan, főleg homokkőből és iszapkőből álló, tengerszint felett lerakódott üledékes kőzeteknek, melyekben a szemcsék egy részét a hematit (Fe_2O_3) vékony vörös hártyája vonja be. A vörös rétegek oxidatív környezetet jeleznek. A vörös rétegek nagy tömegű, globális elterjedésének ideje 1,8 milliárd év. Azt követően elfogyott a Fe^{++} a tengervízben, nem maradt, ami megkösse az oxigént, és az óceánokból egyre több oxigén jutott a légkörbe.

Ekkortól az oxigén már a szárazföldeken is számottevő geológiai tényező. Egyidejűleg az óceánok oxigéntartalma is növekedhetett. A kén, kénhidrogén oxidációja is befejezéséhez közeledett, gyarapodott az SO_4-ionok mennyisége. A legrégibb anhidrit-rétegek ($CaSO_4$) 1,3-1,0 milliárd évesek.

Az óceánokban a kezdetektől bőven volt szerves anyag, részben fejlett molekulák formájában. E szerves anyag még az archaikumban metánból és ammóniából képződött. Néhol a tengeráramok összemosó hatására a szerves anyag koncentrálódott, az általában anoxikus környezet megóvta a szerves anyagokat, melyek koncentrálódásuk helyén kémiai, majd biológiai evolúción mentek át.

1.3.3 Kontinensek vándorlása

Ha a lemezek mozgását időben visszafelé nyomozzuk, azt tapasztaljuk, hogy az Atlanti-óceánt határoló földrészek egykor egyetlen összefüggő szárazulatot alkottak, amely körülbelül 180 millió évvel ezelőtt hasadt darabokra. Ezt a szárazulatot Alfred L. Wegener német meteorológus, aki 1912-ben elsőként fogalmazta meg a kontinensvándorlás elméletét, Pangeának, vagyis „az összes szárazföldnek" nevezte el. Elmélete mellett szólnak azok a geológiai bizonyítékok, melyek szerint a kontinensek peremeinek bizonyos, 180 millió évvel ezelőtti jellemzői igen nagy hasonlóságot mutatnak. Az ősi állatfajok elterjedése és az éghajlati területek egykori eloszlása szintén igazolja ezt az elképzelést.

A kutatók számára mindinkább világossá vált, hogy nem a Pangea volt az első szuperkontinens. A hetvenes évek elején J. Tuzo Wilson (akkoriban a Torontói Egyetem kutatója) azt állította, hogy az óceánok periodikus kinyílásával és bezáródásával párhuzamosan, a Föld belsejében lezajló termikus folyamatok szétszórhatják, majd újra „összeilleszthetik" a kontinenseket. Feltevése szerint létezik egy szuperkontinens-ciklus, amelynek a periódusideje körülbelül 500 millió év.

E periódus létezésének legfontosabb bizonyítékai közé tartoznak a földtörténet forradalmi időszakai, amelyekben a hegységek és a kontinentális hasadékvölgyek kialakultak, s amelyek a jelek szerint nagyjából 500 millió évenként követték egymást. Először a legutóbbi szuperkontinens, a Pangea geológiai folyamatai, az 500-700 millió évvel ezelőtt lezajlott geológiai eseményei, amelyek vélhetőleg egy korábbi szuperkontinens kialakulását kísérték, s amelynek következtében jelentősen megváltozott a környezet, többek között a tengervíz összetétele, a globális éghajlat és a világtenger szintje. Ezek a változások nagy hatással lehettek az élet fejlődésére is. E folyamatokkal egyidőben tűntek fel az első összetett, többsejtű szervezetek, amelyek azután kikövezték az utat a mai élőlények − közöttük az ember − kifejlődése előtt.

Mi okozhatta a Pangea – vagy bármely korábbi szuperkontinens – feldarabolódását?

Két, egymást kiegészítő elmélet igyekszik ezt megmagyarázni. Don L. Anderson (Kaliforniai Műegyetem) szerint a szétesés oka abban keresendő, hogy a kontinentális kérget felépítő kőzetek hővezetőképessége kisebb, mint a vékonyabb és sűrűbb, bazaltos óceáni aljzat kőzeteié. Ennél fogva a nagy kiterjedésű kontinensek vagy szuperkontinensek szigetelő lepelként viselkednek, és visszatartják a köpenyből feláramló hőt. Ennek következtében a

kontinensek alatt megemelkedik a hőmérséklet éppen úgy, mint egy elektromos párnára tett könyv alatt. Ahogy a hő felhalmozódik, a litoszféra alját alkotó anyagok sűrűsége csökken, miáltal a szuperkontinens felboltozódik, majd szétreped. A túlhevített asztenoszférából feláramló kőzetolvadék gyorsan kitölti az így keletkezett hasadékokat, amelyek a szuperkontinens darabjainak távolodásával egyre szélesebbek lesznek.

A szuperkontinensek széthasadását magyarázó másik elmélet, mely szerint ez a folyamat a Föld tengely körüli forgásával van összefüggésben, Andrew Hynes (McGill Egyetem) nevéhez fűződik. A szuperkontinensnek nagy az impulzusnyomatéka, mivel kiemelkedett kőzettömegek alkotják, s emiatt a Föld felszíne egy kicsit „féloldalas". E nyomaték hatására feszültség ébred a szuperkontinensben, ami végül ahhoz vezet, hogy ez magától széthasad.

Valószínűleg mindkét folyamatnak része volt a szuperkontinensek feldarabolódásában. A kontinensdarabok közötti hasadékokat kitöltő, az asztenoszférából származó anyag természeténél fogva sűrűbb a kontinentális kéregnél, mivel gazdagabb az olyan elemekben, mint a vas és a magnézium. Ezért a felnyomuló magma lehűlve és megszilárdulva lesüllyed és mélyen fekvő területté válik, amelyet azonnal víz önt el, s ezáltal új óceáni medence alakul ki. Az a hasadékvölgy, amelyen keresztül a forró anyag felnyomult, a tágulás központjává lesz: ezt szakszóval óceánközépi hátságnak nevezzük. Mivel a forró anyag feláramlása folyamatos, az óceán aljzata egyre tágul, és a különböző földrészek eltávolodnak egymástól. Ez a folyamat zajlik jelenleg is az Atlanti-óceán közepén, ahol új kéreg alakul ki, miközben Amerika egyre messzebb vándorol Európától és Afrikától.

A földrészek szétszóródásának folyamata nem tarthat a végtelenségig. Az óceáni kéreg annál hidegebbé és sűrűbbé válik, minél tovább van a felszínen. Így az óceáni aljzat a hátságtól távolodva egyre lejjebb süllyed. S valóban, az Atlanti-óceán aljzatát vizsgáló tudósok megfigyelték, hogy az a hátságtól nagyobb távolságban egyre idősebb, és egyre mélyebben fekszik. Az Atlanti-óceán legidősebb kőzetei az óceán középrészének peremén találhatók, s mintegy 180 millió évesek. A mélytengeri árkok, például a mai Csendes-óceánban található Mariana-árok is, azokon a helyeken húzódnak, ahol a hideg óceáni kéreg alábukik a Föld belsejébe. Ezt a folyamatot nevezzük **szubdukciónak.**

A Pangea sok millió év alatt, ismétlődő ütközések során alakult ki. Körülbelül 380-420 millió évvel ezelőtt Laurencia (a mai Észak-Amerika nagy részét magába foglaló kontinens) összeütközött Baltikával (Európával). E két földrész alakította ki Laurázsiát. Ezután, a 360-270 millió évvel ezelőtti időszakban Laurázsia a mai Afrika, India, Dél-Amerika, Ausztrália

és Antarktisz darabjaiból álló Gondwanával, valamint Ős-Szibériával ütközött. Így született meg a Pangea.

Földrészek ütközésekor a kontinentális rész összetöredezik. Az egyik kontinens széle rátolódik a másikra, s így az eredetileg vízszintes kőzetrétegek nagy területen deformálódnak, meggyűrődnek. Ennek következtében az ütközési övben a kontinentális litoszféra sokkal vastagabbá válik. Az ütközéskor ébredő nyomóerők megemelik a feltorlódott kontinentális lemezt, és ily módon magas hegységek alakulnak ki. E hegységek lepusztult maradványai ma is megtalálhatók azokon a területeken, ahol a Pangeát létrehozó lemezdarabok „összeforrtak".

A Pangea feldarabolódásának első szakaszában, 180-140 millió éve, Laurázsia levált Gondwanáról, és a mai Észak-Amerikát képező része észak felé indult. Ez az irányváltás Észak-Amerika nyugati peremén a szomszédos óceáni kéreg alábukását idézhette elő. A geológiai vizsgálatok szerint akkor valóban vulkáni és mélységi magmás folyamatok játszódtak le, amelyek a kelet-kaliforniai Nevadai-hegység képződéséhez kapcsolódtak. A keletkező kőzetek mészalkáli összetételűek.

A feldarabolódás második szakasza mintegy 140 millió évvel ezelőtt zajlott. Gondwana darabokra hasadt, Laurázsia pedig Észak-Amerikára és Eurázsiára vált szét. Laurázsia szétválása a korábbi északiról nyugatira változtatta Észak-Amerika mozgását. Ezek az események egybeestek az Észak-Amerika nyugati felén megfigyelhető hegységképződés mozzanataival. Ebben az időszakban jöttek létre a Föld kontinenseinek magvai az ún. őspajzsok. Hét különböző pajzsot különítenek el: Fennoszarmácia (európai lemez), Angara (ázsiai lemez), Laurencia (észak-amerikai lemez), Afrika, India, Ausztrália, Antraktisz. A kutatások kimutatták, hogy a kontinensvándorlásból adódó ősföldrajzi helyzet, az éghajlat és az élővilág fejlődése között szoros összefüggés van.

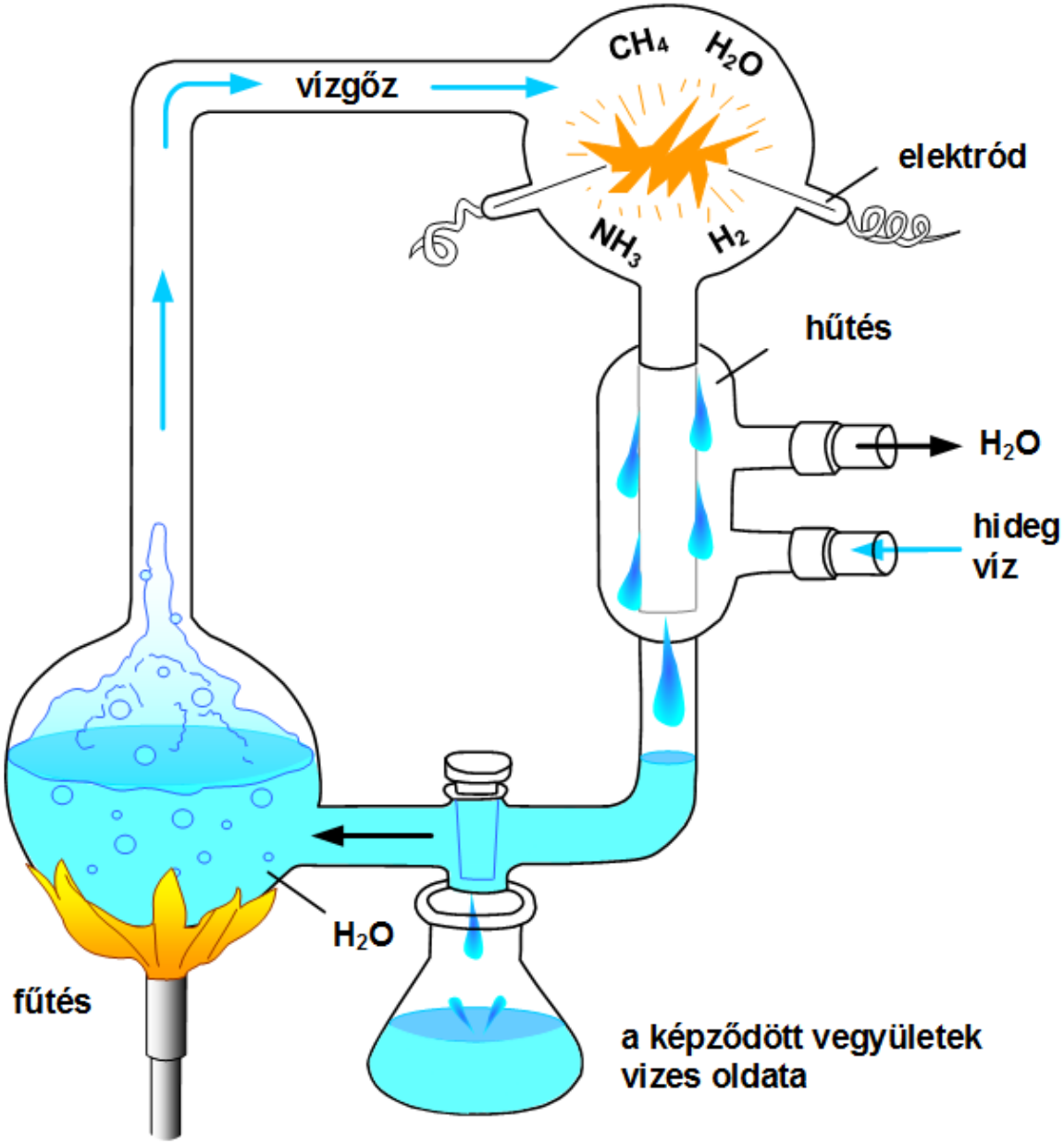
1.4 Az élet keletkezése

A Földön talált legidősebb szerves maradványok kb. 3,5 milliárd évesek, de maga az élet kialakulása 3,8 milliárd évnél korábban nem következhetett be, mert akkor hűlt le a Föld annyira, hogy a cseppfolyós víz megjelenhetett a felszínén. Az élet fejlődését a kutatók négy szakaszra különítik el:

- kémiai evolúció
- prebiológiai evolúció
- biológiai evolúció
- társadalmi evolúció

1.4.1 Kémiai evolúció

A **kémiai evolúció** során az ősatmoszféra, illetve az őshidroszféra egyszerű anyagaiból kémiai úton, az akkori körülmények között rendelkezésre álló energiaforrások felhasználásával összetettebb molekulák, biomonomerek és biomakromolekulák keletkeztek. A csillagközi térben sikerült kimutatni többatomos molekulákat, illetve reakcióképes gyököket. Ezek a következők: CH, CH_4, C_2H_2, CH_3OH, C_2H_5OH, HCOOH, HCHO, $HCONH_2$, HCN, CH_3CN, N_2O, NO, NH_3, HS, H_2S, COS, H_2O, OH, CO, CO_2.
Ezen vegyületek közül több olyan reakció prekurzora vagy köztiterméke lehetett, amelyek végül aminosavak és szénhidrátok szintéziséhez vezettek, ezzel megnyitva az utat a biológiai rendszerek kialakulásának.
Kémiai kísérletekkel (S.L. Miller, 1953) a Föld őslégkörét reprezentáló gázelegyben (H_2, NH_3, H_2O, CH_4) elektromos kisülésekkel sikerült a sárga oldat analízisével bonyolult szerves vegyületeket, egyes aminosavakat előállítani (pl. tejsav, ecetsav, alanin, glutaminsav, aszparaginsav). A kísérlet egyik eredménye, hogy aminosavak a Föld evolúciója kezdeti szakaszában organizmusok nélkül is keletkezhettek (**4. ábra**).



4. ábra: Miller-féle kísérleti berendezés

Az aminosavak képződését egyszerű cukrok és zsírsavak kialakulása kísérhette. Ezekből további energiaközlésre, víz jelenlétében makromolekulák (proteinek) keletkezhettek. Ha a gázelegy HCN-ot is tartalmazott, purin és pirimidin képződését is megfigyelték. Az utóbbiak a DNS és RNS fontos alkotói (**5. ábra**).

A későbbiekben számos hasonló kísérletet végeztek, amelyek során bebizonyosodott, hogy ezen az úton cukor, nukleotid, nukleozid képződésére is lehetőség van. Pl. szilárd aminosavak száraz keverékét lassú hevítése során, több ezres tömegű, fehérjéhez hasonló anyagot

nyerünk, amelyet protenoidnak neveznek, s ezek szerkezete vízben az élő sejtekéhez, továbbá egyes baktériumokhoz is nagyon hasonlít.

5. ábra: A kémiai evolúció lehetséges lépcsőfokai

1.4.2 (Pre)Biológiai evolúció

A **prebiológiai** szakaszban a feltételezés szerint a primitív Föld felületén ilyen protenoidok is keletkezhettek, s ezekből illetve a biomakromolekulákból ún. preorganizmusok, szervezett elemek fejlődtek ki. Ilyen szerves eredetű kémiai fosszíliákat, fonalszerű, gömbszerű képleteket találtak Ny-Ausztrália, D-Afrika 3,5-3,3 milliárd éves kőzeteiben.

Legfontosabb biomakromolekulák a nukleinsavak és a fehérjék, mint pl. DNS és RNS, amelyek képesek arra, hogy információkat tároljanak és közvetítsenek, s a proteinek szintézisét irányítsák, következésképpen önmagukat szelektíven egyre komplexebb állapotba stabilizálni, a környezethez alkalmazkodni, illetve fejlődni képesek.

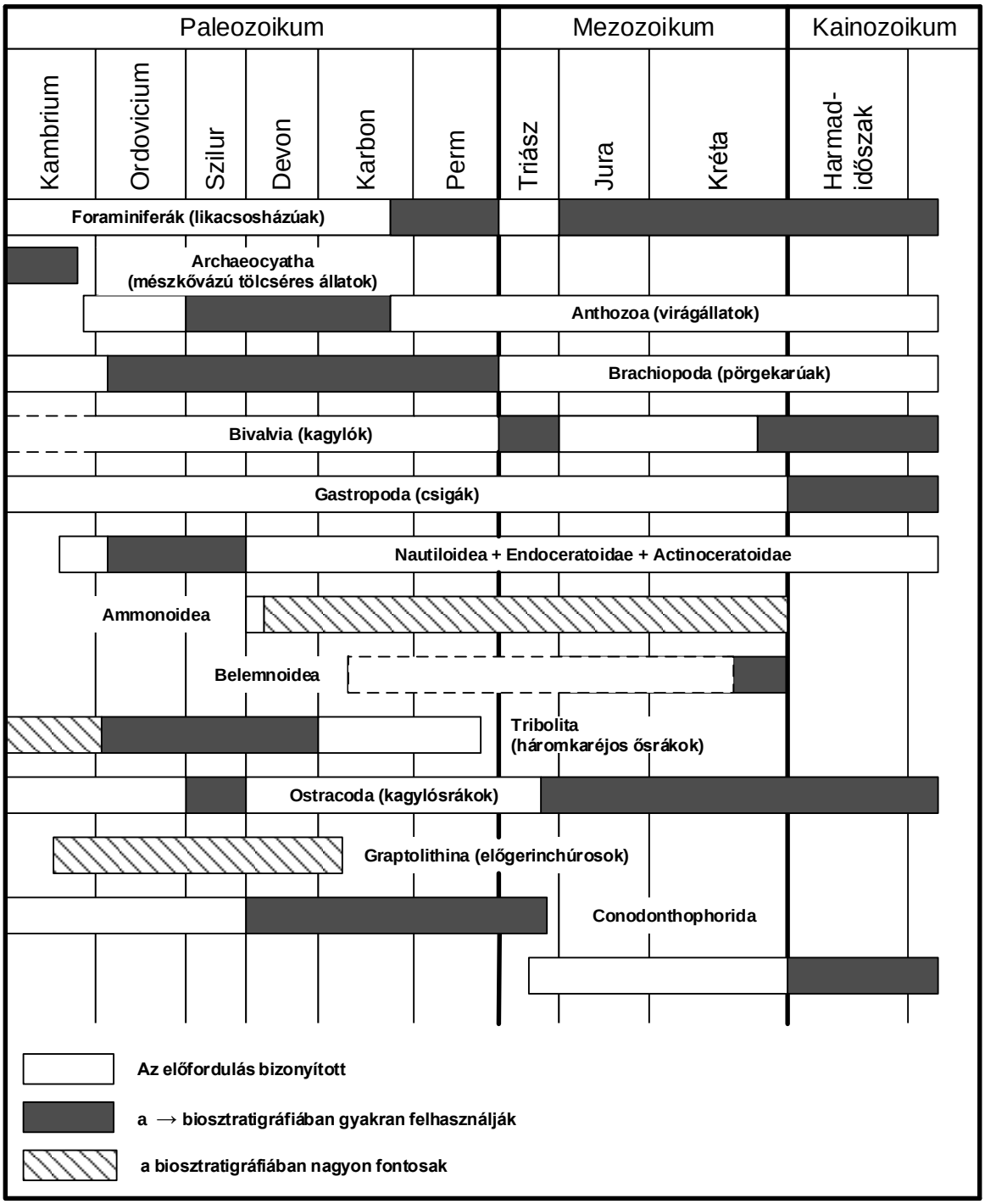
A **biológiai szakaszt** a sejt megjelenése határolja el. Az „Ősleves”-ben kifejlődő első organizmusok még valódi sejtmag nélküli egysejtűek (procaryota) voltak. Feltételezhető hogy a preorganizmusokból fejlődhettek ki az óceánok sekély parti vizeiben, UV-fényt kiszűrő vízréteg alatt. Ezek nagy valószínűséggel anaerob, heterotrófok voltak, amelyek az életfunkciókhoz szükséges energiát oxigén távollétében szerves makromolekulákból és fermentációs folyamatokból nyerték. Procaryota baktériumok és egyszerű algák lenyomatait találták meg D-Afrika 3,9 milliárd éves kőzeteiben. Később autotróf organizmusok jöhettek létre, amelyek képesek voltak külső energiaforrás segítségével egyszerű vegyületekből összetett molekulákat felépíteni. Ezek először kemoautotrófok, később fotoautotrófok voltak, az utóbbiak az energiához fotoszintézis révén jutottak, és már oxigént állítottak elő.

A fotoszintetikus oxigéntermelés szempontjából a cianobaktériumok (kékalgák) játszottak fontos szerepet. A kékalgák ettől kezdve gyakoribbá válnak, más kontinensek kőzeteiben is megtalálhatóak voltak. A 3-2,7 milliárd éve mind nagyobb tömegben előforduló kékalgák fotoszintetizáló tevékenysége hatására az O_2 mennyisége növekedni kezdett a légkörben. Az

oxigén nagy részét még az atmoszféra és a földkéreg redukáló anyagai fogyasztották el, főként a szulfidok szulfátokká és vas(II)vegyületek vas(III)vegyületekké való átalakulása során. Az oxigén növekedése lehetővé tette, hogy megjelenjenek valódi sejtmagos egysejtűek (eucaryota), amelyeknek első képviselőit Ausztráliában, kb. 1 milliárd éves kőzetekben találták.

Az ózonréteg kialakulása előtt az ultraibolya sugárzás teljes spektruma elérte a földfelületet (ózon az O_2 fotolízise során keletkezik, $\lambda \leq 242$ nm).

Ezért az organizmusok addig csak vizes közegben létezhettek, amíg az atmoszféra oxigéntartalma el nem érte a mai érték 1%-át (**Pasteur-pont**). Az ózonréteg kialakulása után fokozódott az oxigéntermelés, mivel az ózonréteg védő hatása miatt meggyorsult a fotoszintetizáló élőlények szaporodása az óceánokban és a szárazföldön. Az akkori ózonréteg már lehetővé tette az első többsejtű állatok (metazoák) megjelenését kb. 0,7 milliárd évvel ezelőtt, melyek folyamatos fejlődésnek indultak. A fejlődés ebben a szakaszban alapvetően a természetes kiválasztódás törvénye (Charles Darwin) szerint haladt, amely elvezetett a földön található élőlények sokféleségéhez (**6. ábra**).



6. ábra: Az élet fejlődése a földtörténeti korokban

1.5 Az ember fejlődése

A **társadalmi evolúció,** az ember és az emberi társadalom fejlődését jelenti. A földtörténet újkorának legfontosabb biológiai eseménye az ember kialakulása. Az antropológusok szerint az ember a főemlősök rendjéből fejlődött ki a kisebb-nagyobb emberszabású majmok és emberfélék elkülönülésével.

Az ember eredete még mindig nem lezárt kérdés, mert ismereteink hiányosak és ellentmondásosak a tárgykörben.

A főemlősök csoportjába tartozunk a csimpánz, gorilla és az orángután a legközelebbi rokonunk, de a többi majom fajtától sem állunk túl távol. Mégsem valamelyik majom fajtól származunk, hanem majomszerű, de a mai majmoknál is fejletlenebb lényektől. Minél több lelet kerül elő annál régebbi emberelődről derül ki, hogy inkább emberi és nem majomszerű a genetikailag egyértelmű rokonság ellenére.

A legrégibb már majomszerű forma az egyiptomi majom az **Aegyptopithecus,** mintegy **28 millió éve** népesítette be Afrikát és Eurázsiát. Ekkor az amerikai kontinens már elkülönült Európától, és az óvilági majmok fejlődése elvált az újvilági majmokétól. **18 millió éve** jelent meg a **proconsul**, amely az ember és az emberszabású majmok közös ősének tekinthető.

Korábban azt feltételezték, hogy az emberfélék és a majomfélék fejlődése **15 millió éve** vált ketté a **sivapithecus/ramapithecus** szétválásával, de a genetikai vizsgálatok bebizonyították, hogy az emberekhez vezető fejlődési vonal csak, mintegy **5 millió éve** vált el a **csimpánz**étól, és **10 millió éve** a **gorillá**étól. Ebbe a fejlődési sorba tartozik a rudabányán talált ősember lelet a **10-12 millió éve** élt **rudapithecus** is, ami 6-7 millió éve teljesen eltűnt. Ez a lény sem tekinthető tehát az emberfélék és a csimpánzok közös ősének. Egyszerűen nincs elég lelet a közös ős megtalálásához.

Ez alapján arra lehet következtetni, hogy míg a többi emlősfaj egyre változatosabb alakú élettereket hódított meg, addig az emberelődök megmaradtak őserdei és a szavannai környezet határán élő fajnak, és bár a fejlődés többször kettéágazott a két lábon járó szavannai forma és az őserdei felé, végül is csak az **5 millió évvel ezelőtti elkülönülés volt a sikeres**. Ekkor különültek el a csimpánzok és az australopicthecusok ősei. A csimpánzok sikeresen meghódították az őserdőt, az australopithecusok pedig végképp a szavannára szorultak. Azaz nem az őserdei lényektől származunk, hanem sokkal később vált szét az

evolúció emberhez vezető útjától a majmok fejlődési vonala. A Csimpánzhoz sokkal közelebb áll az ember, mint az orángutánhoz.

1.5.1 Az emberi faj őshazája Kelet-Afrika vadonja volt

Az utolsó 65 millió év éghajlati változásai az evolúciót felgyorsították, és a szavannák majomszerű lényeinek fejlődését értelmes lény kialakulásának irányába terelték. Az első teljesen felegyenesedett lény a kb. **4-2 millió évvel ezelőtt megjelent Australopithecus − déli majom** − már egy eljegesedett földön élt, ahol még az eddiginél is gyakoribb és gyorsabb éghajlati változásokkal kellett megbirkoznia. Az utolsó 2 millió évben, amit **pleisztocénnak, jégkorszaknak** nevezünk, 100 ezer év időtartamú jeges és 10-12 ezer év időtartamú enyhébb periódusok váltogatták egymást. A biológiai fejlődést ez még inkább felgyorsította.
Megjelennek a **homo erectus különféle változatai** a jávai előember és pekingi ősember. Ezeket régebben külön álló fajoknak tekintették, de miután olyan sok az átmeneti forma, hogy ma már biztosak lehetünk benne ezek a változatok egymással és velünk és a neandervölgyivel is azonos fajt jelentenek.

1.5.2 Miről ismerhető fel a neandervölgyi ember?

Mivel a fehér (kaukázusi) emberfajta és a neandervölgyi 50 ezer évig egy időben és egy helyen élt (Európában és Ázsiában), ezért a két típus össze is keveredhetett. Legtipikusabb ősi jegy a szőrös bőr, nagy méretű emberek, nagy lapított orr, csapott állal. A koponyamérete még a miénknél is nagyobb volt**.** Igazi csúcsragadozók voltak. A hordák állandó mozgásban voltak, ez többé-kevésbé periodikus volt. A gyűjtögetést és a vadászatot is együtt végezték, hogy meg tudják védeni a nőket és a gyereket. A férfiak fő feladata a horda védelme, és a nőké pedig a kicsik gondozása volt. A munka megosztása kezdetleges volt, az csak a neolitikus korban alakult ki.
Testméretei köztük az agytérfogata is meghaladja a mai ember testméretét. Szemben a homo erectusok 150-160 cm-es magasságával, 1050 cm^3-es agytérfogatával, neandervölgyiék 2 m-es óriások, 2000 cm^3-t is elérő agytérfogat jellemzi őket
A neandervölgyi azonban nem tudott tovább fejlődni, ugyanis elvesztette fejlődésének evolúciós mozgató motorjait (egy mutáció akkor marad fenn, ha a lény fejlődése egy adott irányban kedvező, azaz az evolúciós hajtómotoroknak megfelelő irányú változások mennek

végbe, miután abszolút csúcsragadozóvá vált. Fizikailag a mai embernél sokkal erősebb lény volt, bár nem túlságosan értelmes. Feltehetőleg beszéde nem volt tagolt, mint a mai emberé, de halottait temette, és barlangjaiban varázslási céllal barlangrajzokat készített. Azért nem volt már értelme tovább fejlődnie, mert a legerősebb lénnyé vált a természetben. Még a félelmetes ragadozót, a barlangi medvét is sikerült kiirtania. **Az evolúció nagy ugrása a mai ember**.

1.5.3 A homo Sapiens felemelkedése.

100-ezer évvel ezelőtt Európát és Ázsiát a 2-m magas rendkívül erős fizikumú neandervölgyi óriások uralták, velük szemben Afrika táplálékban gazdag északi részén az Óvilágban a homo erectus-ok, törpék éltek. A mai Kalahári sivatag vidékéről származó homo erectus-ok közül kiemelkedő új embertípus a mai ember (homo sapiens). Az agyuk mérete 1350-cm^3, kisebb mint a neandervölgyié, mégis sokkal alkalmazkodó képesebbnek bizonyultak, mint a neandervölgyi vetélytársaik, akik 50-ezer évvel ezelőtt teljesen eltűntek. A homo erectus kiszorította a neandervölgyi fajt, mely fokozatosan maradt alul a versenyben. Míg a fagyos jégkorszaki életkörülményekhez jobban alkalmazkodtak a nagytestű és nagy orrú neandervölgyiek, addig vannak olyan területek, amelyeken a homo erectusból az uralkodó neandervölgyiek árnyékában kifejlődhetett az emberi faj. Ilyen lehet például a kevéssé kutatott kalahári vidéke, amelyen a kisebb termetű homo erectus életképesebb lehetett, mint a nagyobb méretű neandervölgyi.

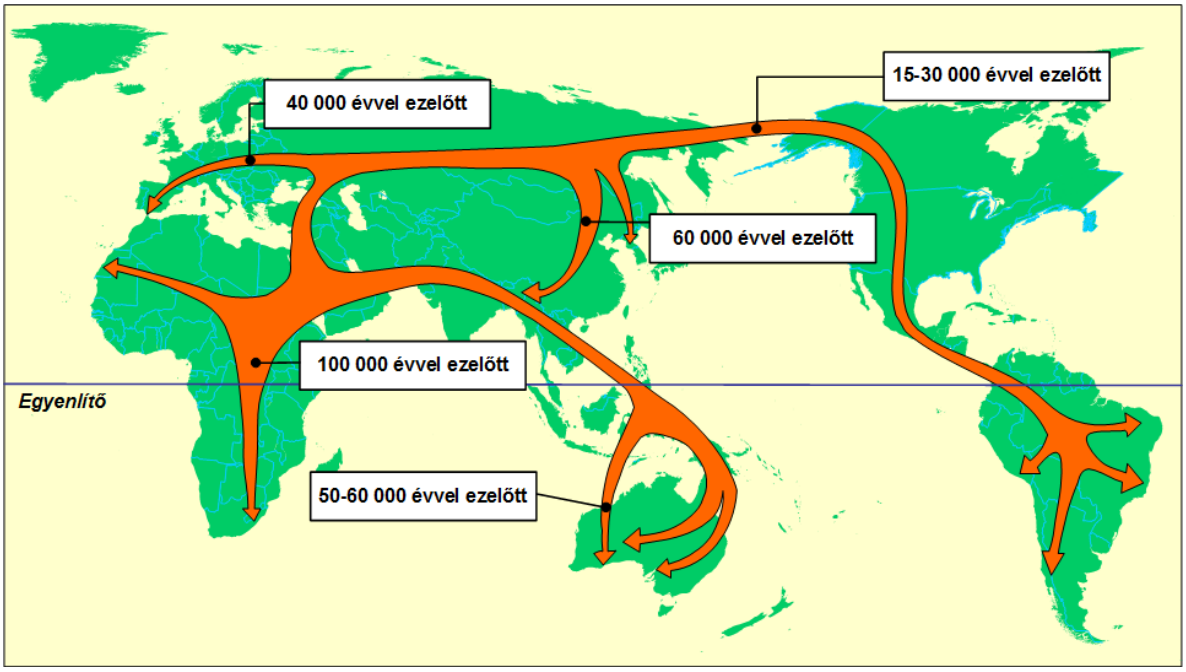
A Homo Erectus már a mai emberek között sem lenne feltűnő a legrégibb Choukoutien lelet 1 900 000 éves agytérfogata 750 cm^3 a legfiatalabbé 1200 cm^3 – azaz folyamatosan nő a mai emberre jellemző méretre. A neandervölgyi ember ezzel szemben sokkal nagyobb 1600-2000 cm^3-es aggyal rendelkezett. Mivel az evolúció soha nem fordul vissza mi sem alakulhattunk ki a neandervölgyiekből, sokkal közelebb állunk a homo erectushoz.

A terület közel is van a mai ember első megtalálási helyéhez, és ma is kistermetű népesség a busmanok lakják. Az ember közvetlen elődei kistermetű külsejükben a busmanokhoz hasonló lények lehettek ebben az esetben. Ami mégis rejtélyessé teszi a neandervölgyi eltűnését, hogy amikor 50 ezer éve kihalt, még javában tartott a legutóbbi jégkorszak, akkor vajon miként szoríthatta ki a sokkal kevésbé hidegtűrő afrikai eredetű ember?

Az emberi faj kialakulásának fő genetikai változásai a felegyenesedés, két lábon járás, a kéz felszabadulása, munkavégzés, szerszámok készítése és használata, az arckoponya méretének

az agykoponyához képest csökkenése. Az agy térfogatának és barázdáltságának növekedése. Ez utóbbi során, míg a **csimpánz agya 300 cm^3** az **australopithecusé kb 600 cm^3** a **homo erectusé 750-1200 cm^3** a **neandervölgyié 1600-2000 cm^3** addig a **ma élő emberé átlag 1350 cm^3 térfogatú**. Ez az érték az ember esetében is elég nagy fajon belüli szórást mutat 700-2000 cm^3 között.

Mivel a teljesen elkülönült fajfejlődésnek gyakorlatilag soha nem voltak meg a feltételei, az egész emberiség egyetlen egy, genetikailag kompatibilis fajt képez, és feltehetőleg, a különböző fejlettségű emberelődök között is fokozatos lehetett az átmenet.(**7. ábra**)



7. ábra: Az emberi faj legelső csoportjai között fennálló kapcsolatok

Az emberi faj fejlődését folyamatosan életben tartja a fajon belüli egyedek és csoportok közötti belső verseny. Ez a verseny hasznos és szükséges, csak az a kérdés, hogy az egyes emberek és csoportok, milyen eszközöket használnak ebben a versenyben. A modern korban a vagyoni különbségek megjelenésével, és az orvostudomány fejlődésével a biológiai kiválasztódás szerepe, főleg a legfejlettebb európai népességben, jelentősen csökkent, helyét a társadalmi kiválasztódás vette át. Félő, hogy a tudomány, és a pénz a jövőben még inkább fel fogja borítani a természetes fejlődés rendjét, klónozott és mesterségesen létrehozott embertípusok jelenhetnek meg, melynek beláthatatlan következményei lehetnek. Az emberi faj életében a biológiai fejlődés helyébe jelenleg a tudati fejlődés lépett, amelynek

visszahatása van a biológiai tulajdonságainkra is. A nagy kérdés lényegében az, hogy ez a tudati fejlődés olyan szintre jut-e, hogy elkerüljük a tudománnyal való visszaélés veszélyeit. A földtörténet eseményeit áttekintve elmondhatjuk, hogy minden élőlénycsoport igyekezett alkalmazkodni a meglévő környezethez, sőt hosszú évmilliókon keresztül kedvezőtlenül alakította környezetét más élőlények, és néha a maga számára. Olyan mértékű változásokat rövid idő alatt azonban egyetlen élőlény sem volt képes végrehajtani, mint az ember. Ma már egyértelmű, hogy az emberi tudás és az ember által alkotott eszközök elegendőek ahhoz, hogy a kémiai és biológiai fejlődés irányát és sebességét megszabják, továbbá saját létét és az évmilliók alatt fejlődött civilizációt megsemmisítsék.

2 A környezet- és természetvédelem történeti áttekintése, Nemzetközi egyezmények

Fejes Lászlóné Utasi Anett

A környezet- és természetvédelem gyökerei világszerte a XIX. század második felére nyúlnak vissza. Az erdők és a vizek tisztaságának védelméről már ekkor törvények jelentek meg. A **Madarak és Fák Napját** amerikai mintára a XX. század elejétől kezdve megünnepelték. Társadalmi mozgalommá azonban csak a XX. század hatvanas éveitől szerveződött a környezet- és természetvédelem.

2.1 Az első korszak előtt -1900-ig

A hordákban élő gyűjtögető életmódot folytató ember csak eseti sérüléseket okozott a környezetben, melyet az kompenzálni tudott. A gyűjtögetés, halászat, vadászat formája és mértéke egyarát természetkímélő volt, hiszen halászva és vadászva egyszerre csak néhány egyedet ejtettek el, annyit, amennyire a közösségnek szüksége volt.

A növénytermesztés szántóföldi művelésre történő áttérése, az ércek bányászata és a fémkohászat valamint a közlekedés fejlődése súlyosabb környezetterhelést indított el:

- először változtatta meg az ember az élővilág élőhelyét,
- megkezdődött az erdők irtása,
- a védtelenné váló talajt a szél és a víz elhordta, az alapkőzetig lepusztította.

A cédrusok mai ismereteink szerint magányosan, ligetesen álló fák. Azonban Kr.e. 2500-2300 táján cédruserdőkről tesznek említést a feljegyzések. Salamon király idején 5000 km^2 erdőt alkotott e fafajta, ma viszont már csak elenyésző foltokat találunk belőle.

A Római Birodalom virágkorában a Bagdadtól Damaszkuszig vezető országutat végig fák árnyékolták. Ma a két város között sivatag terül el.

Láthatjuk hogy már az ősi civilizációk is okoztak tartós környezetkárosítást, máig ható változásokat, ráadásul hatások már nem csak helyi, hanem regionális szinten is jelentkeztek, de még nem okoztak globális méretű elváltozásokat.

A növekvő népesség városokba történő koncentrálódásával már az ókorban megjelentek azok a gondok, amelyek ma is környezeti problémát okoznak: vízellátás, szennyvízelvezetés, szennyvízkezelés, szemétkezelés, higiéniai kérdések. Már ekkor szükséges volt olyan megoldások alkalmazására, amelyek ma is beletartoznak a környezetvédelem eszköztárába.

Jeruzsálemben és Rómában a gravitáció elvén alapuló vízvezeték rendszert építettek fel. A vezetékes víz szolgáltatása miatt igény nyílt a szennyezett víz elvezetésére is, így Rómában közel 2500 éve megépült a Cloaca Maxima − az első zárt szennyvízcsatorna −, amely azóta is folyamatosan üzemel.

Az ókort követő középkorban sem volt az ember és környezete közti viszony teljesen harmonikus: a korszakot az alacsony higiéniai színvonal, fertőzött víz, és az azt követő járványok jellemezték. Tovább folytatódott az erdőirtás, a mocsarak lecsapolása, amely az eredeti ökoszisztémák felszámolásával járt. Az ipar fejlődése maga után vonta a bányászat és kohászat egyre fokozódó növekedését, ami azonban nem jelentette a környezeti szempontokat szem előtt tartó fejlődést is. Hisz ekkor az ember szent meggyőződése volt hogy ő maga sérthetetlen és legyőzhetetlen.

I. Edward angol király már a XIV. században betiltotta Londonban a kőszén égetését, mert káros hatással lehet a lovagok és feleségek egészségére. (Az új kor hajnalán mégis itt alakult ki az azóta London-szmognak nevezett jelenség, mely sok száz ember megbetegedését és halálát okozta).

E korban született meg Zsigmond király erdőtörvénye is, amely a bányavárosok környékén szabályozta az erdőgazdálkodást. 1543-ban a sziléziai Bunzlau város építette az első szennyvíztisztító telepet és vízművet. A szennyvizet külön területre szivattyúzták. Ugyanakkor új elemként megjelent a vízenergia és szélenergia hasznosítása is.

E törvények és rendeletek még korántsem a környezetvédelem érdekében születtek, hanem az emberi egészséget, komfortérzetet szolgálták növelni, közvetlen úton azonban jó hatással voltak a környezetre is.

Az első ipari forradalom az 1960-as évekig zajlott, melyre az ipari termelés rendkívül gyors üteme volt jellemző. Ekkor született meg technikai vívmányként a gőzgép és a széntüzelésű kazán. Az új eszközök alkalmazásával

- a városok levegőjét kéntartalmú füst és por szennyezte,
- csökkent a napfényes órák száma (szmog),
- a káros egészségügyi következmények miatt megjelent az angolkór, és
- hatalmas mennyiségű ipari és kommunális szennyvíz került a városokon átfolyó folyókba.

1870-ben végezték az első levegőszennyezettségi vizsgálatokat, még Walesben az átlagéletkor 43 év volt, a városokban csupán 28 év!

2.2 A környezetvédelem első korszaka 1900-1945

A környezetvédelem fejlődése tulajdonképpen egybe esik jogi szabályozásának fejlődésével. A környezetvédelemnek négy korszakát különöztethetjük meg, melyeket egy-egy nagy konferencia időpontja fémjelez:

1. A tudományos ismeretek fejlődése (1900-1945);
2. Az új technológiák alkalmazása és hatásuk megértése (1945-1972);
3. Politikai és társadalmi tudatosság vonatkozásában bekövetkezett változások (1972-1992);
4. A nemzetközi jogrendben és az intézményrendszerben bekövetkezett strukturális változások (1992-2002).

Az első korszakot a kétoldalú halászati megállapodások jellemezték, a vadvilág védelmét célzó korai kezdeményezésekkel (madarak, fókák, tengeri élőlények), melyek célja az adott területen az érintett fajok túlvadászatának/túlhalászatának megelőzése. A megállapodások szórványosak és ad hoc jellegűek voltak, a felmerülő problémákat próbálták orvosolni és egy-egy fajra vonatkoztak. A legelső természetvédelmi egyezménynek az 1902-es Párizsi egyezményt tekinthetjük, melynek célja a Mezőgazdaság Számára Hasznos Madarak Védelme, mely az érintett madárfajok vonatkozásában teljes körű védelmet írt elő, megtiltva az egyedek megölését és zavarását egyaránt.

Ebben az időszakban fontos szerepet játszottak a kétoldalú határvizi megállapodások is, hiszen ekkor már a területi rendszerek feltételeinek rögzítése kultcsfontosságúvá vált. Az ilyen jellegű legkorábbi egyezmények egyike az 1909-es, az Amerikai Egyesült Államok és Nagy-Britannia között kötött megállapodás volt az USA és Kanada közötti határvizekről. Az elsődleges szándék az ilyen típusú kétoldalú megállapodásokban a területi rezsim védelme volt és csak szórványos, kezdetleges módon szolgálták a környezet védelmét. Ez a határvízi megállapodás kötelezte először a feleket a szennyezés megelőzésére. Ennek következtében Nemzetközi Közös Bizottság égisze alatt előkészítettek ugyan egy szennyezésmegelőzési szerződést, azonban nem került elfogadásra (táplálékláncon keresztül emberi szervezetbe jutó fémszennyezés Minamata kór-Hg, Itai-Itai kór-Cd (**lásd bővebben 8. fejezet**)).

2.3 A környezetvédelem második korszaka 1945-1972

A II. világháború után az olaj vált olcsó és bőséges energiaforrássá. Hihetetlenül meggyorsult az iparfejlesztés. A tudományos-technikai forradalom hatására a környezeti károk rendkívül rövid idő alatt globálissá váltak: a levegő és a vizek szinte mindenütt elszennyeződtek (pl. vegyipari szennyeződéstől lángoló Mississippi, habfelhővel borított Rajna). Egészségkárosodást (London szmog, később Los Angeles szmog − légzőszervi és szemirritációs megbetegedések) és új betegségek megjelenését vonta maga után. A lakosság ezeket a jelenségeket sokáig a jólét kísérő kellemetlenségeinek tekintette, és nem figyelt oda a talán vészharangot kongató ökológusok jelzéseire.

A 1950-es évek végén a termelésben világszerte új irányzatok alakultak ki. Új technológiai eljárásokat vezettek be az iparban, a mezőgazdaságban tömeges méretekben kezdődött el a modern gépek és a különböző vegyszerek, műanyagok használata. A közlekedés felgyorsult, ezen belül a légi közlekedés különösen látványos fejlődést ért el. Ennek következtében a természeti erőforrások fogynak, illetve fokozatosan veszíthetnek használati értékükből. A növekvő ipari termelés fokozódó nyersanyagszükséglete növeli a környezetvédelmi gondokat.

A környezet valamennyi elemét érintő környezetrombolás első súlyosabb jelei az Egyesült Államokban jelentkeztek a felgyorsult ipari és mezőgazdasági fejlődés következményeként. Az 1950-es évek közepén már megmutatkoztak ennek nyilvánvaló jelei. Néhány tudós már akkor felemelte szavát a környezet tisztaságának megmentése céljából.

2.3.1 Az ENSZ és szakosított szervei

A második korszak az 1945-ben létrehozott Egyesült Nemzetek Szövetségének (ENSZ: 1945-San Francisco célja a béke és a biztonság megőrzése, a szabadságjogok tiszteletben tartása, a nemzetek közötti együttműködés elősegítése. A világbéke érdekében az ENSZ kizárja a diszkriminációt, támogatja a gazdasági, társadalmi és kulturális fejlődést. Az ENSZ egyben világparlament, legfőbb szerve a Közgyűlés évente ülésezik, ahol minden tagállam képviselteti magát) és szakosított szerveinek felállásával kezdődött. Bár többen kezdeményezték a környezetvédelmi, természetvédelmi szempontok napirendre tűzését, azonban az ENSZ Alapokmányába végül nem került környezetvédelmi vagy természetvédelmi célú rendelkezés. Ekkor alakult az ENSZ két szakosított szerve az

Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezet (FAO: 1945-Róma, célja elsődlegesen a tagállamok táplálkozási és életszínvonalának emelése, afrikai éhségövezetekbe szervezett élelmiszersegély-akcióiról nevezetes), a Nevelésügyi, Tudományos és Kulturális Szervezet (UNESCO: 1946-New York, legfőbb céljai az írástudatlanság elleni küzdelem, az alapfokú oktatás általánossá tétele, a kiskorúak jogvédelme, az emberiség kulturális örökségének megőrzése, valamint a természet- és társadalomtudományok fejlődésének nemzetközi előmozdítása), melyek alapító dokumentumai utaltak bizonyos környezet-természetvédelmi kérdésekre. 1948-ban az UNESCO konferenciát hívott össze több mint 18 kormány, hét nemzetközi szervezet és 107 nemzeti szervezet részvételével, és megalakították a Nemzetközi Uniót a Természet Védelméért (IUPN), melynek célja a természetvédelmi kérdésekben való kutatás, oktatás és ismeretterjesztés.

Az ENSZ Gazdasági és Szociális Tanácsa 1947-ben határozatot fogadott el az erőforrások megőrzéséről és hasznosításáról szóló ENSZ konferencia összehívására, mely rendezvényt 1949-ben tartották New Yorkban, több mint 50 állam és 1000 személy részvételével. A konferencia témakörei − ásványi anyagok, energia, víz, erdők, föld-, vadvédelem és halak, megjelölték az elkövető évtizedek környezetvédelmi szempontból legérzékenyebb kérdéseit − nagymértékben hasonlítottak a későbbi stockholmi konferencia témaköreihez.

Miután a nukleáris robbantások hatásai egyre nagyobb figyelmet követeltek 1954-ben a Közgyűlés összehívott egy tengeri természeti erőforrások megőrzéséről szóló konferenciát, melynek következményeképpen 1958-ban elfogadták a nyílt tengerről szóló Genfi konvenciót; illetőleg 1963-ban az Atomcsend egyezményt, valamint Ausztrália és Új-Zéland a Nemzetközi Bírósághoz fordult, hogy Franciaország szüntesse be a kísérleti atomrobbantásokat.

1948-ban Londonban alakult meg az eredetileg Kormányközi Tengerészeti Tanácskozó Szervezet nevű intézmény, mely 1959-ben lett az ENSZ szakosított szervezete, és 1982-ben vette fel mai nevét (Nemzetközi Természeti Szervezet-IMO). 1954-ben az IMO égisze alatt elfogadták az első globális egyezményt az olajszennyezés megelőzéséről.

2.3.2 Nemzetközi Biológiai Program

Az 1960-as évek második felében a tudományos közösségeken belül megindult az a kezdeményezés, amelynek célja a Föld élővilágának „leltárba vétele” volt. Ilyen akciót csak globális méretű összefogással lehetett végrehajtani. Így alakult ki – főleg amerikai és angol

tudósok kezdeményezésére − a **Nemzetközi Biológiai Program (International Biological Programme - IBP)**. A Program hasznos lépést jelentett a későbbi környezetvédelmi világprogramok biológiai kérdéseinek tanulmányozásában. Az IBP feladatait a következőkben határozták meg: „Az a célunk, hogy a növényvilág és az élővilág produktivitásának, valamint az emberi jólétnek biológiai alapjait kutassuk oly módon, hogy összefogjuk a világ kutatóit."

A Nemzetközi Biológiai Program nagy érdeme, hogy világszerte felkeltette a figyelmet az olyan biológiai kérdések iránt, amelyek az emberiség súlyos gondjaival kapcsolatosak (pl. élelmiszerhiány). A program megteremtette a biológusok világméretű összefogását és létrehozta tudományos körökben azokat a feltételeket melyek a későbbi nemzetközi környezetvédelmi programok viszonylag gyors kibontakozásához vezettek. Az eredményeket számos könyvben publikálták, amelyek a mai napig jól hasznosíthatók. A Program hatására az ENSZ egyik szakosított szervezete, az UNESCO, már az 1960-as évek második felében kezdeményezte egy olyan komplex, kormányközi együttműködés kialakítását, amely az ember és a bioszféra közötti kölcsönhatásokat vizsgálja.

2.3.3 Ember és Bioszféra

Többéves előkészítés után az UNESCO 16. Közgyűlésén (1970. október) jutottak el odáig, hogy előterjeszthették jóváhagyásra az **Ember és Bioszféra (Man and Biosphere - MAB)** programot. A vitát nagy érdeklődés kísérte, hiszen ekkor már nyilvánvaló volt, hogy a környezetvédelem korunk egyik legaktuálisabb gazdasági, társadalmi és tudományos problémája. A nemzetközi szervezetek közül az UNESCO állított össze elsőként konkrét tudományos együttműködési programot, amely ugyan nem ölelte fel a környezetvédelem minden kérdését, de nagyon fontos témákat foglalt magába. 1970 őszén már ismert volt, hogy az ENSZ környezetvédelmi világkonferenciát szervez 1972-ben. A MAB-programot ennek megfelelően az ENSZ környezetvédelmi programjának tudományos alátámasztására használták.

A MAB-program indítását minden ország megszavazta. A részletes együttműködési tervek összeállítására és koordinálására, majd a program végrehajtásának szervezésére 25 tagból álló **Nemzetközi Koordináló Tanácsot** hoztak létre. Ebben a testületben a tagállamok szakértői a földrajzi eloszlás szerint vesznek részt és kétévenként váltják egymást.

Magyarország képviselője 1977-78-ban és 1997-1998-ban viselt tagságot a Nemzetközi Koordináló Tanácsban.

A MAB-program az induláskor a következő témákat foglalta magába:

- A növekvő emberi tevékenység fokozódásának ökológiai hatásai a trópusi és szubtrópusi erdők ökoszisztémáira.
- A különböző földhasználat és területhasznosítás ökológiai hatásai a mérsékelt égövi és a mediterrán erdőkre.
- Az emberi tevékenység és a hasznosítás módjának hatása a legelőterületekre: szavannákra és füves területekre a mérsékelt égövtől az arid területekig.
- Az emberi tevékenység hatása az arid és szemirarid övezetek ökoszisztémáinak dinamikájára, különös tekintettel az öntözés hatására.
- Az emberi tevékenység ökológiai hatása a tavak, mocsarak, folyóvizek, delták, torkolatok és tengerpartok természeti értékeire.
- Az emberi tevékenység hatása a hegyi és tundra ökoszisztémákra.
- A szigetek ökoszisztémáinak ökológiája és ésszerű hasznosítása.
- A természetvédelmi övezetek, valamint a bennük rejlő genetikai készlet védelme.
- Peszticid- és műtrágyahasználat hatása a szárazföldi és vízi ökoszisztémákra.
- A nagy műszaki létesítmények hatása az emberre és környezetére.
- Városok ökológiai aspektusa, különös tekintettel az energia-felhasználásra.
- Kölcsönhatás a környezet átalakulása, valamint az emberi populációk genetikai és demográfiai struktúrája és alkalmazkodása között.
- A környezet minőségének értékelése.
- A környezetszennyezéssel és ennek a bioszférára kifejtett hatásával foglalkozó kutatások.

Húsz évig folytak nemzetközi kutatások a felsorolt témákban. Közben számos más szervezet is kezdeményezett hasonló vizsgálatokat. Ezért az 1990-es évek elején leszűkítették az UNESCO Ember és Bioszféra programját a természetédelmi területek kutatására, illetve ezen területek hosszú távú megőrzésével kapcsolatos intézkedési, kezelési eljárások kidolgozására, egységesítésére. Jelenleg is ez a tematikai profil van érvényben.

De térjünk vissza az 1960-as évek eseményeire. Az első, az egész Földön megdöbbenést okozó felfedezés az volt, hogy az általánosan használt rovarirtószerek, a klórozott szénhidrogének − DDT, HCH − hosszú ideig nem bomlanak le, felhalmozódnak, és

egészségkárosodást, súlyosabb esetben rákot okozhatnak. A környezeti károk nagy gyakorisága és méretének növekedése a környezetvédelem ügyét egyre inkább belpolitikai kérdéssé tette. Majd amikor világossá vált, hogy a szennyezés (pl. légköri mozgásokkal, vízfolyásokkal terjedő) nem ismer határokat, hogy a megoldást csak nemzetközi összefogással lehet megtalálni, akkor a környezetvédelem ügye már külpolitikai kérdéssé vált.

2.3.4 Az első jogi lépések

Egy jó tollú újságírónő Carson R. (1907-1964) 1962-ben írta meg a **Néma Tavasz** (Silent Spring) című művét. Könyvében a természetben felhasznált kémiai anyagok kedvezőtlen biológiai hatására hívta fel a figyelmet. Ez nem tudományos mű, azonban igen színesen és megrázóan ábrázolta a peszticidek alkalmazásának nemkívánatos következményeit. A Néma Tavasz című könyv megjelenésétől lehet számítani a környezetvédelem bevonulását a társadalmi köztudatba, az emberek gondolkodásába.

A globális veszély felismerése ösztönözte Aurelio Peccei olasz közgazdászt, hogy 1968-ban létrehozza a **Római Klub**ot 10 országból 30 taggal. Jelenleg 25 ország 70 tudósa és közéleti személyisége vesz részt a Klub munkájában. A Római Klub a nyugateurópai, radikálisan gondolkodó elit értelmiség vitafóruma, szigorúan zártkörű tagsággal. Az alapszabályuk szerint maximum 100 tagja lehet a Római Klubnak. A Klub tevékenysége rendkívül nagy hatást gyakorolt a 70-es években a tudományos és közgondolkodásra, és megteremtette a környezetvédelem, a globális gondolkodás tudományos alapjait. Kezdeményezésükre átfogó vizsgálatok indultak a világ fejlődésének és az ezzel kapcsolatos környezeti problémáknak a feltárására.

Ebben az időszakban kezdődött el a regionális szintű jogfejlődés, és Amerika mellett Európában (1967: első környezetvédelmi tárgyú jogszabályok elfogadása, 1968: Európai Vízügyi Karta, 1968: Légszennyezés Ellenőrzésének Alapelvei), valamint Afrikában is (1968: természetvédelmi és természeti erőforrás-védelmi egyezmény) számos vonatkozó jogszabályt, egyezményt fogadtak el.

Ez időtájt több környezeti katasztrófa is bekövetkezett (pl. 1967 Torrey Canyon olajtartályhajó-katasztrófa); az új környezettudományi eredményekre alapozva pedig még erősebbé vált az emberi tevékenységek esetleges globális környezeti hatásai és a környezet

veszélyeztetése miatti aggodalom; valamint elkezdődött a civil társadalom kiépítése a környezet védelme érdekében.

Környezet- és természetvédő aktivisták javaslatára 1970. április 22-én tartották meg z Egyesült Államokban az első Föld Napja rendezvényt. A sajtó nagy segítséget nyújtott az esemény népszerűsítéséhez, amelynek eredményeként országszerte 20 millió ember vett részt a különböző rendezvényeken, felvonulásokon, tiltakozva a környezet romlása miatt. A modern környezetvédelmi mozgalmak szervezett rendben való megjelenését az USA-ban ettől a dátumtól számítják. Később a kezdeményezés átterjedt a többi kontinensre is és ma már minden évben világszerte megtartják a **Föld Napját április 22**-én s értékelik a globális és a helyi problémákat.

1971-ben **Ramsar** városában (Irán) aláírták a nemzetközi jelentőségű vizes élőhelyek védelméről szóló **egyezmény**t. Az Egyezmény célkitűzése a vizes élőhelyek megőrzésének és ésszerű hasznosításának elősegítése, a megfelelő jogi, intézményi, együttműködési keretek biztosítása. Globális méretekben célozza meg a természeti erőforrások védelmét és rövidlátó kizsákmányolás helyett előírja ezek „bölcs" használatát. A vizes területek visszaszorítása (pl. lecsapolás, feltöltés), pusztítása ellen az 1960-as években először a vízimadarak védelmében tevékenykedő szervezetek és személyek léptek fel, akik felismerték, hogy eredményt csak nemzetközi összefogással lehet elérni. Napjainkra a Felek az Egyezmény céljának tekintik a vizes élőhelyek – minden növény- és állatfajára kiterjesztett – biológiai sokfélesége megőrzésének és fenntartható hasznosításának integrálását.

Magyarország nemzetközi, illetve hazai szempontból jelentős vizes területeinek többsége napjainkra törvényes védelem alatt áll, az e területeken történő gazdálkodást és egyéb tevékenységeket természetvédelmi jogszabályok határozzák meg. További vizes élőhelyek védetté nyilvánítása van folyamatban. Az egyes területek védelme mellett a környezet- és természetvédelmi jogszabályok hivatottak a vizek és a vízi élővilág védelmét elősegíteni. Az Egyezmény célkitűzéseinek szem előtt tartásával a vízimadarak háborítatlanságának biztosítása céljából a vízivad fészkelési és vonulási szempontból nemzetközileg kiemelt jelentőségű vizes élőhelyeket különleges rendeltetésű vadászterületeknek lehet minősíteni. 1999-2001 között elkészült hazánk szikes tó és láp jegyzéke, törvényi szabályozás szerint, valamint 2003-ban megindult az ország valamennyi vizes élőhelyének feltérképezését célzó ún. Nemzeti Vizes Élőhely Adatbázis program, mely során a potenciálisan nemzetközi jelentőségű vizes élőhelyek is meghatározásra kerültek.

A 2003. évi bővítést követően jelenleg 23 nemzetközi jelentőségű védett vizes élőhelyünk – Ramsari-terület – van, amelynek összesen 179 958 ha a területe:

- Balaton
- Baradla
- Béda-Karapancsa
- Biharugrai halastavak
- Bodrogzug
- Dinnyési-fertő
- Felső Kiskunsági tavak
- Hortobágyi Nemzeti Park
- Gemenc
- Fertő-tó
- Ipoly-völgy
- Kardoskúti Fehér-tó
- Kis-Balaton
- Mártély Tájvédelmi Körzet
- Ócsai Tájvédelmi Körzet
- Pacsmagi Természetvédelmi Terület
- Pusztaszeri Tájvédelmi Körzet
- Szaporcai Ó-Dráva meder
- Rétszilasi tavak Természetvédelmi Terület
- Tatai Öreg-tó
- Velencei-tó
- Izsáki Kolon-tó

Annak ellenére, hogy számos egyezmény született a 60-as évek végén, 70-es évek elején és felismerték a kapcsolatot a környezet és a fejlődés között, hiányoztak azok az alapelvek, melyek egyetemes szinten meghatározták volna a követendő normákat és a nemzetközi stratégiát. Hiányzott ugyanis a nemzetközi koordináció, és nem volt egy kifejezetten környezetvédelemre szakosított globális nemzetközi szervezet. A létrejött szabályok végrehajtása és kikényszerítése pedig szinte teljesen gyerekcipőben járt. Ezek a körülmények vezettek el odáig, hogy 1972-ben immár intézményesítve elindult egy teljesen új típusú jog- és intézményfejődés a nemzetközi környezetjog területén.

Az 1960-as évek végén az ENSz és különböző szervei egyre gyakrabban foglalkoztak környezetvédelmi kérdésekkel. A riasztó hírek hatására nyilvánvalóvá vált, hogy a környezetvédelem túlnövi az országhatárokat és hamarosan világügy válik belőle.

2.3.5 Stocholmi konferencia

1972-ben jelent meg **Meadows D. L.: „A növekedés határai”** című könyve, amit más szavakkal a **Római Klub első jelentésé**nek is neveznek.

Az első jelentés megírását (akárcsak a többiét) alapos kutatómunka előzte meg, melyben felhasználták a különféle matematikai modelleket is a várható és feltételezett események előrejelzésére. Meadows és munkatársai arra a következtessre jutottak, hogy a világ

korlátozott termőföld készlete nem lesz képes kielégíteni a növekvő népesség egyre fokozódó igényeit. Mindez a XXI. század közepére teljes válságot okozhat: katasztrofálissá válik a környezet elszennyeződése, kimerülnek a természeti erőforrások, csökken a termelés. A jelenség elkerülését illetően a globális egyensúly koncepcióját dolgozták ki, amely szerint sürgősen csökkenteni kell a népesség növekedését, korlátozni kell az ipari termelést és a természeti erőforások kihasználását.

A Római Klub jelentése, majd az azt követő további globális modellek felhívták a figyelmet a reálisan létező problémákra és érzékenyen érintették a világ további fejlődését túlzottan optimista módon elemző nézeteket. Ezeknek a modelleknek alapvető hiányossága azonban az, hogy alábecsülték az emberiség tudatos beavatkozásának várható hatékonyságát, amellyel befolyásolhatja saját fejlődését. Ebből következik, hogy a jelentés javaslatai nagyrészt és egyoldalúan a növekedés korlátozására irányultak.

A fejlődő országok politikusai és tudósai általában ellenérzésekkel fogadták a Római Klub első jelentését, amely lényegében véve a „zéró növekedés" koncepcióját alapozza meg. Az volt a véleményük, hogy a fejlődő világ esetében mindez egyenlő lenne a szegénység és az elmaradottság végleges konzerválásával. Ilyen nézetet érthető módon egyetlen fejlődő országbeli politikus vagy közéleti személyiség sem vállalhatott fel.

Minden kritika ellenére „A növekedés határai" című jelentésnek óriási érdeme hogy felrázta a világ lelkiismeretét, vitát gerjesztett, amely hozzásegített a további út kereséséhez a méltányos és történelmileg is igazságos megoldások érdekében.

Határozat született arról, hogy az ENSZ tartson világkonferenciát az emberi környezet problémáiról és vitassa meg az ezzel kapcsolatos feladatokat. Svédország elvállalta az értekezlet megszervezését Stockholmban, az időpont 1972. június 5-16. volt.

Az akkori szocialista országok, köztük Magyarország is, megkezdték az előkészületeket a világkonferencián való részvételre. Mindezt azonban megzavarta egy diplomáciai probléma: a Német Demokratikus Köztársaság (Németország keleti része, amely a II. világháború után a szovjet érdekszférába került) nem volt tagja sem az ENSZ-nek, sem valamelyik ENSZ szakosított szervezetnek és ezért nem hívták meg a világkonferenciára. Válaszlépésként a szovjet diplomácia „lebeszélte" a szocialista országok többségét a részvételről. Ezért a magyar delegáció nem utazott ki Stockholmba.

A Stockholmi Konferencián melyet az ENSZ főtitkára, az osztrák Kurt Waldheim nyitott meg, 114 ország vett részt. A Konferencia nyitónapját, **június 5**-ét később az ENSZ

Közgyűlése **Környezetvédelmi Világnap**nak nyilvánította, és javasolta a kormányoknak, hogy ezen a napon értékeljék a társadalom bevonásával, hogy mit tettek a környezet védelme érdekében. A Konferencia széles körű vita után a következő dokumentumokat fogadta el:

- Nyilatkozat az emberi környezetről.
- Nyilatkozat az irányelvekről.
- Akcióprogram-javaslatok.
- Szervezeti intézkedések.

A **Nyilatkozat az emberi környezetről** dokumentum kinyilatkoztatásai az alábbiakban foglalhatók össze:

- Az emberi faj bolygónkon való hosszú fejlődése folyamán elérkezett az az állapot, amelyben a tudomány és a technika gyors fejlődésének következtében az ember olyan erők birtokába jutott, amelyekkel számtalan módon és eddig nem tapasztalt mértékben képes környezetét megváltoztatni.
- Az emberi környezet megőrzése és fejlesztése döntő jelentőségű az emberek jó létének és a gazdasági fejlődés biztosításához; ez egyben a világ egész lakossága sürgető kívánsága és minden állam kormányának kötelessége is.
- Napjainkban az ember környezetátalakító képessége − ha ezt célszerűen teszi −, lehetőséget ad az egész emberiség boldogulására, fejlődésére és az élet minőségének javítására. Ugyanennek az erőnek helytelen és értelmetlen felhasználása bajt hoz az egész emberiségre és annak környezetére.
- A fejlődő országokban tapasztalható környezeti problémák túlnyomórészt a fejlődés visszamaradottságának következményei. Milliók élnek mélyen a minimális emberi életszínvonal alatt. Az iparilag fejlett országok törekedjenek a köztük és a fejlődő országok között meglévő különbségek csökkentésére.
- A világon mindenekelőtt az ember a legfontosabb. Az ember hozza létre a szociális fejlődést, teremti meg a szociális jólétet, fejleszti a tudományt, a technikát és nehéz munkával folyamatosan alakítja környezetét.

Ahhoz, hogy a természet kincseit a magunk részére biztosítsuk, az embernek fel kell használnia minden tudását, hogy a természettel együttműködve egy jobb környezetet alakítson ki a maga részére. Az emberi környezet megőrzése a most élő és a jövő generációk számára olyan parancsoló kötelezettség, amelyet a béke alapvető szempontjaival, valamint a világszerte megnyilvánuló gazdasági és szociális fejlődéssel összhangban kell megvalósítani.

A környezetvédelmi célok elérése egyformán megkívánja a lakosság, a vállalatok, az intézmények közös erőfeszítéseit. A nemzeti kormányokra hárul a hosszú távú környezetpolitika kialakítása és hatáskörükön belül a tennivalók meghatározása. A jelentkező gondok jelentős részének megoldása intenzív nemzetközi együttműködést igényel, részben azért, mert kiterjedésük regionális vagy globális, részben azért, mert közös érdekeket érintenek.

A Stockholmi Konferencián a **Nyilatkozat az irányelvekről** dokumentumban 26 irányelvet fogadtak el, amelyek a környezetvédelem végrehajtása közben alkalmazhatók. Ezek rövidített formában a következők:

- Az embernek alapvető joga van a megfelelő minőségű környezethez.
- A Föld természeti erőforrásait meg kell őrizni a jelen és a jövő nemzedékének számára.
- Fenn kell tartani a Föld megújítható természeti erőforrásait.
- Az ember felelős a vadállomány megőrzéséért.
- A meg nem újítható természeti erőforrásokkal való gazdálkodásban kerüljék el a teljes kimerülés veszélyét.
- Nem engedhető meg az olyan mennyiségű szennyező anyagok kibocsátása, ami megbontja az ökológiai egyensúlyt.
- Óvni kell a tengereket az elszennyeződéstől.
- A szociális és a gazdasági fejlődés igen lényeges a kedvező élet- és munkahelyi körülmények kialakításához.
- Pénzügyi és műszaki segítséget kell nyújtani azoknak a fejlődő országoknak, melyeknek az elmaradottság vagy a természeti csapás súlyos nehézséget okoz.
- A fejlődő országok környezetalakító terveihez nemzetközi pénzügyi és műszaki támogatást kell adni.
- Az országok integrálják és hangolják össze fejlesztési terveiket a környezet megóvása érdekében.
- Az ésszerű tervezés legyen megfelelő eszköz a fejlesztési és környezetvédelmi igények között fellépő ellentétek feloldására.
- A települések tervezésekor környezetvédelmi szempontokat kell érvényesíteni.
- A népesedési politikát célszerű összhangba hozni a környezetvédelemmel.

- Az illetékes nemzeti szervek kezdeményezzék az adott ország hatékony környezetvédelmi rendszerének kialakítását.
- A tudomány segítse elő a környezetvédelmi problémák megoldását.
- Szorgalmazni szükséges a környezetvédelmi ismeretek oktatását és a felvilágosító munkát a lakosság legszélesebb köreiben.
- Lehetővé kell tenni, hogy a fejlődő országok is hozzájussanak a környezetvédelmi tudományos információkhoz.
- Minden országnak joga van arra, hogy kiaknázza saját erőforrásait, de nem okozhat kárt más országok környezetében.
- Indokolt fejleszteni a nemzetközi jogalkotást a környezeti ártalmak kártalanítási eljárásairól.
- Környezetvédelmi szabványokat szükséges kidolgozni, de figyelembe kell venni a fejlődő országok tényleges lehetőségeit is, nehogy elviselhetetlen költségeket okozzanak.
- Az egyes országok biztosítsák, hogy a nemzetközi szervezetek koordinált, hatékony és dinamikus szerepet játszhassanak a környezet védelmében és fejlesztésében.
- Az embert és a környezetet meg kell óvni a nukleáris és más tömegpusztító fegyverek alkalmazásától.

A Stockholmi Nyilatkozat a nemzetközi jogfejlődés szempontjából egyik legjelentősebb és legtöbbet hivatkozott alapelve a 21. Alapelvben fogalmazódott meg, mely szerint

„az ENSZ Alapokmánya és a nemzetközi jog szabályaival összhangban az államoknak joguk van saját erőforrásaik hasznosítására saját környezetvédelmi politikájuknak megfelelően, ezzel egyidejűleg pedig kötelezettségük annak biztosítása, hogy fennhatóságuk vagy ellenőrzésük alatt álló zajló tevékenységek ne károsítsák más államok környezetét, illetve olyan területeket, melyek nem tartoznak egyik állam fennhatósága alá sem.”

A Stockholmi Nyilatkozat egy másik, hasonlóan fontos rendelkezése a 24. Alapelvben fogalmazódott meg, mely együttműködésre hívja az államokat a tevékenységek káros környezeti hatásainak hatékony ellenőrizése, megelőzése, csökkentése és megszüntetése érdekében. A Nyilatkozat továbbá elismeri azt a kötelezettséget, hogy az államok egymással együttműködve fejlesszék a nemzetközi felelősségi szabályokat, határozzák meg a környezetvédelmi ügyek kritériumait és normáit, és segítsék elő, hogy a nemzetközi szervezetek hatékony és dinamikus szerepet töltsenek be ezen a téren.

A Stockholmi Konferencián **Akcióprogram javaslatként** 109 pontot fogalmaztak meg, amelyek a következő területeket érintik:

- A települések környezetvédelme.
- A természeti erőforrásokkal való gazdálkodás környezetvédelmi szempontjai.
- A tengerek szennyeződése.
- A környezetvédelem pedagógiai, tájékoztatási, szociális és kulturális kérdései.
- Fejlesztés és környezetvédelem.

Az agrárgazdaság számára tett ajánlások közül megemlítendők a következők:

- Az **ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete (UN Food and Agricul tural Organization - FAO)** vegye fel programjába a falusi körzetek fejlesztése és a környezetvédelem összefüggéseit.
- Talajdegradáció megelőzése, talajjavítás fokozása.
- Peszticidek és műtrágyák ökológiai hatásának vizsgálata, a káros hatások csökkentése és ellenőrzése.
- Rendszeres adatgyűjtés a Föld erdőiről.
- Nemzetközi összefogás a vadállomány védelme érdekében különös tekintettel a veszélyeztetett fajokra.
- Nemzetközi programot kell indítani a Föld genetikai erőforrásainak (génkészletének) megőrzésére.
- Dolgozzanak ki környezetvédelmi oktatási programokat a különböző típusú iskolák és az iskolán kívüli oktatás számára.

A konferencia további jelentőssége abban áll, hogy általános elfogadást nyert a gazdasági fejlődés és a környezetvédelem közötti kölcsönhatás gondolata; valamint kísérletet tettek a fejlett és fejlődő országok között a környezet védelme és a gazdaság fejlesztése kérdéseiben vallott szemléleti különbségek áthidalására, s általánosan elfogadtatták az ökológiailag egészséges fejlődés érdekében szükséges környezetvédelmi szemlélet és gazdálkodás gondolatát. A konferencián elfogadott dokumentumokat az ENSZ Közgyűlése is megtárgyalta és 27. ülésén 11 határozatot hozott ezzel összefüggésben; végezetül ugyancsak a Közgyűlés határozata döntött arról, hogy a környezetvédelmi együttműködés irányítására és a nemzetközi erőfeszítések összehangolására létrehozzák az ENSZ Környezeti Programját (UNEP).

Az UNEP célja a Föld természeti viszonyainak védelme, különös tekintettel a klímára, a vizek, a talaj, a levegő, és az ózonréteg állapotára. Nagy figyelmet szentel a biológiai diverzitás fenntartására, a veszélyeztetett állatfajok és a trópusi esőerdők megóvására, az urbanizációs ártalmakra. Szorgalmazza a környezetbarát ipar és az alternatív energiaforrások terjedését és használatát. Az új szervezet titkárságát Afrikába, Kenya fővárosába, Nairobiba helyezték. Az UNEP pénzügyi alapját részben az ENSZ költségvetéséből, részben az egyes államok ajánlásaiból fedezték. Az UNEP feladatait az alábbiakban határozták meg:

- A nemzetközi együttműködés elősegítése a környezetvédelem területén.
- Az Egyesült Nemzetek szakosított szervezetein belül végrehajtandó környezetvédelmi programok irányítása és koordinálása, környezetpolitikai irányelvek kidolgozása, más szervezetek környezetvédelmi jelentéseinek véleményezése.
- A világ környezetvédelmi helyzetének folyamatos áttekintése.
- A nemzetközi tudományos és más szakmai szervezetek részvételének biztosítása a környezetvédelmi ismeretek és információk megszerzésében, kicserélésében és értékelésében.
- A fejlődő országok környezetvédelmi programjai kidolgozásában való részvétel, illetve a megvalósítás elősegítése.
- Az emberi települések, az ember egészsége, jóléte és ezek környezeti vonatkozásai.
- A környezeti elemek (talaj, víz, levegő), illetve a táj védelme.
- A tengerek és óceánok, illetve a parti területek védelme.
- Természetvédelem, vadon élő állatok, növények és genetikai erőforrások védelme.
- Kereskedelem, gazdálkodás, energetika környezetvédelmi hatásai és feladatai.
- Képzés, nevelés, segítségnyújtás, információfeldolgozás és tájékoztatás.

Az UNEP tevékenysége elősegítette a nemzeti kormányok környezetpolitikájának olyan kialakítását, amely a lehetőségek határain belül egységesítette a szemléletet és kitűzendő célokat. Hozzájárult az UNEP ahhoz is, hogy környezeti megfigyelő (motoring) rendszerek alakuljanak ki nemzeti, regionális és globális szinten.

2.4 A környezetvédelem harmadik korszaka 1972-1992

2.4.1 Stocholmnak köszönhető egyezmények és rendelkezések

A környezetvédelem harmadik korszakának legfontosabb eredménye a politikai és társadalmi tudatosságban bekövetkezett változás. A 21. Alapelv elfogadása és az UNEP létrehozása – mint „Stockholm" legfontosabb vívmányai – alapvetően meghatározták a következő évtizedek nemzetközi környezetvédelmi politikáját. Számos jogszabály és nemzetközi egyezmény született, döntően a Konferencián kijelölt célok elérése érdekében, a legjelentősebbek az **UNESCO 1972-es Párizsi Világörökség**-védelmi Egyezménye, az **1973-**as **Washingtoni CITES** Egyezmény, és az ENSZ 1982-es Tengerjogi Egyezménye, valamint az Európai Közösség környezetvédelmi szabályai és első környezetvédelmi akcióprogramja.

Az 1972-es párizsi egyezménynek ma már több, mint 178 állam a részese, Magyarország 1985-ben csatlakozott a Világörökség Egyezményhez és törvényerejű rendelet formájában beépítette azt a magyar jogrendbe. A Világörökség Bizottság két évvel később, 1987-ben döntött az első két magyarországi helyszín, Budapest és Hollókő felvételéről a Világörökségi Listára. 2002. nyara óta pedig hazánk − ez a 93 ezer négyzetkilométernyi kis ország−, már nyolc világörökségi helyszínnel büszkélkedhet. Helyszíneink közül hét a kulturális és egy a természeti kategóriában került felvételre. Két helyszínünk (Az Aggteleki-karszt és a Szlovák-karszt barlangjai, valamint a Fertő/Neusiedlersee kultúrtáj) határokon átnyúló, azaz szomszédainkkal – Szlovákiával és Ausztriával – közös (**2. táblázat**).

1973-ban az ENSZ Környezeti Programja által kezdeményezett és Washingtonban megkötött egyezmény − a veszélyeztetett vadon élő állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelméről − célkitűzése a kereskedelem által veszélyeztetett fajok élőhelyeiken történő megőrzése és védelme. Ezt csak a felvásárló piac és az élőhely országainak szoros együttműködésével lehet megvalósítani. Az egyezmény veszélyeztetettségük mértéke alapján három függelékbe sorolja a hatálya alá tartozó közel 35.000 fajt. Az I. függelékbe a közvetlenül a kipusztulás szélén álló fajok állnak, melyek vadonélő egyedei nem kerülhetnek kereskedelmi forgalomba. A II. függelékbe azok a növények és állatok tartoznak, amelyek esetében a kereskedelem szigorú engedélyezési rendszerrel való szabályozására van szükség ahhoz, hogy ne jussanak az I. függelékben felsorolt fajok sorsára, míg a III. Függelékbe pedig azok a fajok kerülnek, amelyek védelme érdekében az egyes országok nemzetközi segítséget

kérnek a kereskedelem ellenőrizhetőségéhez. Magyarország 1985-ös csatlakozását követően ma már több, mint 80 faj szerepel a magyarországi CITES listán, melyek néhány kivétellel védettek és fokozottan védettek.

2. táblázat: A Világörökség egyezmény értelmében kijelölt magyar helyszínek

Világörökségi helyszín	Felvétel éve	Kategória
Budapest Duna-parti látképe, a Budai Várnegyed, az Andrássy út és történelmi környezete	1987	Kulturális
Hollókő ófalu és táji környezete	1987	Kulturális
Az Aggteleki-karszt és a Szlovák-karszt barlangjai	1995	Természeti
Az Ezeréves Pannonhalmi Bencés Főapátság és közvetlen természeti környezete	1996	Kulturális
Hortobágyi Nemzeti Park - a Puszta	1999	Kulturális (kultúrtáj)
Pécsi ókeresztény sírkamrák	2000	Kulturális
Fertő / Neusiedlersee kultúrtáj	2001	Kulturális (kultúrtáj)
A tokaji történelmi borvidék	2002	Kulturális (kultúrtáj)

A Stockholmi Konferencia határozatai alapján szinte minden ország létrehozta környezetvédelmi szervezeteit, megalkotta környezetvédelmi törvényeit. Így hazánkban is megalkották a szükséges jogszabályi keretet, melyet az 1976. évi II. törvény − az emberi környezet védelméről − biztosított, illetve 1977-ben a hazai környezetvédelmi feladatok ellátására megalakult az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal.

Számos, nem kötelező erejű dokumentum elfogadása is ehhez az időszakhoz kapcsolódik: az 1978-as UNEP alapelv-tervezetek; az 1981-es Montevideo Program és az 1982-es Természet Világkarta. Az UNEP alapelv-tervezet – amely egyike volt az UNEP első dokumentumainak, azonban végül nem utalták a Közgyűlés elé elfogadásra – 15 elvet tartalmaz a megosztott erőforrások használatával kapcsolatban: egyebek mellett felismeri az államok együttműködési kötelezettségét a káros környezeti hatások ellenőrzése, megelőzés,

csökkentése és megszüntetése terén, és kötelezi őket két-, illetőleg többoldalú egyezmények megkötésére kötelezettségeik biztosítása érdekében.

2.4.2 Stocholmot követő további fontosabb egyezmények

1979-ben írták alá a **Bonni Egyezményt** a vándorló vadon élő állatfajok és vonulási helyük védelméről. Az Egyezmény alapvető célkitűzése a vándorló állatfajok védelmének biztosítása, az ezzel kapcsolatos nemzetközi együttműködés, kutatások elősegítése, támogatása. Feladata a vándorló fajok védelmének biztosítása, kiemelt fajok kipusztulási veszélyének elhárítása szempontjából fontos élőhelyek megőrzése, és esetleges helyreállítása. A vándorlást jelentősen gátló tevékenységek illetve akadályok káros hatásának megfelelő módon történő megelőzése, kiküszöbölése, ellensúlyozása vagy a minimumra csökkentése. Emellett a fajokat veszélyeztető, vagy feltehetően veszélyeztető tényezők a lehetőség és a célszerűség mértékéig való csökkentése vagy szabályozása – nem őshonos fajok betelepítése, vagy a már betelepült fajok ellenőrzése, esetleg felszámolása. Néhány fontosabb konkrét hazai feladat végrehajtása:

- védett és fokozottan védett növény- és állatfajok valamint barlangok rendeletileg történő közzététele;
- védett madárfajok vonulásának kutatása, magyar vadlúd monitoring, melynek keretében zajlik a kis lilik és vörösnyakú lúd monitoring;
- fekete gólya, fehér gólya, cigányréce, rétisas, parlagi sas, kék vércse, kerecsensólyom, haris, túzok, széki lile és gyurgyalag fajvédelmi terve;
- 1989-től kezdődően Túzokvédelmi Program;
- Rétisas Védelmi Program.

Az **1979**-es **berni** – az európai vadon élő növények, állatok és természetes élőhelyeik védelméről szóló – egyezmény alapvető célkitűzése a vadonélő állat- és növényfajok és ezek élőhelyeinek védelme különös figyelemmel a veszélyeztetett fajokra (beleértve a vonuló fajokat is), és a veszélyeztetett élőhelyekre, valamint ezek érdekében az országok közötti együttműködés elősegítése. Figyelemreméltó az egyezményben a „védelem” értelmezése. A teljes tilalmat a fokozott védettség jelenti. Védettséget jelent a szabályozott hasznosítás is, azaz az időbeli, számbeli korlátozásokkal történő befogás, elejtés. Az Egyezmény rendelkezéseket tartalmaz a kipusztult fajok visszatelepítése, az idegen fajok elleni védekezés és betelepítésük ellenőrzése érdekében is.

Az UNEP 1982 és 1992 közötti jogi tevékenységét nagymértékben meghatározta a Montevideo Program, amelynek első programja elsősorban a szárazföldi eredetű tengerszennyezés, a sztratoszférikus ózonréteg védelme és a veszélyes, vegyi anyagok szállítása, kezelése kérdéseit tűzte célul. Második programja több alapvető fontosságú területen sorolta fel a tennivalókat (nemzetközi együttműködés környezetvédelmi veszélyhelyzetben, tengerpart-menedzsment, talajmegőrzés, határon átterjedő levegőszennyezés, veszélyes anyagok nemzetközi kereskedelme, folyók szennyezés elleni védelme és környezeti hatásvizsgálat); harmadik programja pedig a nemzetközi környezetvédelmi jog fejlesztését, beleértve az oktatást, kutatást és az információszolgáltatást tűzte célul.

A Természet Világkartáját az ENSZ Közgyűlése fogadta el, meghatározva az emberi tevékenység természetre gyakorolt hatásainak elveit. Különbözik az előzőekben említett dokumentumoktól annyiban, hogy ez kifejezetten természetvédelmi irányultságú; felhív a természet tiszteletére és a természet érdekeinek integrációjára már a tervezési szakaszban.

Ugyancsak említésre méltó a Világ Megőrzési Stratégia, amelyet számos nemzetközi szervezet és szakosított ENSZ szervezet (egyebek mellett az UNEP, a WWF, az IUCN) készített elő, és amelyet 1980-ban fogadtak el. A Stratégia három fő célt azonosított: fenn kell tartani a szükséges ökológiai folyamatokat és az életet támogató rendszereket, meg kell őrizni a genetikai sokféleséget, valamint a fajok vagy az ökoszisztémák bármely használata fenntartható kell, hogy legyen.

2.4.3 A harmadik korszak súlyos környezeti katasztrófái

Az 1970-es évek végét és a 80-as éveket az ember által okozott környezeti katasztrófasorozatok jellemzik. Több olyan súlyos tragédiát okozó ipari balesetet ismerünk, melyek sok ember életét követelték és jóvátehetetlen károkat okoztak a környezetben is.

1976. július 10-én Észak-Olaszországban a Hoffmann La Roche Givaudan vegyi gyártelepén egy kisméretű autokláv melyben növényvédő szert állítottak elő, emberi mulasztás miatt túlmelegedett. Ennek során – a mellékreakció következtében – dioxin került a levegőbe. A gyár, egy Milánó melletti kisváros, **SEVESO** közelében működött, s az uralkodó széljárás következtében a veszélyes dioxin-felhő a város környékén fejtette ki hatását.

A mérgezés kb. 100 000 legelő állatot, illetve egész kukorica mezőket pusztított el. Habár a baleset közvetlenül emberéletet nem követelt, de több száz embert ki kellett telepíteni, és a gyermekeken bőrkiütések jelentek meg. Mire kiderültek a baleset körülményei, és a szakértők megvizsgálták a káros hatásokat, már nem sok mindent lehetett tenni. A baleset egy szombati napon történt, de csak a következő hét csütörtökére hívták össze a válságértekezletet. Addigra, ismerték ugyan a pontos eredményeket, de a tényleges adatokat nem hozták nyilvánosságra.

A baleset ugyan konkrét munkahelyi mulasztás miatt következett be, de ennek előzménye volt, hogy a tulajdonosok már a tervezés során is „spóroltak”, mert nem gondoskodtak a megfelelő biztonsági berendezésekről (nem építettek gyűjtőmedencét, automata hűtőrendszert, stb.). A cégnek nem voltak konkrét tervei egy ilyen katasztrófa esetére, rögtönözni kellett.

Két héten belül a hadsereg is a helyszínre érkezett, lenyírták a szennyezett füvet, kivágták a fákat, a legveszélyeztetettebb területekről a talaj felszíni rétegét is elszállították és állítólag biztonságos körülmények között eltemették. A kiürített területen kívül élők azonban nem részesültek óvintézkedésben. A SEVESO-i vegyi üzem robbanása után még „csak” a lakosságot kellett kitelepíteni, a **Sandoz** (Svájc 1986.) Basel melletti üzemének balesete viszont már hosszú időre beszennyezte a Rajnát. Az UNION CARBIDE gyártelepén működési zavar és meghibásodás miatt 40 tonna metil-izocianát, mérgező gázfelhő szabadult ki. A kár 3.327 billió $.

1984-ben az indiai **Bhopal** városában következett be egy a vegyipar Hirosimájaként emlegetett baleset, ahol a növényvédőszer gyárból kiszabaduló gáz 2000 ember halálát

okozta, s több mint kétszázezer ember súlyosan megbetegedett, háromszázezren pedig elvándoroltak a környékről.

A baleseteket követően számos vizsgálatot rendeltek el Európában, s a világ más tájain, melyekkel felmérték a gyárak biztonságát. A tragédiák fordulatot eredményeztek az emberek és a vegyipar kapcsolatában. Bebizonyosodott, hogy a vegyiparban nincsen helye rögtönzésnek, túlzott takarékoskodásnak csak azért, hogy magasabbak legyenek a termelési mutatók.

A Bhopal-i katasztrófa után – ahol a magas szintű biztonsági eljárások sem tudták kiküszöbölni az emberi hanyagság következményeit –, az egyezményeket módosítani kellett különböző kiegészítésekkel, illetve megszületett: „Az ipari balesetek országhatáron túli hatásairól és kezeléséről szóló (Helsinki) egyezmény" az ENSZ égisze alatt, illetve a SEVESO II. Irányelv, amelyek a fentiekhez hasonló balesetek elkerülését, a veszély csökkentését, a biztonság növelését tűzték ki célul.

A nemzetközi szabályzók előírásai megkövetelték, hogy az államok növeljék környezetvédelmi kutatásaik intenzitását, megfelelő technológiai megoldásokat dolgozzanak ki, illetve gondoskodjanak ezen eredmények elterjedéséről, hogy a környezet minőségében minél hamarabb javulás következzen be.

Ehhez azonban olyan új „társadalmi kultúrát" kell teremteni, amelyben a környezetvédelmi hatású döntések előkészítésébe bevonják az állampolgárokat, sőt a döntés után az adott tevékenység ellenőrzésének is részesei kell, hogy legyenek. Ez különböző módon valósulhat meg az államigazgatás különböző szintjein. Jogállamiság keretei között az állampolgári részvételt a döntési folyamatokban, törvény szabályozza.

Külön megemlítendő még az önkormányzatok felelőssége is, hiszen a helyi döntések mindig közvetlenebbül érintik az állampolgárokat, mint az országos szintűek, illetve a szubszidiaritás elvének megfelelően az adott célok hatékonyabb módon valósulnak meg, ha a döntések az állampolgárokhoz legközelebb eső szinten kerülnek meghatározásra. Ezért a döntések súlyától függően különböző mértékben, de mindig be kell vonni a lakosságot a döntések meghozatalába.

A szigorú szabályozás és a környezetvédelmi mozgalmak eredménye lesz, ha csökken a fentiekben említett katasztrófák kialakulásának a lehetősége, de azok következményeit, hatásait is jelentősen csökkentheti a megfelelő felkészültség, a gyors és összehangolt reagálás. A kármegelőzés nem akkor kezdődik, amikor a tűzoltók a helyszínre sietnek. Már

jóval a gyár beüzemelése előtt fel kell mérni a kockázatokat. Az emberi hiba, mulasztás lehetőségének minimalizálása is fontos cél! Ez pedig csak egy bonyolult együttműködési folyamat eredményeként érhető el, melynek elengedhetetlen szereplője a lakosság.

A sorozatok betetőzése a csernobili katasztrófa volt. 1986. április 26-án a csernobili atomerőműben bekövetkezett robbanás közvetlen kiváltó oka felelőtlen emberi beavatkozás volt. Az irányító személyzet engedély nélkül végzett kísérletet, amelynek során kikapcsolták a biztonsági berendezést. A robbanást követően tűz keletkezett, és annak eloltásáig, a legsürgősebb intézkedések megtételéig eltelt 10 napon keresztül a veszélyes sugárzó anyagok − uránium, plutónium, jód-131, cézium-137 − tömege került a légtérbe. A radioaktív felhőben lévő sugárzó részecskék a légköri áramlásoknak köszönhetően eljutottak Észak- és Kelet-Európa jelentős részére. A későbbiek során a nukleáris csapadék nyomait azonosították az USA, Japán, de még Brazília egyes területein is. A nukleáris baleset mintegy 3,7 millió ember életkörülményeit érintette. A szennyezettség hozzávetőlegesen 30 ezer km^2-nyi területen jelenleg is meglehetősen magas. Az erőmű néhány kilométeres körzetében mutációkat tapasztaltak a növény- és állatvilágban.

2.4.4 A környezetvédelem harmadik korszakának további fontos eredményei

A korszak súlyos katasztrófái mellett számos egyezmány is született, melyekhez Magyarország is csatlakozott. Ilyen jegyzőkönyv az 1979-es Genfben megkötött egyezmény a nagy távolságra jutó, országhatárokon átterjedő levegőszennyezésről. Miután az 1960-as évektől kezdődően egyre több tudományos eredmény látott napvilágot a légköri kén- és más szennyezőanyag kibocsátások káros környezeti hatásairól – savasodásról, savas esőkről, felszínközeli ózonképződésről, stb.

Az egyezmény a kibocsátások csökkentésére irányuló nemzeti programok, kutatások, megfigyelések, illetve az ezeket elősegítő nemzetközi együttműködés továbbfejlesztésének szükségességét emeli ki. E szerint az Egyezményhez csatlakozó felek kölcsönösen tájékoztatják egymást az esetleges káros következményekkel járó levegőszennyező anyagok kibocsátásának lehetőség szerinti leküzdését célzó politikájukról, tudományos tevékenységükről és technikai jellegű intézkedéseikről, így járulva hozzá a szennyezőanyag kibocsátás csökkentéséhez. Emellett részt vesznek a célt szolgáló kutatásokban, fejlesztésekben, mérésekben, információcserében, megfigyelésben, értékelésben.

Az Egyezmény a légszennyező anyagok közül csak a kén-dioxidot nevezi meg, a többi szennyezőt csak általánosságban említi, emellett nem tartalmaz tételes kibocsátás-csökkentési előírásokat. Az Egyezményhez eddig nyolc jegyzőkönyv került csatolásra.

1. Ehhez csatlakozik az 1984-es Genfi Jegyzőkönyv, melynek célja a levegőszennyező anyagok nagy távolságra való eljutásának megfigyelésére és értékelésére kidolgozott európai együttműködési program (EMEP) hosszú távú finanszírozása.

Az EMEP 1977-ben indult. A Programból származó megfigyelési és elemzési eredmények jelentős mértékben hozzájárultak az Egyezmény kidolgozásához, ezért a hatálybalépéstől annak hatálya alatt szilárd pénzügyi alapot biztosítanak a Program folytatásához. A Programnak továbbra is feladata a légszennyező anyagok kibocsátási adatainak gyűjtése, a légszennyezettség és a csapadékvíz kémiai összetételének mérése, és a légköri diszperzió modellezése a kibocsátási és meteorológiai adatok felhasználásával.

2. Következő jegyzőkönyv az 1985-ben aláírt Helsinki Jegyzőkönyv, amely a kénkibocsátások és azok országhatárokon való átáramlásának legalább 30 %-kal történő csökkentéséről szól.

A Jegyzőkönyv célkitűzése értelmében mindegyik Fél köteles a nemzeti éves kén-kibocsátás, és annak országhatárokon való átáramlását a lehető legrövidebb időn belül, de legkésőbb 1993-ig legalább 30 %-kal csökkenti, a csökkentés számításához az 1980. évi szintet véve alapul. Magyarország összes kén-dioxid kibocsátása 1980-ban 1632 kt volt, ezt kellett 1993-ig 30 %-kal, azaz 1142 kt/év értékre mérsékelni. Magyarország kevesebb, mint felére csökkentette a kén-dioxid kibocsátást, az 1993-as érték 757 kt/év volt.

E cél elérése érdekében hazánkban több intézkedés került végrehajtásra. Az energiahordozók területén nagymértékű váltás volt megfigyelhető. Az energiaipar és a lakossági fűtés esetén szénről fokozatosan olajra, majd földgázra tértek át. Emellett a Paksi Atomerőmű fokozatosan belépett a villamos energia ellátásba. A fejlődő technológiáknak köszönhetően a gázolaj kéntartalma fokozatosan csökkent, illetve az ipari termelés 1989. után fokozatosan visszaesett, valamint a meglévő technológiákat korszerűsítették, pl. az Ajkai Erőműben kazánrekonstrukciót végeztek.

3. Az 1988-as Szófiai Jegyzőkönyv melynek alapvető célkitűzése a nitrogén-vegyületek által okozott káros hatások csökkentése az érintett – európai és észak-amerikai – térségben azáltal, hogy mérséklik a nitrogén-oxidok légköri kibocsátását, illetve országhatárokon való átterjedését a mozgó és a helyhez kötött forrásokra megfelelő

kibocsátási normák bevezetésével és alkalmazásával. Az elérendő cél: az éves kibocsátás 1994. december 31-ig ne lépje túl az 1987-es nitrogén-oxid kibocsátást, vagy az országhatárokon átterjedő mennyiséget.

Magyarországon a nitrogén-oxid kibocsátási szintje 1987-ben 265 kt/év még 1994-ben 183 kt/év volt. A célkitűzés eléréséhez csökkentésre került a fosszilis energiahordozók felhasználása, fokozatosan belépett a Paksi Atomerőmű, a gépjárműállomány folyamatos növekedése mellett az energiafelhasználás csökkent, valamint 1989-től fokozatosan visszaesett az ipari termelés.

4. 1991-ben írták alá a Genfi Jegyzőkönyvet mely azon illékony szerves vegyületek légköri kibocsátásának korlátozásáról illetve csökkentéséről szól amelyek az emberi egészségre és a környezetre káros hatást gyakorolnak. Előírás, hogy a csatlakozó országok 1999-ig az 1988-as szinthez képest 30 %-kal csökkentsék. Magyarország esetében az 1988-as szint 205 kt volt, melyet 1999-re 17 %-kal csökkentették, mely az elindított programoknak köszönhetően várhatóan tovább fog csökkenni.

5. Az 1998-as Osloi Jegyzőkönyv-ben a kén kibocsátásának további csökkentését célozták meg a részes felek. Magyarország vonatkozásában a következő kötelezések léptek életbe: az 1980-as bázisévhez képest 2000-ig 45%-kal, 2005-ig 50 %-kal és 2010-ig 60 %-kal kell csökkenteni az országos összes kén-dioxid kibocsátást.

6. Az 1998-as Aarhusi Jegyzőkönyv, a környezetben tartósan megmaradó szerves szennyezőanyagok (POP) légköri kibocsátásának csökkentéséről címet viseli. A környezetben tartósan megmaradó szerves szennyezőanyagok (persistent organic pollutant, POP) azok a szerves vegyületek, melyek a természetben akár évtizedekig is kimutathatók, mivel különböző mértékig ellenállnak a fotolitikus, biológiai és kémiai lebomlásnak. Felezési idejük a légkörben két napnál, a vizekben két hónapnál, a talajban hat hónapnál nagyobb. Több fajtájuk halogénezett, vízben kevésbé, zsírban jól oldódó anyag, ami elősegíti a zsírszövetekben történő felhalmozódásukat, bioakkumulálódnak. Mivel ezek az anyagok igen stabilak, nagy távolságokra juthatnak el, mielőtt kiülepednek. Sok közülük rákkeltő.

A Jegyzőkönyv célja a szennyezőanyag légköri kibocsátásának és veszteségeinek ellenőrzése, csökkentése vagy kiküszöbölése. Az intézkedéseket három csoportba sorolja:

- gyártás és felhasználás kiküszöbölése,
- korlátozott felhasználás és
- melléktermék kibocsátás csökkentése.

A Jegyzőkönyv három anyagcsoportra helyezi a hangsúlyt: növényvédőszerekre (DDT, heptaklór, hexaklór-ciklohexán stb.), ipari vegyi anyagokra (hexabróm-bifenil, poliklórozott bifenilek (PCB)) és melléktermékekre (policiklikus aromás szénhidrogének (PAH), dioxinok stb.). A Jegyzőkönyv csökkentést ír elő, azonban konkrét %-ot nem ad meg, a csökkentést a javasolt bázisévhez 1990-hez képest kell elérni.

Magyarországon a Jegyzőkönyvben leírtak teljesítése érdekében Intézkedési Tervet dolgoztak ki, melynek végrehajtása során az egyes szennyezőanyagokat kibocsátó gazdasági szakterületek termelési folyamatai korszerűsödnek, a környezetben egyre kisebb terhelést okozva.

7. 1998-as Aarhusi Jegyzőkönyv, a toxikus nehézfémek (HM) légköri kibocsátásának csökkentéséről. A légkörbe jutó nehézfémek – zömmel finom porrészecskékhez tapadva – a légköri folyamatok révén a keletkezési helytől nagy távolságra szállítódnak, s a távoli vidékeken élő emberek egészségét is veszélyeztetik. Bár a tárgyalások során több fémről illetve félfémről beszéltek, a Jegyzőkönyvbe végül csak a kadmium, ólom és higany került be. Azonban ha ezek kibocsátását sikerül csökkenteni, várhatóan a többi is mérséklődni fog, hiszen rendszerint azonos technológiából kerülnek a légkörbe.

A Jegyzőkönyv értelmében hazánkban is új előírások léptek életbe, csökkenteni kellet az akkumulátorok és szárazelemek higanytartalmát, illetve a közúti forgalomban lévő gépjárművek számára forgalmazott üzemanyagok ólomtartalmát, melyet 0,013 g/l értékben maximálták.

8. 1999-es Göteborgi Jegyzőkönyv a savasodás, az eutrofizáció és a talaj közeli ólom csökkentéséről szól. Az első „nitrogén-jegyzőkönyv” (1988-as Szófiai Jegyzőkönyv) fő célkitűzése még a nitrogén-oxidok (NO_x) kibocsátásának, illetve országhatárokon való átterjedésének korlátozása, szinten tartása volt. Az ökológiai rendszerek károsítása, valamint az emberi egészségre gyakorolt káros hatások miatt szükséges a légkörbe jutó nitrogén vegyületek (nitrogén-oxidok, ammónia) kibocsátásának csökkentésére is. A nitrogén-oxidok és az ammónia a természet egyes elemeinek savasodásában és az eutrofizációban egyaránt részt vesznek. A regionális ózonképződés miatt a nitrogén-oxidokkal összefüggésben vizsgálni kellett az illékony szerves vegyületek hatását is.

A Jegyzőkönyv célja az emberi tevékenységből származó kén-dioxid, nitrogén-oxid, VOC és ammónia kibocsátásának csökkentése annak érdekében, hogy megóvjuk az emberi egészséget és a környezetet a savasodástól, az eutrofizációtól és a talaj közeli ózon káros

hatásaitól. A fenti légszennyező anyagok leülepedésük előtt a kibocsátás helyétől nagy távolságokra is eljutnak

A Jegyzőkönyv konkrét koncentráció csökkentéseket ír elő 2010-ig, az 1990-es bázisévhez képest. Magyarország esetében ezek a következők:

- kén-dioxid: 46 %-os csökkentés (1010-ről 550 kt-ra) 2003-ban 347 kt emisszió, csökkenő tendencia;
- nitrogén-oxidok: 17 %-os csökkentés (238-ről 198 kt-ra) 2003-ban 180 kt emisszió, csökkenő tendencia;
- ammónia: 27 %-os csökkentés (124-ről 90 kt-ra) 2003-ban 67 kt emisszió, csökkenő-stagnáló tendencia;
- VOC: 33 %-os csökkentés (205-ről 137 kt-ra) 2003-ban 155 kt emisszió, 1991-1998 között erős visszaesés után csökkenő tendencia mutatkozott, majd az 1998-as ugrást következően újra csökkenő tendenciát mutat.

Az 1985-ös bécsi egyezmény az ózonréteg védelmét írja elő (**részleteket lásd a 9. fejezetben**).

A bécsi egyezményhez több jegyzőkönyv és módosítás csatlakozott 1987-ben Montreáli Jegyzőkönyv, 1990. Londoni Kiegészítés és Módosítás, 1992. Koppenhágai Kiegészítés és Módosítás, 1997. Montreáli Módosítás, 1999. Pekingi Módosítás, míg végül a halogénezett szénhidrogének használatát 2030-ig teljes mértékben tiltják.

1989-ben köttetett a Bázeli Egyezmény a veszélyes hulladékok országhatárokon túlra szállításának és elhelyezésének ellenőrzéséről. Cél hogy a veszélyes és egyéb hulladékok mennyisége a lehető legkisebbre csökkenjen, azok környezetet nem veszélyeztető kezelésére pedig olyan megfelelő létesítmények álljanak rendelkezésre, amelyek lehetőleg az illető állam területén vannak telepítve.

2.4.5 Környezet és Fejlődés Világbizottság

Az 1980-as évek első felében a nemzetközi szervezetek, beleértve elsősorban a Egyesült Nemzetek Szervezetét, felismerték a következő tendenciákat:

- A környezetvédelem egyre inkább globális jelleget kap.
- Hosszú időhorizontban szükséges gondolkodni és cselekedni.
- A környezetpolitikát és a gazdaságpolitikát össze kell kapcsolni.

Új elképzelésekre, új megközelítési módszerekre, új gondolkodás-módra és új stratégiai elképzelésekre volt szükség. Ezek kidolgozása és megalapozása érdekében jön létre az ENSZ Közgyűlés állásfoglalásának megfelelően a **Környezet és Fejlődés Világbizottság** melynek vezetésével a norvég miniszterelnököt, Gro Harlem Brundtland asszonyt bízták meg. A bizottság egy, a kormányoktól és az ENSZ szerveitől független szervezet volt, melynek feladata volt egyebek mellett a környezetvédelem és fejlődés kérdéskörében a kritikus problémák azonosítása és ezzel kapcsolatos reális megoldási javaslatok kidolgozása, valamint egy új típusú nemzetközi együttműködés kidolgozása.

A Bizottság 22 tagból állt és a tagokat az elnök asszony választotta ki, megfelelő tájékozódás és konzultáció után. Az alapvető elv az volt, hogy a Bizottság fele a fejlődő országokból, fele az iparilag fejlett országokból kerüljön ki. Egy másik csoportosítás szerint az egyik felét politikusok, közéleti személyek, a másik felét a tudományos élet és a környezetvédelmi mozgalmak képviselői alkossák. Érvényesítették a lehetősége határain belül a földrajzi arányosság elvét is. A Bizottság tagjai közé Közép- és Kelet-Európa országaiból a Szovjetunió, Jugoszlávia és Magyarország (Láng István akadémikus) egy-egy állampolgára került be. A Bizottság számára Genfben létrehoztak egy Titkárságot, amely elvégezte a szükséges szervezőmunkát és koordinálta a Bizottság munkáját segítő közel kétezer szakértő munkáját. A Bizottság 1984-ben Genfben kezdte el munkáját és 1987 februárjában, Tokióban fogadta el a jelentését „Our Common Future" (Közös Jövőnk) címmel.

A Bizottság az alakuló ülésén kiválasztotta azt a nyolc kulcskérdést, amelyeket munkája során elemezni akart. Ezek a következők:

- A **népesedés**, a **környezetvédelem** és a **fenntartható fejlődés** perspektívái. A világ sok táján a népesség olyan ütemben növekszik, amely jócskán meghalad minden ésszerű fejlődést akár a lakásépítést, az egészségügyet, az élelmiszer-biztonságot, vagy az energiafelhasználást tekintve.
- Energia és **környezetvédelem**. Az energiafelhasználás növekedésének üteme csökkenőben van, bár az iparosítás, a mezőgazdasági fejlesztések és a fejlődő országok rohamosan növekvő népessége egyre több energiát igényel. Egy iparosított piacgazdaságban az átlagpolgár 80-szor annyi energiát fogyaszt, mint a Szaharában élő ember. A fejlődő országok gazdasági növekedése, ami elengedhetetlen az életszínvonal javításához, igen jelentős energiafelhasználással fog párosulni. Az energiatakarékosság és energiaracionalizálás a következő időszak vezető irányzatai

lesznek. A megújuló energiaforrások fokozottabb igénybevétele jelenti a másik fontos irányzatot a következő évszázadokban.

- Ipari **környezetvédelem és fejlődés**. A Jelentés iparpolitikai jelszava, hogy „**többet a kevesebből**" vagyis több értéket létrehozni az ipari termelés során kevesebb anyag- és energiafelhasználással. Technológiai váltásokra van szükség az iparban; a tisztább termelés, a környezetkímélő eljárások kerülnek előtérbe. A veszélyes hulladékok kezelésének, és ezek exportjának fokozottabb ellenőrzésére van szükség.
- **Élelmiszer-biztonság**, mezőgazdaság, erdészeti környezetvédelem és fejlődés. A világ mezőgazdasági kultúrái lehetőséget nyújtanak arra, hogy elegendő élelmiszer jusson mindenkinek. Az éhség gyakran nem az élelmiszerek, hanem a vásárlóerő hiányából fakad.
- **Emberi települések**: környezetvédelem és fejlődés. A századfordulón az emberiségnek csaknem fele városokban él majd. A fejlődő országokban kevés városi önkormányzat rendelkezik a szükséges erőforrásokkal, hogy a gyorsan növekvő lakosságot ellássa megfelelő emberi élethez szükséges területtel, szolgáltatásokkal, tiszta vízzel, csatornázással, iskolákkal, közlekedéssel.
- **Nemzetközi gazdasági kapcsolatok**: környezetvédelem és fejlődés. Számos fejlődő ország adósságterheinek jelenlegi szintje nem egyeztethető össze a fenntartható fejlődéssel. Az adósok arra kényszerülnek, hogy árutöbblettel törlesszenek, és e célra nagymértékben kihasználják nem megújuló erőforrásaikat.
- **A környezetgazdálkodást támogató döntési rendszerek.**
- **Nemzetközi együttműködés.**

A felsorolásból hiányzik az oktatás, nevelés, valamint a környezettudatosság témaköre és emiatt a Bizottság és jelentése a későbbiekben sok kritikát kapott. Nagy előrelépés azonban, hogy először fogalmazta meg a fenntartható fejlődés fogalmát, mely szerint:

„*a fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generáció szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.*"

Ez a megfogalmazás elsősorban politikai jellegű állásfoglalást tükröz. A középpontban az ember áll, aki életszükségleteit úgy elégíti ki, hogy egyúttal a jövő generációk hasonló érdekeit is figyelembe veszi, megalapozva ezzel a Riói Nyilatkozat 1. Elvét. A környezet

védelmét és az erőforrások takarékos használatát azonban közvetlenül nem említi a meghatározás. A fenntartható fejlődés fogalma ily módon a fejlődő világ, illetve a fejlett országok alacsony jövedelmű társadalmi csoportjai számára jelentett üzenetet, hogy reményt adjon a jövőt illetően.

A jelentés főbb megállapításai egy olyan fejlődési modellt vázoltak fel, mely a mennyiségi növekedést és a minőségi fejlődés egyaránt tartalmazza, s kimondja, hogy a gazdaság csak a környezet megőrzésével növekedhet. A fenntartható fejlődés három pillére, a környezet – gazdaság – társadalom egymással összefügg, a döntéseknél mindhármat figyelembe kell venni. A jelentés a politika terén a populációra, az élelmiszerek biztonságára a fajok és a genetikai erőforrások védelmére koncentrált; az intézményfejlesztés terén pedig a nemzetközi közgazdaság fontosságát helyezte előtérbe.

A bizottság továbbá világossá tette: „A nemzeti és nemzetközi jog hagyományosan le volt maradva az események mögött. Ma a jogi rendszereket gyorsan maguk mögött hagyja a fejlődés környezeti alapjára gyakorolt hatások egyre gyorsuló sebessége és kiterjedő mérete. Az emberi törvényeket újra kell fogalmazni, hogy az emberi tevékenységeket összhangban tartsák a természet változatlan és egyetemes törvényeivel. Sürgős szükség van: ... a fenntartható fejlődést támogató törvények és nemzetközi megállapodások megerősítésére és kiterjesztésére, illetve a létező módszerek újbóli kikényszerítésére és új eljárások kidolgozására a környezeti viták elkerülése és megoldása érdekében.”

Az akcióprogramok kijelölésével és az új nemzetközi környezetvédelmi egyezmények elfogadásával ebben az időszakban tehát létrejött egy kifejezetten környezetvédelmi kérdésekre koncentráló szabályrendszer: megkezdődött a szakterületi szabályokat azonosító egyezmények elfogadása (melyek megalkotását bizonyos esetben a bekövetkezett balesetek ösztönözték, lásd pl. 1986: Csernobil) újfajta eljárási kérdéseket szabályozó normák (pl. hatásvizsgálat) váltak kötelezővé és kialakultak a legfontosabb intézmények; valamint megfogalmazódtak a nemzetközi környezetvédelmi jog legfontosabb alapelvei (stockholmi 21. alapelv).

A „Közös Jövőnk” jelentés helyzetértékelése, illetve a jövőre vonatkozó javaslatai és ajánlásai 1987 őszén az ENSZ Közgyűlése elé kerültek, ahol a tagországok általános egyetértést fejeztek ki. Ezen a közgyűlési ülésszakon rajzolódott ki az az elképzelés, hogy az 1990-es évek elején újabb világkonferenciát szervezzenek a környezetvédelem ügyéről, összekapcsolván a fejlődés szerteágazó kérdéseivel.

A későbbi hazai szabályozásban igen fontos szerepet tölt be az 1991-es Espooi Egyezmény az országhatárokon átterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló dokumentum. Ennek hatására a csalakozó országok fokozták jogi, közigazgatási és egyéb intézkedések kidolgozását és megvalósítását, amelyek intézményesítik a környezeti hatásvizsgálat eljárása oly módon, hogy az eljárásban lehetővé váljon a nyilvánosság részvétele. Ehhez az Egyezményhez kapcsolódva 2003-ban Kijevben írták alá a Jegyzőkönyv a stratégiai környezeti vizsgálatról, melynek célja a fenntartható fejlődés érdekében a környezet és egészség magas szintű védelme azáltal, hogy a stratégiai környezeti vizsgálat megfelelő, a nyilvánosság részvételét biztosító eljárásának létrehozásával hozzájáruljon a környezeti szempontok figyelembe vételéhez a környezetre várhatóan jelentős hatást gyakorló tervek és programok kialakításánál, illetve elősegítse ezt a politikák és jogszabályok kidolgozásánál is.

2.5 A környezetvédelem negyedik korszaka (1992-2002)

Bár a környezetvédelem negyedik korszakának kezdete a Riói konferenciához datáljuk, azonban itt teszünk említést az 1992-es Helsinki egyezményről is, melynek témája a határokat átlépő vízfolyások és a nemzetközi tavak védelme és használata. Az Egyezmény létrehozásához az vezetett, hogy a felszíni és felszín alatti vizek állapota a fokozódó elszennyeződés, illetve a nem körültekintő használatok miatt Európa-szerte nagy mértékben romlott. A kiváltó okok között szerepel a korábbi rohamos iparfejlesztés, az iparszerű mezőgazdaság térhódítása, az urbanizáció erősödése. A Kormányok – lehetőségeik szerint – elsősorban országaik területén tettek bizonyos intézkedéseket a kedvezőtlen folyamatok ellensúlyozására. A határvizeket érő kedvezőtlen hatások azonban növekedtek, s ez elsősorban az **alvízi országok** számára okozott mind nagyobb problémát.

Az Egyezmény alapvető célkitűzése az lett, hogy a határvizekben érdekelt szomszédos országok megőrizzék, ellenőrizzék, illetve csökkentsék a felszíni és a felszín alatti vizeket érő, az ökorendszereket károsító, határokon átterjedő kedvezőtlen hatásokat – beleértve a kockázatos anyagok okozta, valamint a hő- és sugárszennyezést, az ipari, a lakossági, a mezőgazdasági szennyezéseket és a nem körültekintő vízhasználatokat – és az egyenlőség és a kölcsönösség alapján az Egyezmény általános elveit a gyakorlatba átültetve kössenek két- vagy többoldalú megállapodásokat e cél megvalósítása érdekében.

Magyarországnak az Egyezményben való részvételhez kifejezett érdekei fűződnek, hiszen felszíni vizeinek mintegy 96%-a külföldről származik, így mindenképpen indokolt részvételünk egy olyan európai keret-megállapodásban, amely hozzájárulhat a vizek állapotát befolyásoló, határokon átterjedő kedvezőtlen hatások csökkenéséhez.

Az Egyezményhez 1999-ben Londonban köttetett a Víz és Egészség Jegyzőkönyv, melynek célja nemzeti, regionális és nemzetközi szinten a vízgazdálkodás fejlesztésének, a vízi környezet védelmének és a vízzel kapcsolatos megbetegedések megelőzésének, illetve visszaszorításának elősegítése az emberi egészség védelme, az eyéni és társadalmi jólét előmozdítása érdekében.

Az Egyezményhez 2003-ban Kijevben újabb Jegyzőkönyv csatlakozott Az ipari balesetek határokon átterjedő hatásaiból eredően a határvizeken okozott károkért viselt polgári jogi felelősségről.

Az ipari balesetek országhatárokon túli hatásairól szóló egyezményt 1992-ben Helsinkiben írták alá. Az Egyezmény minden olyan ipari tevékenység közvetlen vagy közvetett, azonnali vagy késleltetett hatásának megelőzését, csökkentését célozza, amely káros az emberi egészségre, a természeti környezetre – bármely elemére, az élővilágra, vízre, levegőre, talajra, tájra -, valamint az épített környezetre.

2.5.1 Riói konferencia

1987 őszén a Brundtland Bizottság Jelentését megtárgyaló ENSZ Közgyűlésen egyetértettek az alapvető megállapításokkal, és döntés született arról, hogy a következő világértekezletet 1992-ben Rio de Janeiróban tartsák meg ENSZ **Környezet és Fejlődés Konferenciá**ja (UN Conference on Environment and Development) címmel. A Brundtland Bizottság jelentése szolgáltatta a koncepcionális hátteret a Konferencia dokumentumai tervezetének elkészítéséhez.Látható a rendezvény megnevezéséből, hogy két olyan területet kívánt átfogni a konferencia, amelynek érdekei sokszor ellentétesek, de az emberiség számára mindkettő egyaránt fontos. A fenntartható fejlődés koncepciója ily módon szabad utat kapott, hogy egyaránt bevonuljon a kormányok, a gazdasági élet képviselői és a környezetvédő társadalmi mozgalmak szóhasználatába. Az értelmezés körül azonban már kezdettől fogva ellentétes vélemények alakultak ki. Mindegyik érdekcsoport a maga felfogásának megfelelően helyezte el a hangsúlyokat. Az egyik csoport inkább a további gazdasági növekedés szükségességét emelte ki, hogy ki lehessen elégíteni az alapvető emberi szükségleteket. A másik viszont a termelés és fogyasztás korlátozását helyezte előtérbe a természeti erőforrások és a környezet védelme érdekében.

A Riói Konferencia megtartását kimondó ENSZ Közgyűlési határozat legfontosabb megállapításai a következők:

- A környezeti problémák – közöttük az éghajlatváltozás, az ózonréteg elvékonyodása, a határokon átterjedő levegő- és vízszennyezés, az óceánok és a tengerek elszennyeződése, az élővilágot és a felszíni erőforrásokat pusztító folyamatok, különös tekintettel az aszályra és az elsivatagosodásra – globális jellege szükségessé teszi a cselekvést minden szinten, beleértve a globális, regionális és nemzeti szinteket, minden ország kötelezettségvállalását és részvételét.

- A globális környezet egyre romló állapotának – különösen az iparosodott országokban – fő oka a termelés és a fogyasztás nem megfelelő összhangja a természeti erőforrások megőrzésére irányuló erőfeszítésekkel.
- A szegénység és a környezetpusztulás szoros kapcsolatban áll egymással.
- A globális környezeti károk okozásáért, csökkentéséért, illetve megszüntetéséért azok az országok viseljék a felelősséget, amelyek a károkat okozzák, és a felelősségvállalás kapcsolódjon az okozott károkhoz, összhangban az adott ország teljesítőképességével.
- A tudománynak és a technológiának alapvető szerepe van a környezetvédelemben.

Az ENSZ Közgyűlése a továbbiakban megerősítette, hogy a Konferencia olyan stratégiákat és megoldásokat dolgozzon ki, amelyek révén a világ minden részében megállítható és megfordítható a környezetpusztulás úgy, hogy nagyobb nemzeti és nemzetközi erőfeszítések történjenek a fenntartható és a környezettudatos fejlődés érdekében.

A Konferencia előkészítése két évet vett igénybe. Az eredeti elképzelés az volt, hogy az egyes országok vezetői aláírják a **Föld Charta** (Eartla Charter) elnevezésű dokumentumot, amely jelentős kötelezettségvállalásokat írt volna elő. Ezenkívül három önálló egyezményt is terveztek:

- az éghajlatváltozási keretegyezményt,
- a biológiai sokféleség védelméről szóló egyezményt,
- az erdők védelméről szóló egyezményt.

A cselekvési programokra tett ajánlásokat a **Feladatok a 21. századra** című dokumentum foglalta volna össze. A különböző érdekellentétek – főleg gazdasági jellegűek – miatt ez a grandiózus terv csak részben sikerült. A Föld Charta dokumentumból egy sokkal „puhább”, kizárólag elveket magában foglaló **Riói Nyilatkozat** alakult ki.

Az éghajlatváltozási keretegyezményt és a biológiai diverzitás egyezményt az országok döntő többségének vezetői a helyszínen aláírták. Ezek jogilag kötelező jellegű nemzetközi megállapodásoknak tekinthetők. Az erdők védelméről szóló egyezmény helyett csupán egy ajánlásokat megfogalmazó dokumentum állt össze, amely nem tartalmazott konkrét kötelezettségvállalást.

A Feladatok a 21. századra (Agenda 21) című dokumentum elfogadása nem okozott különösebb nehézséget, hiszen eleve úgy készítették el, hogy az javaslatokat, ajánlásokat

tartalmaz és a nemzetközi szervezeteknek, illetve a nemzeti kormányoknak megadja a lehetőséget, hogy azt valósítsanak meg belőle, amit fontosnak és szükségesnek tartanak.

A **Riói Konferencia** alapvető tárgyalási szakasza 1992. június 3-11-ig tartott. Ebben a szakaszban Keresztes K. Sándor környezetvédelmi miniszter vezette a magyar delegációt. Június 12-13-án tartották a **Föld Csúcs**találkozót, amelyen államfői és kormányfői beszédek hangzottak el.

A csúcstalálkozó idejére Göncz Árpád köztársasági elnök vette át a magyar delegáció vezetését és ebben az időben írta alá az Éghajlat-változási Keretegyezményt és az Egyezményt a Biológiai Sokféleségről.

A Konferenciára a 178 ENSZ-tagállam közül 172-ből érkezett hivatalos delegáció. A Föld Csúcstalálkozón 110 ország delegációját államfő vagy kormányfő vezette, ezenkívül 8 delegáció esetében államfőhelyettes volt jelen.

761 nem kormányzati (mindenekelőtt környezet- és természetvédelmi) szervezet jelentkezett be a Konferenciára. A külföldi sajtóügynökségektől több mint 8700 főt regisztráltak és ehhez kell még hozzászámítani a brazil újságírókat. Összesen 30 ezer résztvevője volt az ENSZ Konferenciának. Ez volt a történelem addigi legnagyobb ENSZ rendezvénye.

A Konferenciával párhuzamosan − de több tíz kilométernyi távolságban − ülésezett a nem kormányzati szervezetek világtalálkozója, a **Globális Fórum**. Ennek keretében mintegy 400 ökológai, környezet- és természetvédő, vallási, üzleti, szakmai, tudományos és más szervezet mutatta be tevékenységét, eredményeit, terveit közel 10 ezer látogatónak.

A két rendezvény − a Konferencia és a Globális Fórum − résztvevői műholdas közvetítéssel nyomon tudták kísérni egymás eseményeit, de érdemi párbeszéd nem alakult ki közöttük.

A Konferencia öt alapvető dokumentum megvitatására és elfogadására koncentrálta figyelmét. Ezek rövid összefoglalása az alábbiakban olvasható:

Riói Nyilatkozat a Környezetről és a Fejlődésről. A Nyilatkozat a **fenntartható fejlődés 27 alapelvé**t tartalmazza, de csak általános jelleggel. Az elvek közül kiemelhető a környezetért viselt kölcsönös, de megkülönböztetett felelősség elve (ezzel kapcsolatban több fejlett országnak, de különösen az USA-nak fenntartásai voltak). A dokumentum egyik fontos érdeme annak megfogalmazása, hogy mind a termelést, mind a fogyasztást és a népességpolitikát a fenntartható fejlődés követelményeinek kell alárendelni. A fejlődő országok sikereit jelenti annak hangsúlyozása, hogy minden országnak jogában áll a fejlődés

érdekében saját természeti erőforrásait kiaknázni, de ennek során nem okozhat kárt más országoknak. Nagy jelentőségű az elővigyázatosság elvének kifejtése is.

Feladatok a 21. századra (Agenda 21). Ezt a dokumentumot egy több száz oldalas, 40 fejezetből álló kötet tartalmazza. A dokumentum négy részből áll.

- Az első rész a fenntartható fejlődés olyan alapvető társadalmi és gazdasági témaköreit tárgyalja, mint a fejlődés elősegítése és a szegénység leküzdése a fejlődő országokban, a fogyasztási szokások megváltoztatása a fenntartható fejlődés szempontjainak tekintetbevételével, továbbá a népességpolitika.
- A második rész a környezeti és természeti problémákkal, a környezetre gyakorolt káros hatások mérséklésének vagy kiküszöbölésének témáival foglalkozik.
- A harmadik rész áttekinti a főbb társadalmi csoportok szerepét, feladatait, igényét a fenntartható fejlődés megvalósításában.
- A negyedik rész a fenntartható fejlődés megvalósításához szükséges eszközök témaköreivel foglalkozik, mint pl. pénzügyi források, az intézményrendszer, a technológiák átadási lehetőségei, az oktatás, nevelés, tudomány és a jogi eszközök.

Több országnak voltak fenntartásai a nagy jelentőségű dokumentum egyes részeit illetően, de végül is egyhangúlag elfogadták. Nemzetközi jogi szempontból a dokumentum nem kötelező érvényű.

Elvek az Erdőkről. Ez a dokumentum sem kötelező jogilag az ENSZ-tagállamokra. Ily módon csupán ajánlásokat tartalmaz. Korábban jószerével csak a trópusi esőerdők problémája került a figyelem középpontjába, végül is a dokumentumban kifejtett elvek valamennyi erdőtípusra vonatkoztak. Ezek alkalmazása kiterjed a gazdálkodásra, a védelemre és a fenntartható fejlődésre. Az erdők vonatkozásában is érvényes az a tétel, hogy a területén található természeti erőforrások minden ország szuverén tulajdonát képezik. A dokumentum felszólít arra, hogy a közvetlen gazdasági érdekeken kívül vegyék figyelembe az erdők környezeti (élőhelyi, vízvédelmi) szerepét is. A meglévő erdőterületek védelme mellett szükség van e területek növelésére is. A dokumentum sürgette, hogy a fejlődő országokat indokolt támogatni a fenntartható erdőgazdálkodás érdekében tett erőfeszítéseikért.

Keretegyezmény az Éghajlatváltozásról – 1992, New York nyitották meg aláírásra. Gyakorlatilag minden ENSZ tagállam az Egyezmény részese. Az egyezmény fő célkitűzése az üvegház hatású gázok légköri koncentrációjának stabilizálása olyan szinten, hogy

megelőzhető legyen az emberi tevékenységből eredő veszélyes mértékű hatás az éghajlati rendszerre. Az éghajlatváltozás problémáival kapcsolatban a fejlettek és a fejlődők közötti alapvető ellentmondásokat úgy oldja fel az egyezmény, hogy egyfelől tartalmazza a közös, de megkülönböztetett felelősség elvét, és azt, hogy a fejlett országok játsszanak vezető szerepet az éghajlatváltozással összefüggő problémák megoldásában, másfelől elismeri a fejlődők sajátos helyzetét és a további gazdasági igényeiket.

A fejlett országok vállalták, hogy 2000-ben az egy lakosra számított antropogén szén- dioxid és más üvegházhatású gáz kibocsátása nem haladja meg az 1990. év szintjét. A Keretegyezmény tartalmazza azt az elvet, hogy a fejlődő országokat pénzügyi forrásokkal és technológiaátadással szükséges támogatni, hogy elősegítsék a CO_2 kibocsátás minimalizálását. Az átalakuló gazdaságú országok − vagyis a volt szocialista országok − időütemezési engedményeket kaptak az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésében. Lényegében véve ezek az országok közbülső helyet foglaltak el a fejlett és a fejlődő országok között.

Az ENSZ Konferencia idején 153 ország − köztük Magyarország − képviselője írta alá az egyezményt. A későbbiek során egy új testület, az **Éghajlatváltozási Keretegyezményben Részes Felek Konferenciája** ellenőrzi a végrehajtást.

Egyezmény a Biológiai Sokféleségről – 1992, Rio de Janeiro. (Az Egyezményhez kapcsolódik a Cartagenában megkezdett tárgyalások folyamányaként 2000. évben Montreálban aláírt Cartagena jegyzőkönyv, amely jegyzőkönyv a biológiai biztonságot tűzte ki célul.) Becslések szerint 2050-re a ma élő fajok 25%-a kipusztulhat, ha nem történik jelentős intézkedés a védelmük érdekében. Az Egyezmény kimondja, hogy egyfelől közös érdek a biológiai sokféleség megőrzése másfelől azonban az egyes országok területén található biológiai sokféleség az adott országok nemzeti tulajdona. Ennek megfelelően ezek az országok dönthetnek a biológiai sokféleség összetevőinek hasznosításáról és a természeti erőforrásokból keletkező előnyök is elsősorban őket illetik meg. Lényeges elvi megállapítás az is, hogy az egyes országok a területükön végzett tevékenységeikkel nem okozhatnak a környezetet, és ezen belül a biológiai sokféleséget érintő károkat határaikon kívül. A természeti erőforrások fenntartható hasznosításának megvalósítása az egyezmény fontos törekvése és ennek érdekében előírásokat tartalmaz az ezzel kapcsolatos tudományos ismeretek fejlesztésére, a globális megfigyelő rendszer és az adatcserét támogató információs

rendszerek kialakítására, valamint a környezeti hatástanulmányok elkészítésének alapelveire, általános követelményeire.

Az ENSZ Konferencia idején 153 ország − köztük Magyarország − képviselője írta alá az Egyezményt. Az USA később csatlakozott az Egyezményhez. A végrehajtást a **Biológiai Sokféleség Egyezményben Részes Felek Konferenciája** ellenőrzi.

A Riói Konferencián szerették volna elérni, hogy a fejlett országok évente a nemzeti összterméküknek (GNP) 0,7%-át fordítsák a fejlődő országok környezetvédelmi megsegítésére, gazdasági fejlesztésére. A Konferencia előtt − a fejlett országok átlagában − ennek az összegnek mintegy fele jutott erre. Számszerűsített megállapodás nem született, de támogató ígéretekből nem volt hiány.

2.5.2 Riót követő szervezetek és egyezmények

Egyetértés mutatkozott az 1990-ben alapított **Globális Környezeti Alap** (Global Environment Facility) pénzügyi megerősítése szükségességében. Az Alapból elsősorban a fejlődő országok környezeti beruházásait támogatják.

A Riói ENSZ Konferencia az addigi legmagasabb szintű nemzetközi tanácskozás volt és egyúttal hosszú távra is meghatározó jelentőségű esemény az egyre nagyobb kockázatot jelentő globális környezeti problémák megfogalmazásában, az azokkal összefüggő intézkedési elvek és feladatok meghatározásában, és ezek megoldásának érdekében a nemzetközi együttműködés kiterjesztésében.

A Riói konferenciát követően az ENSZ keretében 1993-ban létrejött egy magas szintű testület, az **ENSZ Fenntartható Fejlődés Bizottsága** (UN Commission on Sustainable Development). A Bizottság tagjai rotációs rendszerben az egyes tagállamok miniszteri szintű képviselői, akik magas beosztású kormánytisztviselőkkel, illetve neves szakértőkkel vesznek részt a Bizottság munkájában, annak ülésszakain. A Bizottság rendszeresen áttekinti a Riói Konferencia ajánlásainak végrehajtását.

1994-ben Szófiában Egyezmény született Európa kék szalagja, a Duna védelme érdekében, Egyezmény az együttműködésről a Duna védelmére és fenntartható használatára címen. A Duna vízgyűjtőjének megújuló édesvízi erőforrásain – a világon egyedülálló módon – 13 állam osztozik. Ezek területén a népsűrűség közepes vagy magas, s többségükben kifejezetten magas az ipari, mezőgazdasági, lakossági vízhasználat mértéke a technológiák elmaradottsága, az elégtelen belső szabályozás és más okok miatt. Mindezek következtében

jelentős a környezeti terhelés és az ezzel járó környezeti kockázat. Magyarország helyzete különösen összetett, mivel a szeszélyes vízjárás (árvizek, aszályok) önmagában is komoly bizonytalansági tényezőket rejt.

Az Egyezmény célul tűzi ki a Duna és vízgyűjtője vízminőségi és hidrológiai potenciáljának megóvását, a vízi erőforrások használatának hosszú idejű fenntartását a lakosság, a gazdaság, a vízi és vízparti élővilág érdekében.

Ugyanebben az évben, azaz 1994-ben született a Párizsi ENSZ Egyezmény a sivatagosodás elleni küzdelemről a súlyos aszállyal és/vagy sivatagosodással sújtott országokban, különös tekintettel Afrikára. A témával behatóan foglalkozott az 1992-es riói ENSZ konferencia, s ajánlásai alapján kezdődtek meg a tárgyalások egy nemzetközi megállapodásról. A megkötött megállapodáshoz 2003 végéig 190 ország csatlakozott.

Az érintett térségben, így Magyarországon is, komoly gondot okoz a talajok degradációja, e területeken a deflációi csak kis mértékben van jelen. Elsősorban a víz által okozott talajerózió miatt alakulnak ki a károk. A nyári időszak gyakran aszályos, a csapadék nagy része az őszi és a téli időszakban hull, de időnként előfordulnak heves nyári záporok is, melyek különösen veszélyesek a talajerózió szempontjából. A tájdegradáció gyakran a nem megfelelő mezőgazdasági gyakorlatra vezethető vissza. Gyakori probléma a talajok elszikesedése, termőképességének csökkenése. További károkat okozhatnak az olyan természeti katasztrófák, mint az árvizek vagy az erdőtüzek, de a talajvíz szintjének általános csökkenése is komoly veszélyekkel jár, a talajok fokozódó kiszáradása mellett.

Magyarország az Egyezményhez történő csatlakozás után létre hozta a Nemzeti Aszálybizottságot amely részt vett a Nemzeti Környezetvédelmi Program, a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program és a Nemzeti Fejlesztési Terv kidolgozásában a problémák kezelése érdekében.

Az 1994-es Liszaboni Energia Charta Egyezmény: Jegyzőkönyv az energiahatékonyságról és a kapcsolódó környezeti vonatkozásokról. Az Energia Charta Egyezmény olyan – az adott területen a kereskedelem és a beruházások liberalizálását előíró – nemzetközi szerződés, amelynek hatálya az energetikai ágazatban folytatott gazdasági tevékenységekre terjed ki. Elősegíti a közép- és kelet-európai országok piacgazdaságainak kialakulását, integrálódását a nemzetközi gazdasági életbe, hagsúlyt helyezve ezen országoknál az energiahatékonyság növelésére és a fokozottabb környezetvédelemre.

1997-ben New Yorkban írták alá az Egyezmény a nemzetközi vízfolyások nem hajózási célú használatainak jogáról szóló dokumentumot. Az Egyezmény kidolgozását az 1960-as években kezdeményezte a Nemzetközi Jogi Társaság. A kodifikációt, azaz a meglévő joganyagok egységes, átlátható szerkezetbe foglalását Finnország és más alvízi országok, így magyarország is kedzettől fogva szorgalmazták. Az Egyezmény szerint szükség van egy olyan nemzetközi keretegyezmény kidolgozására, amely biztosítékul szolgál a nemzetközi vízfolyások hasznosításához, fejlesztéséhez, megóvásához, igazgatásához és védelméhez, továbbá ezeknek az optimális és fenntartható hasznosításának elősegítéséhez, a jelen és jövő nemzedékei számára.

2.5.3 Rió+5

Öt évvel a Riói Konferencia után az ENSZ Közgyűlése rendkívüli ülésszakot tartott **1997.** június 23-27. között **New York**ban**.** Nem hivatalosan **Rió+5** néven is emlegették ezt az összejövetelt. Az ülésszak előkészítésében jelentős szerepet vállalt az ENSZ Fenntartható Fejlődés Bizottsága.

A Riói Konferenciát követően hatályba léptek a globális környezetvédelmi egyezmények; az Éghajlatváltozási Keretegyezmény és a Biológiai Sokféleség Egyezménye, illetve az elsivatagosodás elleni utóbb kidolgozott egyezmény. Megszigorították az ózonkárosító anyagokkal foglalkozó megállapodást. Pénzügyileg megerősödött a Globális Környezeti Alap és egyre szélesedő körben segítette a fejlődő országok környezetvédelmi programjait, elsősorban az üvegházhatású gázok kibocsátáscsökkentése, a biológiai sokféleség és a nemzetközi vízgyűjtőterületek vonatkozásában. Ugyanakkor nem teljesült a fejlett országoknak az a vállalása (vagy helyesebben: ígérete), hogy a GNP-jük 0,7%-át ajánlják fel a fejlődő országok gazdasági megsegítéséhez. Az érintett 21 országból származó 1992-es átlagos 0,34%-os támogatási szint 1995-re 0,27%-ra, majd 1997-re 0,25%-ra csökkent.

A konferencián kimondták, hogy mivel a klímaváltozást igen komoly veszélynek minősíti a nyilatkozat, ezért az **Éghajlatváltozási Keretegyezmény végrehajtását áttekintő következő konferencián (Kiotó, 1997**. december) kötelező jellegű megállapodást szükséges kötni az emissziók mennyiségi vonatkozásairól. A Kiotói Jegyzőkönyv alapján a világ államainak 2008-2012 közötti időszakig átlagosan 5,2 %-al kellene csökkentenie az üvegházhatású gázok kibocsátását az 1990-es szinthez képest. Az EU az 1990-es kibocsátási szinthez képest 8 százalékos, Nagy-Britannia 20 százalékos mérséklést vállalt. A globális

felmelegedés megakadályozása érdekében aláírt egyezményt 2002 nyaráig összesen 70 ország iktatta törvényei közé, közöttük az Európai Unió összes tagállama. Az egyezményt George Bush amerikai elnök elődje, Bill Clinton 1998-ban aláírta ugyan, de a tervezet soha nem került a szenátus elé ratifikálásra (törvénybe iktatásra), 2001-ben pedig Bush egyértelműen kijelentette, hogy nem fogadja el a szerződést, mert az − álláspontja szerint −, károkat okoz az amerikai gazdaságnak.

Az egyezmény aláírását követően megindult a politikai küzdelem a Kiotói Jegyzőkönyvet támogató és ellenző érdekcsoportok között. Az országok parlamentjeinek ratifikálnia kellett az egyezményt, és be kellett építeniük annak előírásait és elvárásait a saját jogrendjükbe. A megállapodás csak akkor léphetett életbe, ha a csatlakozó országok összes kibocsátása eléri a káros gázok összes kibocsátásának 55 %-át. A szabályozás életbe léptetésének élharcosai az Európai Unió tagországai lettek. Az EU a szén-dioxid-kibocsátás 8 %-os csökkentését vállalta, és minden világpolitikai fórumon egyre szigorúbb megszorításokat sürgetett.

A világ legtöbb állama csatlakozott az egyezményhez, azonban az 55 %-os arányt éveken keresztül nem sikerült elérni. Ennek oka az volt, hogy a két legnagyobb szennyező, az USA és Oroszország − amelyek együtt az 1990-ben kibocsátott összes szén-dioxid több mint 45 %-ért voltak felelősek − végül a korábbi ígéretek ellenére sem fogadta el az előirányzott értékeket. Az USA 2001-ben − annak ellenére, hogy az üvegházhatást okozó gázok több mint egynegyedét (34 %) bocsátja ki − az energetikai és gazdasági lobby nyomására kihátrált az egyezményből. Oroszország a maga 17%-ot meghaladó arányával sokáig nem fogadta el a Kiotói Jegyzőkönyvet, hasonlóan olyan gyorsan fejlődő országokhoz, mint India vagy Kína. Több éven keresztül a „pangás időszakáról", illetve „Kiotó haláláról" beszéltek. 2004 őszén azonban − hosszas tárgyalásokat követően − sikerült megnyerni Oroszország támogatását. Ezzel az utolsó akadály is elhárult a Kiotói Jegyzőkönyv életbe lépése előtt.

Majd hosszú évek politikai és gazdasági csatározását követően 2005. február 16-án léphetett életbe az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményéhez csatolt Kiotói Jegyzőkönyv. Több évtizedre volt szükség ahhoz, hogy a gátlástalan természetrombolás szemléletét legalábbis részben felváltsa a környezeti értékekért felelős gondolkodásmód.

Egy újabb nagy lépésnek tekinthető a környezetvédelem szempontjából az 1998-as Aarhusi Egyezmény is a Környezeti ügyekben az információhoz való hozzáférésről, a nyilvánosságnak a döntéshozatalban történő részvételéről és az igazságszolgáltatáshoz való jog biztosításáról szól. Az Egyezmény legfőbb érdeme, hogy összegyűjtötte és rendszerbe

foglalta a korábban már az egyes nemzeti jogokban és a nemzetközi jogban meglévő közösségi részvételi elemeket. Így az Egyezmény három pillére – a környezeti információhoz való jog, a környezeti döntéshozatalban a vélemény-nyilvánítás joga és a jogorvoslat joga – együtt jóval hatékonyabb, mint külön-külön. Az Egyezmény e három pillért alapelvekkel, definíciókkal, konkrétabb rendelkezésekkel egészítette ki, emellett a részvételre képesítéssel foglalkozó része arra szolgál, hogy a közösségi részvétel rendszerének említett három pillérét a nyilvánosság tagjai ténylegesen használni tudják a saját és tágabb közösségük érdekeinek megfelelően.

Az Egyezményhez 2003-ban csatlakozik a Kijevi Jegyzőkönyv a szennyezőanyag kibocsátás és átadás nyilvántartásáról. A Jegyzőkönyv célja az információk nyilvánosság számára való hozzáférhetőségének támogatása olyan koherens, integrált, országos szintű szennyezőanyag kibocsátási és átadási nyilvántartások létrehozásával, amely elősegíti a nyilvánosság részvételét a környezetvédelmi döntéshozatalban, valamint hozzájárul a környezetszennyezés megelőzéséhez és csökkentéséhez.

2.5.4 Millenniumi Csúcstalálkozó

A 2000. évi Firenzei Egyezmény témája az Európai Táj védelme. Az Egyezmény kimondja, hogy a táj elengedhetetlen összetevőjei az emberi környezetnek, kifejezi kultúrális és természeti örökségünk sokféleségét, és identitásunk alapjául szolgál.

2000. szeptember 6-8. között tartották **New York**ban a **Millenniumi Csúcstalálkozó**t. Az ott elfogadott Nyilatkozat összesen 191 ENSZ-tagállam aggodalmát tükrözi.

- minden erőfeszítést megteszünk, hogy biztosítsuk a Kiotói Jegyzőkönyv hatálybalépését, lehetőleg még az ENSZ **Környezet és Fejlődés** konferenciájának tizedik évfordulójára 2002-re és nekikezdjünk az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez;
- fokozzuk közös erőfeszítéseinket mindenféle típusú erdő kezelése, megőrzése és fenntartható fejlődése érdekében;
- nyomást gyakoralunk a Biológiai sokféleségről szóló egyezmény, valamint az Elsivatagosodás elleni küzdelemről szóló egyezmény a súlyos szárazsággal és/vagy elsivatagosodással veszélyeztetett országaiban, különösen Afrikában történő teljes körű végrehajtás érdekében;

- megállítjuk a vízi erőforrások fenntarthatatlan kizsákmányolását vízgazdálkodási stratégiák kifejlesztése révén regionális, nemzeti és helyi szinteken, amelyek elősegítik mind az egyenlő hozzáférést, mind a megfelelő ellátást;
- fokozzuk az együttműködést a természeti és az ember okozta katasztrófák számának és hatásának csökkentése érdekében;
- biztosítjuk az emberi géntérképre vonatkozó információkhoz való szabad hozzáférést.

2.5.5 Johannesburgi Konferencia

Az ENSZ Közgyűlése 2000. decemberben határozatot hozott, hogy **2002**. szeptemberében **Johannesburg**ban (Dél-Afrikai Köztársaság) megtartják a **Fenntartható Fejlődési Világtalálkozó** című konferenciát. Ezen áttekintik a 10 évvel ezelőtt Rio de Janeiróban tartott Konferencia határozatainak és ajánlásainak teljesítését. A Világtalálkozó főbb céljait az alábbiakban határozta meg az ENSZ Közgyűlése:

- Az **Agenda 21** dokumentum megvalósításának értékelése, a nagyobb eredmények és hiányosságok megállapítása, a tanulságok levonása.
- A Riói Konferencia után kialakult olyan új kihívások felmérése, amelyek hatással vannak a fenntartható fejlődésre.
- A végrehajtás érdekében specifikus intézkedések javasolása, ezek intézményi és finanszírozási igényeinek, valamint a lehetséges támogatási forrásainak meghatározása.
- A fenntartható fejlődés megvalósításához szükséges intézményi keretek erősítésének vizsgálata.

A közgyűlés külön felhívta a figyelmet, hogy a Világtalálkozón és a megelőző előkészítési szakaszban megfelelő egyensúlyt kell találni a fenntartható fejlődés három dimenziója között, nevezetesen a környezetvédelmi, a gazdasági és a szociális tényezők között.

A Világtalálkozó előkészítését az ENSZ Fenntartható Fejlődés Bizottsága szervezte, de a munkába bevonták a legfontosabb társadalmi csoportok (ifjúsági szervezetek, nők szervezetei, önkormányzatok, őslakosság, üzleti-gazdasági szféra, zöldmozgalmak, szakszervezetek, és a tudományos közösségek) képviselőit.

A Fenntartható Fejlődés Világkonferenciát 2002 augusztus végén - szeptember elején a dél-afrikai Johannesburgban rendezték meg. Ezen áttekintették a riói konferencia óta eltelt tíz

évet, értékelték az elért eredményeket, a kitűzött célok megvalósulását, illetve feltárták a megvalósítást akadályozó tényezőket, az elmaradások okait.

Annak ellenére, hogy az elmúlt évtizedek során egyre nyilvánvalóbbá, nemzetközileg általánosan elfogadottá vált a társadalmi-gazdasági fejlődés és a környezet védelme közötti szoros kölcsönhatás, mégis igen kevés történt a környezeti és fejlesztési szempontoknak a gazdasági tervezésben és döntés-hozatalban történő integrálása érdekében. A nemzetközi környezetvédelmi együttműködés számos területén történt ugyan jelentős előrelépés, de Földünk általános környezeti állapota összességében mégis erőteljesen romlott.

Az ózonréteg elvékonyodásának, a globális éghajlatváltozás növekvő kockázatának és a természeti erőforrásokkal is kapcsolatos más környezeti problémáknak a világméretű nemzetközi összefogás révén történő kezelése egyre sürgetőbbé vált. Ezzel párhuzamosan a társadalmak közötti fejlettségi, átlagos életminőségi különbségek is nagy mértékben nőttek, s ebben is óriási szerepe van az erőforrásokhoz való hozzáférésben, azok hasznosításában, hasznosításának hatékonyságában megmutatkozó különbségeknek. A johannesburgi világkonferencia során a résztvevő államok elfogadták a politikai nyilatkozatot és a végrehajtási tervet, amely az alábbi főbb pontokat tartalmazza:

- **Vízellátás/közegészségügy**: a cél 2015-ig felére csökkenteni azoknak a számát, akik nem jutnak ivóvízhez, illetve még a minimális közegészségügyi szolgáltatásokat is nélkülözik.
- **Energia**: megegyezés született az energiahordozókhoz való minél szélesebb hozzájutásról, 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.
- **Halászat**: 2015-ig újra kell szaporítani a túlhalászat miatt kipusztulással fenyegetett halfajokat, mert ennek elmaradása veszélyeztetheti a tengerek élővilágát. A tengeri élővilág egyensúlyának felborulása a halászat által biztosított élelem-utánpótlásban is gondokat okozhat később.
- **Vegyi anyagok**: 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 megsemmisítését szintén ellenőrzött és biztos módon kell végrehajtani.

- **Egészségügy**: elfogadták a Kereskedelmi Világszervezet (WTO) korábbi határozatát, amely kimondta: a gyógyszergyártók szabadalmai nem akadályozhatják meg a szegény országokat, hogy akár nem szabadalmaztatott gyógyszerekkel is enyhítsék a rászorulók bajait. Ez abból a szempontból fontos kérdés, mivel a legtöbb fejlődő ország nem képes például a drága AIDS-gyógyszerek megvételére, így a kór áldozatainak élete megpecsételődik.
- **Nők helyzete**: az egészségügyi ellátásnak figyelemmel kell lennie az alapvető emberi jogokra, de a helyi vallási és kulturális hagyományokra is.
- **Segélyek**: az akcióterv a fejlődő országok számára juttatott segélyek növelését támogatja, szorgalmazza, hogy a gazdag országok nemzeti jövedelmük 0,7 százalékát utalják át segélyként számukra.
- **Globalizáció:** a terv elismeri, hogy a globalizációnak van jó és rossz oldala. Miközben új lehetőségeket nyújt a világgazdasági növekedéshez és a magasabb életszínvonal eléréséhez, a szegényebb országok különleges hátrányokat szenvednek, s emiatt a sürgősen bevonandók a profitálók körébe.
- **Kereskedelem**: a tervezet támogatja a kereskedelmet és a környezetvédelmet, anélkül, hogy említést tenne a WTO néhány határozatáról, amelyek ellentétben állnak nemzetközi környezetvédelmi egyezményekkel. Mindenesetre a zöldek lobbi-győzelmének fogható fel, hogy az akcióterv ezen kitétele nem veszélyezteti az üvegházhatású gázok kibocsátás-csökkentésével foglalkozó kiotói jegyzőkönyvet. A gazdag országok megerősítették, hogy csökkentik a saját termelőiknek juttatott pénzügyi támogatásokat.
- **Biológiai sokféleség**: 2010-ig mérsékelni kell a kihalófélben lévő állat- és növényfajok pusztulásának folyamatát.
- **Kormányzat**: az akcióterv kimondja, hogy a fenntartható fejlődéshez mind nemzeti, mind nemzetközi szinten alapvető fontosságú a felelősségteljes politikai kormányzati tevékenység. A gazdag országok szándéka szerint a segélyeket csak olyan államokba volna szabad eljuttatni, amelyekben a demokratikus intézmények már működnek és a korrupció visszaszorulóban van.
- **Stratégiák**: a részt vevő országok megállapodtak, hogy 2005-ig stratégiai terveket dolgoznak ki az erőforrások megőrzéséről a jövő nemzedékek számára.

- **Szegénység**: a szöveg megállapítja, hogy a szegénység jelenleg a „legnagyobb globális kihívás, amivel a világnak szembe kell néznie”. A résztvevők megállapodtak a segélyeket kiegészítő szolidaritási alap létrehozásában, amelybe önkéntes módon utalhatnak át összegeket az államok.

2.6 Jeles Napok

Végül felsorolásra kerül néhány olyan naptári nap, mely a környezetvédelem szempontjából fontos. Ezeken a napokon gyakran világszerte szerveződnek renezvények

Február 2.:A Vizes Élőhelyek Világnapja (Ramsari egyezmény elfogadásának évfordulója)

Március 6.: Nemzetközi Energiatakarékossági Világnap

Március 22.: A Víz Világnapja (Az Egyesült Nemzetek Szervezetének 47. közgyűlése a Víz és Környezet Nemzetközi Konferencia, illetve az ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciája március 22-ét a Víz Világnapjává nyilvánította, amelyről első alkalommal 1993-ban emlékeztek meg. Ezzel a határozattal kifejezésre juttatták annak fontosságát, hogy a vízgazdálkodás a gazdasági termelés és a szociális jólét alapja, és ezek a rendelkezésre álló víz mennyiségétől és minőségétől függnek. Amint a népesség és a gazdasági tevékenység növekszik, sok országban vízhiány áll elő, amely a gazdasági fejlődés korlátja lehet. Ezenkívül a vízkészlet védelme és a fenntartható gazdálkodás igényli a közfigyelmet helyi, országos, regionális és nemzetközi szinten.

Április 22.: A Föld Napja (A Föld Napjának alapgondolata, az Egyesült Államokban élő egyetemi hallgató, Denis Hayes ötlete volt. Az első ünnepre 1970. április 22-én került sor, amelyen mintegy 25 millió amerikai vett részt, hogy felhívja a figyelmet bolygónk romló környezeti állapotára. A második Föld Napja húsz évvel később került megrendezésre. Magyarországon azóta minden évben megünneplésre kerül.)

Április 24.: A Kísérleti Állatok Védelmének Világnapja (A világon évente mintegy 100 millió állaton végeznek kísérleteket, amelyek 63 százaléka hadászati célokat szolgál, 31 százalékukat kozmetikai szerek tesztelésére használják, és mindössze 6 százalékukat végzik gyógyászati célból. E napon az állatvédők arra figyelmeztetnek: a tudomány számára van más, állatbarát megoldás.)

Május 10.: Madarak és Fák Napja (Az 1800-as évek végétől szemlátomást pusztult erdő, mező. Az európai államok 1902. március 19-én egyezményt kötöttek a mezőgazdaságban hasznos madarak védelme érdekében. Már ebben az évben Chernel István ornitológus szervezett madarak és fák napját. Hivatalos bevezetésére Apponyi Albert vallás- és közoktatásügyi miniszter körrendeletet adott ki, amely szerint e napon eper- vagy más gyümölcsfákat kellett ültetni, illetve öntözni és meg kellett emlékezni a hasznos madarakról. Az állatvédő egyesület és a Magyar Ornitoéógiai Központ - Hermann Ottó irányításával -

jelentősen támogatta ezt a nemes mozgalmat. Századunk első felében minden májusban sor is került erre a programra. A második világháború után sokat vesztett népszerűségéből, de a kilencvenes években ismét egyre többen ünneplik meg.)

Június 5.: Környezetvédelmi Világnap (1969-ben az ENSZ főtitkár felhívással fordult a világ közvéleményéhez a veszélybe került földi élet megmentésére. Az ENSZ felismerte a megoldás sürgős szükségességét, s konferenciát hívott össze. A világnap célja, hogy az egyes emberek ráébredjenek egyéni felelőségükre, s arra, hogy mindenkinek magának kell tennie valamit a környezet megóvásáért.)

Június 8.: Az Óceánok Világnapja (Bolygónk több mint 70 %-át a világtenger teszi ki. Napjainkban szembe kell néznünk a globális felmelegedéssel, mely erősen veszélyezteti környezetünket. 1840-től állnak rendelkezésre pontos adatok az időjárással kapcsolatban. Azóta 1998 volt a legmelegebb év, de a tíz legforróbb esztendőt is az elmúlt 15 évben mérték. A tudósok egyre riasztóbb jelenségekkel találkoznak az óceánokat illetően is. Ahogy a Föld melegszik, egyre nagyobb veszélybe kerül a tengerek élővilága, hacsak nem tudjuk megfordítani a káros folyamatokat, például a környezetszennyezés visszaszorításával.)

Június 17.: Világnap az Elsivatagosodás és az Aszály Ellen (1994. június 17-én elfogadták az ENSZ elsivatagosodás elleni küzdelemről szóló egyezményét, melynek évfordulóján világméretű kampányra irányul a figyelem, mely tudatosítja felelősségünket a szárazföld pusztulásában, valamint felhívja a figyelmet a nemzetközi összefogás szükségességére, a szárazság világméretű hatásaira. A Föld felszínének egynegyedét szárazföld borítja. Ezeknek a területeknek környezetét súlyosan fenyegetik különböző hatások: a sivatagok vészjósló mértékben terjeszkednek, és egyre nagyobb a szárazság. Több mint 135 millió embert – Franciaország és Németország lakossága együttvéve! – fenyeget az otthontalanság veszélye, ami az elsivatagosodás miatt következhet be.

Június 21.: A Nap Napja (Június 21-e a csillagászati nyár kezdete. Ezen a napon a leghosszabb a Nap égen megtett útja (nálunk északkeleten kél, és északnyugaton nyugszik), a Ráktérítő magasságában tűz merőlegesen a földre. A Ráktérítő az északi szélesség 23,5 fokán átmenő szélességi kör. Nevét onnan kapta, hogy a Nap az északi félgömbön a Rák jegyébe lépve hág a legmagasabbra, a Ráktérítő magasságába, itt megfordul, majd süllyedni kezd az Egyenlítő felé. Az év leghosszabb napját ezért nevezik nyári napfordulónak (a déli félgömbről nézve ekkor jár a Nap a legalacsonyabban, ott ez a nap a téli napforduló). A napfordulat a gyakorlatban nem a nyár kezdetét jelzi. Mi június 1-jétől számoljuk a nyarat

(meteorológiai nyár), a kínaiak a régi keltákhoz hasonlóan május 5-étől. Náluk június 21-én a zeniten járó Nappal együtt tetőzik a nyár.)

Július 11.: Népesedési Világnap (1989-ben aláírták az ENSZ Fejlesztési Programját. A program vezetői javasolták, hogy július 11. a világnap dátuma. Célja, hogy felhívja a figyelmet a népességnövekedés méreteire és az ezzel járó problémákra. 2001-ben a világ népessége több mint 6 milliárd volt és évente 77 millióval nő. Az ENSZ becslései szerint 2050-re nagyjából 8-10 milliárdan élünk a Földön.

Szeptember 16.: Az Ózon Világnapja (Az ENSZ Közgyűlése 1994-ben szeptember 16-át nyilvánította az ózonpajzs megőrzésének nemzetközi napjává, mivel 1987-ben e napon írták alá a Föld ózonrétegének megóvása érdekében született Montreáli Egyezményt. Ezen a napon a résztvevő államok különös figyelmet fordítanak az olyan eseményekre, akciókra, melyek megegyeznek az Egyezmény céljaival és annak módosításaival.)

Szeptember 23.: Takarítási Világnap (Nem kötődik egyetlen konkrét dátumhoz sem, minden évben egy szeptember 20-a körüli hétvégén ünneplik. A hagyomány Ausztráliából indult. Magyarországon a Magyar Cserkész Szövetség erdőtakarítási és szemétgyűjtési akciókat szervez.)

Szeptember 26.: A Tiszta Hegyek Napja (Ez a nap a környezetvédelem fontosságára hívja fel a figyelmet számos más világnap mellett. Nemzeti parkok, zöld szervezetek szerveznek ezen a napon társadalmi munkát és gyűjtenek hulladékot, tisztítják a természetet.)

Október 4.: Állatok Világnapja (Az állatok világnapja október 4-re esik, Assisi Szent Ferencnek, az állatok védőszentjének halála napjára.)

Október 8.: A Természeti Katasztrófák Elleni Védekezés Világnapja (1987-ben az ENSZ hozta létre abból a célból, hogy megemlékezzen a természeti katasztrófák áldozatairól, és ráirányítsa a figyelmet a katasztrófák okaira.)

Október 15.: Nemzetközi Gyalogló Nap A kezdeményezést 1992-ben indították útjára a szervezők a Rio de Janeiró-i Föld-konferenciához kapcsolódva. Hazánk 1999-ben csatlakozott a mozgalomhoz, s a világnapot mostanra már 68 országban tartják meg. A sorozat célja a gyaloglás és általa a testmozgás meg- és elismertetése, megszerettetése az emberekkel. A szervezők nem egy nagy országos rendezvényt tartanak, hanem az a céljuk, hogy minél több településen legyen gyalogló nap.

Október 21.: Földünkért Világnap (1991-ben indult a Föld védelméért világméretű kampányt kezdeményeztek (Caring for the Earth), azóta október 21-én tartják a földünkért

világnapot. 1991-ben jelent meg az IUCN, az UNEP és a WWF közös kiadásában a „Földünkért: stratégia a fenntartható élethez" címet viselő dokumentum, melyet követően október 21-én az IUCN „Földünkért" címmel világkampány indított. A kampány a dalai láma szavaival kezdődött: „Olyan globális kérdések esetén, mint a Föld megőrzése, és igazából minden probléma kezelésekor, az emberi tudat kulcstényező... A külső környezet megváltozása érdekében először magunkban kell változtatni… A természeti erőforrások pusztítása a tudatlanságból, a Föld élőlényei iránt tanúsított tisztelet hiányából és a mohóságból származik. Először arra kell törekednünk, hogy ezeket a tudatállapotokat legyőzzük, ráébredjünk lényeket nem bántani, és felismerni az együttérzés szükségességét... A probléma holisztikus megközelítésére van szükség, vegyítve a szereteten és együttérzésen alapuló egyetemes felelősségérzettel.")

November 27.: „Ne vásárolj semmit!" Nap (A napot Ted Dave kezdeményezte 1992-ben Kanadában. Ted Dave a reklám szakmában dolgozott. Elhatározta, hogy tesz valamit a reklámok állandó túlvásárlásra buzdítása ellen. Ettől kezdve a vásárlásmentes napot egyre több és több országban tartották meg. A „Ne vásárolj semmit!" napokon a különböző országokban és városokban nagy tömegeket megmozgató és figyelemfelkeltő akciókat szerveznek, amelyek során felhívják a lakosságot, hogy figyeljenek oda saját vásárlási szokásaikra.)

December 29.: A Biodiverzitás Védelmének Világnapja

3 Demográfia, közegészség

Holenda Balázs

3.1 A világ népességének alakulása

3.1.1 A népesség fejlődése

Az emberiség történetének hajnala, az őskőkor (paleolitikum), a szakadatlan vándorlások kora, amelynek eredményeként az emberi faj első képviselői megjelentek minden kontinensen. Természetesen az **őskőkor** „népsűrűsége" nagyon alacsony volt, a gazdálkodás módja a gyűjtögetés és a vadászat csak elszórt, gyér népesség megélhetését biztosította. Ez pedig rendkívül lassú szaporodást tett lehetővé.

Mintegy tízezer évvel ezelőtt az ember felfedezte a növények és állatok domesztikálásának módját, a „termelés" lehetőségét. A gyűjtögetésből az élelemtermelésbe való átmenet az újkőkor (neolit), a **mezőgazdasági forradalom** korszakának kezdetét jelzi, amely lehetővé tette a lassú népszaporodást.

Az újkőkor mezőgazdasági forradalmának kiteljesedése időszakában (**i.e. 7000 táján**) – a különböző becslések középértékét véve alapul – a Föld népessége **tízmillió** fő körül mozoghatott. A termelési kultúra terjedésével vette kezdetét az emberi faj mérsékelt gyarapodása, egyúttal a mezőgazdaság számára kedvezőbb térségeknek az átlagosnál sűrűbb benépesülése.

A fejlődés még lassú volt, a neolitkor feltételezett népességének megkétszereződéséhez 2500 évre volt szükség. Ezt követően lassan, de folyamatosan gyarapodott a Föld népessége, egyre rövidült a megkétszereződéshez szükséges időtartam. A népesség gyarapodásában a második ugrásszerű változást a XVIII. század közepétől kezdve kibontakozó **ipari forradalom** hozta magával. Ennek bölcsője Anglia volt, s hatása a 19. sz. közepéig még csak Nyugat-Európára terjedt ki. Az iparosodást csakhamar követte a **népesedési forradalom**, ennek nyomán 1850-ig a Föld népessége már túllépte az egymilliárdos határt. A robbanásszerű népességnövekedésnek több oka volt:

- a születések számának emelkedése, illetve a halálozások számának gyorsuló csökkenése során hirtelen felszökött a természetes szaporodás mértéke,
- ugrásszerűen fejlődött az orvostudomány, terjedt a közegészségügyi ellátás, csökkent a gyermekhalandóság,
- az urbanizáció nyomán javultak az életfeltételek, emelkedett a közoktatás, a közlekedés színvonala, jelentősen javult az élelmiszerellátás.

Az ipari forradalom terjedésével (Észak-Amerika, Közép- és Dél-Európa) egyre nagyobb térségben bontakozott ki a népesedési forradalom, majd a XX. sz. közepéig magával rántotta a fejlődő országokat is. A fejlődő világ – közöttük a Föld legnépesebb államai – teljesítették ki a **népességrobbanást**. A múlt század derekától a jelen század közepéig – mintegy száz év leforgása alatt – kétszereződött meg a világnépesség, elérve a 2,5 milliárd főt, ezt követően már négy évtized sem volt szükséges a következő megkettőződéshez. A népességrobbanás századunk közepe óta a legsúlyosabb feszültségek forrása, amely különösen a gyengébben fejlett országok széles körében felemészti az erőforrásokat, sajnos anélkül, hogy problémáik megoldásához akárcsak közelíteni tudnának.

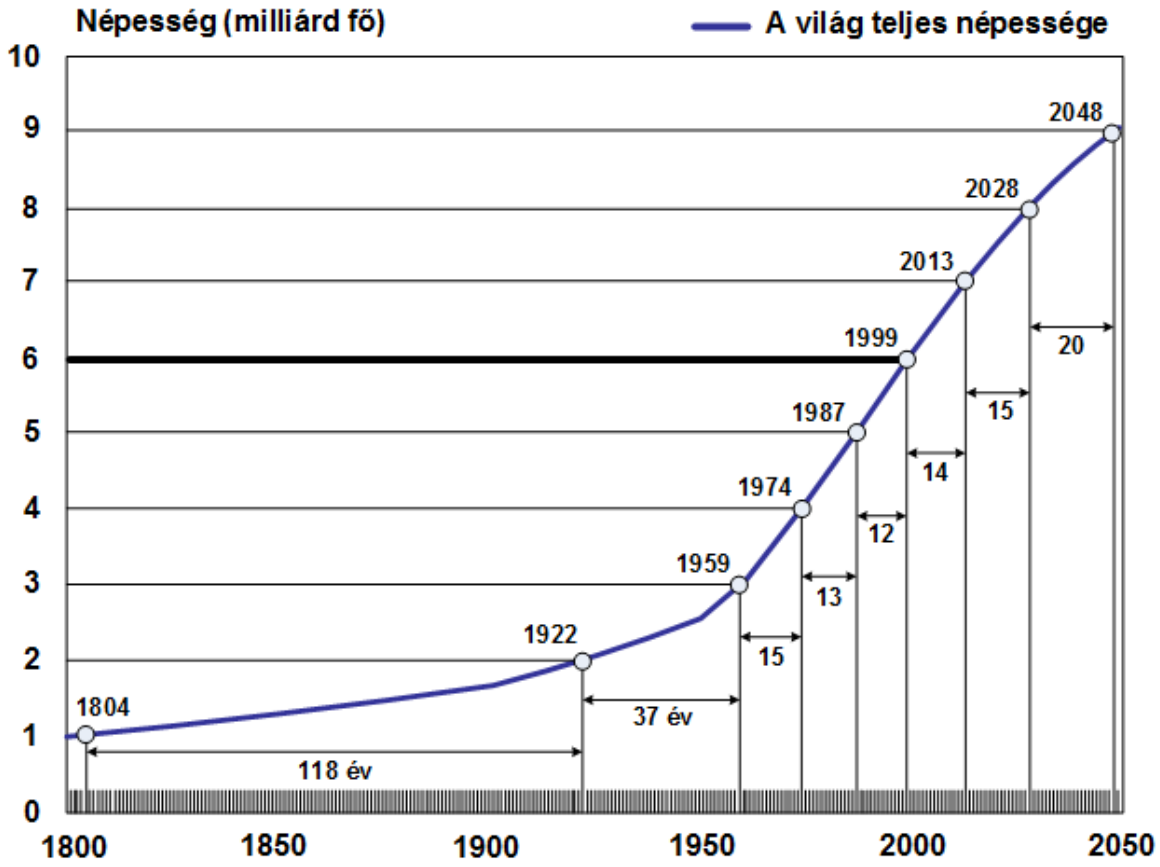
Századunkban – egyetlen generáció életében – ijesztő méretűvé vált a népességgyarapodás. Amikor a mai 60-asok születtek, még csak harmadannyi ember élt a Földön, mint jelenleg. Egyetlen generáció életében megháromszorozódott bolygónk népessége. Az elmúlt négy évtized során – emelkedő ütemben – évi 1% fölé gyorsult a világnépesség gyarapodása, s csak az utolsó szakaszban észlelhető némi mérséklődés.

A statisztikusok számítása szerint 1999. október 12-én született meg a Föld 6 milliárdadik lakója. 2007-ra a világ lakossága 6.6 milliárdra nőtt, azonban a lakosság növekedésének eloszlása korántsem egyenletes. Napjainkban évente 80 millió fős a növekedés a fejlődő országokban és csak 1.8 millió fővel lesznek többen a már fejlett országban. Tehát egyvalami az utóbbi ötven évben változatlan: a lakosság növekedése azokban az országokban a leggyorsabb, melyekben a gazdasági környezet ezt legkevésbé tenné lehetővé. (**8. ábra**)

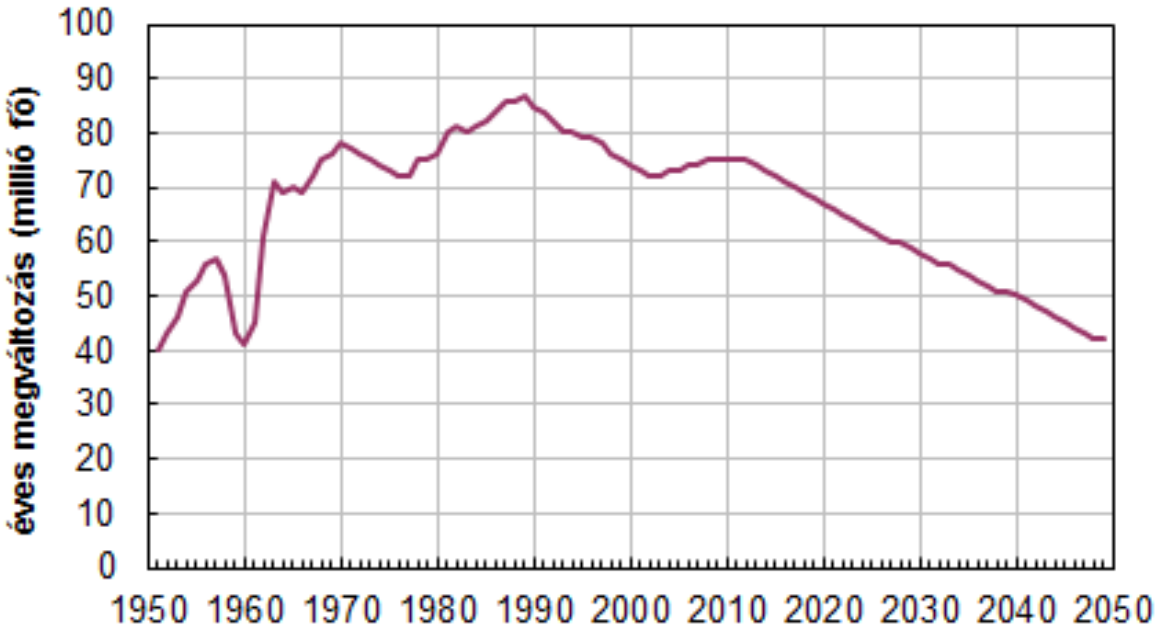
A legújabb előrejelzések a világnépesség lassuló ütemű fejlődését prognosztizálják (**9. ábra**), azzal számolva, hogy fokozatosan a legnagyobb népességű társadalmakban is csökkenésnek indul a születések száma. A hosszú távú előrejelzésekből is kitűntek a több tíz milliárdos lélekszámig ívelő kalkulációk, sőt megjelentek az első olyan modellek, amelyek a világnépesség 9-10 milliárdos tetőzését követően már lassú csökkenést tételeznek fel.

Ezek a modellek tagadhatatlanul a Római Klub jelentéseinek hatását viselik magukon, legalábbis abban a tekintetben, hogy a természeti környezet véges eltartóképessége oldaláról közelítenek a világnépesség alakulása felé. Kritikus szakasznak ítélik az 1975-2200 közötti két és fél évszázadot, amelynek kezdő (1975), illetve végső (2200) időpontjában egyaránt négymilliárdos népességgel számolnak. Az 1975-2065 közötti időszakban még növekedést tételeznek fel, s közben meg kell érlelődjenek azok a feltételek, amelyek a csökkenésbe

való áthajlás előtt megnyitják az utat. A csökkenés feltételezésük szerint 2200 után lefékeződik és fokozatosan hosszabbodó feleződési szakaszokba megy át. Ezeken áthaladva − a modell szerint − a világnépesség ahhoz hasonló, egyre lassuló ütemű fogyáson megy keresztül, ahogyan gyarapodása gyorsult a történelem előtti időktől a XVIII. század végéig.



8. ábra: A világ lakosságának változása (forrás: US Census Bureau, 2004)



9. ábra: A világ lakosságának növekedési üteme (forrás: US Census Bureau, 2004)

3.1.2 A népesség területi eloszlása

A legutolsó két évszázad népességfejlődésének érdekes részjelensége az, hogy amíg a XIX. században a fehér, európai származású népesség gyarapodása volt kiemelkedő, a XX. században − különösen annak második felében − a fejlődő országok népessége többszörözte meg létszámát. Az előttünk álló évtizedekben az európai eredetű népesség aránya előreláthatólag tovább zsugorodik.

A világnépesség elhelyezkedése a Föld felszínén rendkívül egyenlőtlen, s minden valószínűség szerint az elkövetkező időszakban tovább fokozódnak a különbségek. Túlzsúfolt térségek állnak szemben hatalmas, gyéren benépesített területekkel.

A világ nagy népességtömörülései mind keletkezésük és koruk, mind pedig jellegük alapján nagyon eltérőek.

A két ázsiai sűrűsödési góc kialakulása a történelmi idők kezdetéig nyúlik vissza. Tény, hogy amikor Európa ókori civilizációi először szereztek tudomást Kína és India létezéséről, mindkettőt már akkor a világ legnépesebb országai között kezdték emlegetni. E két tömörülés területén az ókortól napjainkig nem változtak lényegesen azok a körülmények, amelyek az ázsiai koncentrációkat alapvetően megkülönböztetik a későbbi európai, illetve észak-amerikai tömörülésektől. Ázsiában ugyanis a népesség nagy tömegeinek együttélése kezdettől fogva a mezőgazdaságon alapult, magterületeik is azonosak az ókori Kelet fejlett

öntözőkultúrájának bölcsőivel. A peremterületeken Japán és Korea századunkban gyors társadalmi-gazdasági átalakuláson ment keresztül, népességtömörülésük gazdasági alapja már nem a mezőgazdaság, hanem az ipar. A délkeleti szegélyen viszont (Vietnam, Indonézia) továbbra is a mezőgazdaság dominál.

Az európai koncentráció eredete részben ugyan az ókori földközi-tengeri civilizációig nyúlik vissza, ennek meghatározó szíve Nyugat-Európa, amely az ipari forradalomnak köszönheti népességének rendkívül gyors felduzzadását. Míg Ázsia és Észak-Amerika sűrűn lakott területei ellentétet képeznek gyéren benépesült környezetükkel szemben, Nyugat-Európa hatalmas népességhalmaza közepes népsűrűségű térségből emelkedik ki.

A legfiatalabb, de az elmúlt évszázad legdinamikusabban fejlődő népességkoncentrációja az USA ipari övezetében, az atlanti parton és a Nagy-tavak mentén jött létre, sűrű, helyenként egybeolvadó városhálózattal. Az európai, illetve észak-amerikai népességkoncentráció felgyorsult duzzadása az ipari forradalom térbeli diffúziójával párhuzamosan ment végbe, mindenütt gyors urbanizációs folyamat keretében. A XIX. sz. küszöbén a világnépességnek mindössze 4–6 %-a élt húszezer lakosnál nagyobb – általában városnak tekinthető – településekben. Egy évszázaddal később (1900) már mintegy 15%-ra emelkedett a városi népesség aránya, míg az 1980-as évek végére a közben ötmilliárd fölé emelkedő világnépesség csaknem fele, 2000-ben előreláthatólag (ENSZ-becslés) már több mint fele válik városlakóvá (**10. ábra**).

1900-ban a világ 10 legnagyobb városa közül 9 Európában vagy az egyesült államokban volt. 2000-ben a megavárosok (10 milliónál több lakos) közül csak New York, Los Angeles és Tokió található az iparilag fejlett országokban. Mexico City, Bombay, Sao Paolo, Shanghai, Lagos, Calcutta, Buenos Aires a fejlődő országok megavárosai.

Az előrejelzések szerint 2015-re a világ legnagyobb három városából kikerül New York-Newark és London, míg helyüket Mumbai (korábban Bombai) és Mexikóváros vehetik át, miközben Tokió lakossága tovább nő, közel 35.5 millióra főre. A nagyvárosok lakossága azonban lassan nő tovább, az **urbanizáció** súlypontja a kisebb, 500.000 fő alatti városokra tevődik. 2008-ban a világ lakosságának már közel fele városokban fog élni és a városiasodás tovább folytatódik, 2030-ra ez az arány már 60%-ra nőhet.

A XX. század városiasodási hulláma már messze túllépett az iparosodó társadalmak keretein, leggyorsabb ütemét éppen az agrárjellegüket még őrző fejlődő országokban érte el. A városokba özönlés általában a mezőgazdasági népesség foglalkozáscseréjével kapcsolatos,

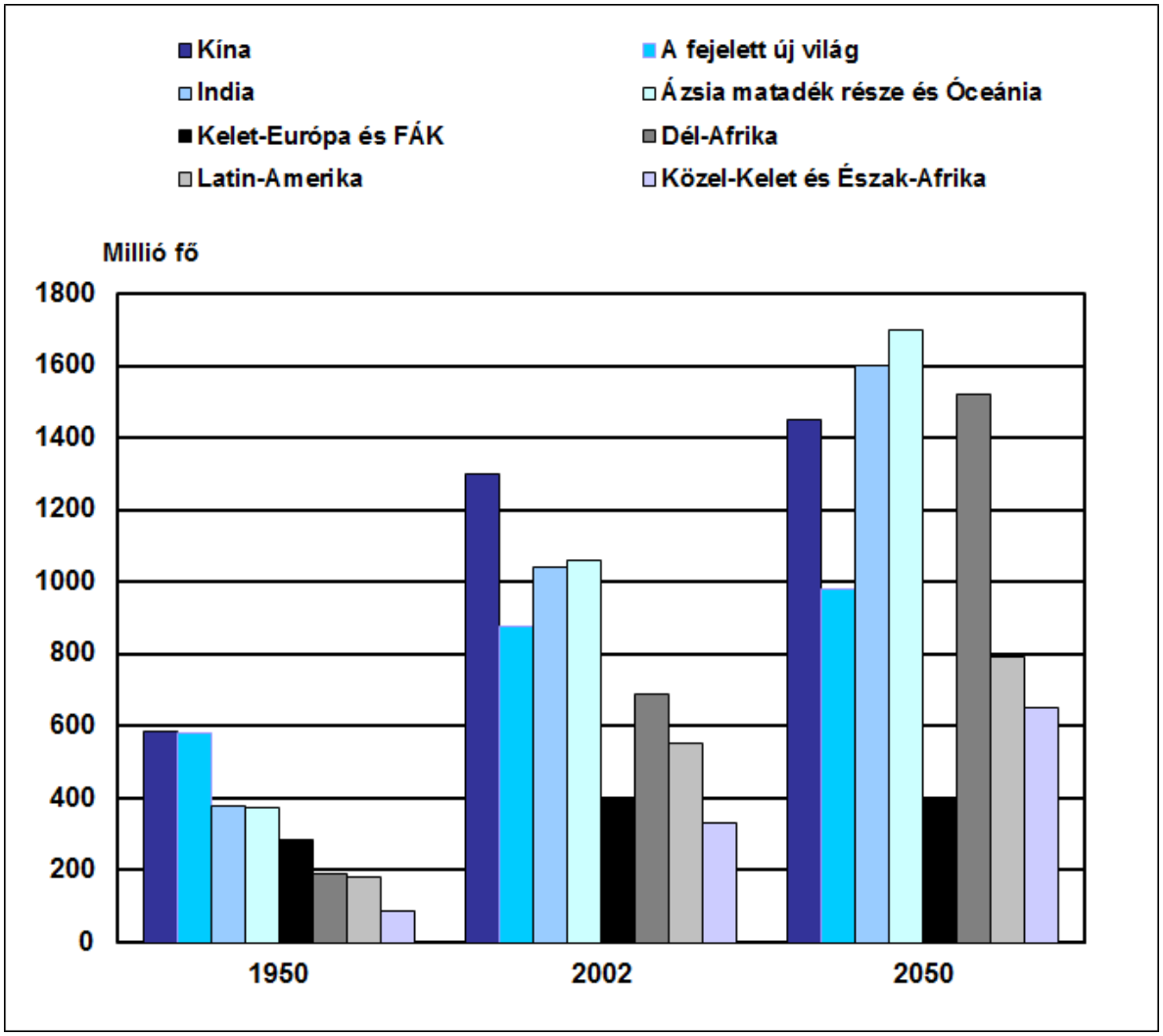
az agrárszférában felszabaduló rétegeket a városok és az iparosodó zónák – bővülő munkaerőigényükkel – vonzzák magukhoz. Az ipari országokban a városi népesség aránya némi késéssel igazodik a mezőgazdaságon kívül tevékenykedők arányához. Az iparosodás terjedési üteme, az ipari – s nyomában gyarapodó szolgáltatási – ágazatok uralkodóvá válásának eltérő időpontjai egyúttal az urbanizáció ritmusát, méretének térbeli és időbeli eltolódását is meghatározza.

A városiasodás folyamata azonban erősen befolyásolja környezetünket, mivel a városokban élő emberek más fogyasztási szokásokkal rendelkeznek, mint a vidéken élők. Jóval több élelmiszert, energiát és vizet fogyasztanak, mint vidéken élő társaik, azonban ez a felfokozott fogyasztás fokozott környezetszennyezést is eredményez, ami rontja a városban élők egészségét és életminőségét. A városias területeken ún. hőszigetek alakulnak ki, mivel a városok kevesebb hőt sugároznak vissza a légkörbe. Emiatt a hőmérséklet magasabb, mint a környező területeken, gyakoribban a viharok és a jégesők, ráadásul a kialakuló hősziget ronja a levegő minőségét, elősegíti a köd kialakulását.

A világnépesség egyenlőtlen területi eloszlásának csupán egyik vetületét tükrözi vissza az a jelenség, hogy a Föld felszínének több mint 3/4-e alig lakott, illetve lakatlan (km^2-enként egy fő alatti népsűrűséggel), míg csupán 2%-a sűrűbben benépesült (km^2-enként 100 fő felett). A népesség elhelyezkedésének másik sajátossága, hogy a sűrűsödési zónák a földrészek tengerparti szegélyén tömörülnek (a Jeges-tengertől eltekintve), míg a partoktól távolodva ugrásszerűen csökken a népsűrűség. Az emberiség közel fele a tengerpartokat kísérő 200 km-es zónában él, míg a partvonaltól 500 km-nél távolabb eső térségekben alig valamivel több mint 1/4-e. Ezeknél a globális értékeknél szélsőségesebb a népességeloszlás Ausztrália, illetve Dél-Amerika területén. Hasonlóképpen érzékenyen befolyásolja a népesség eloszlását a tengerszint feletti magasság: a világnépesség mintegy 55%-a a 200 m alatti térszinteken él, a magasabb szintek népsűrűsége fokozatosan csökken (**3. táblázat**).

A világ egyes térségeinek népességnövekedése annak függvényében alakult, hogy azok a népesedési ciklusnak, a népesség átalakulásának melyik fázisát érték el. Ma már a világ valamennyi társadalma elhagyta a pre-indusztriális szakaszt, amelyet a születéseknek és halálozásoknak egyaránt magas aránya jellemez. Elszigetelt térségekben kisebb népcsoportok népesedési viszonyai még erre a fázisra utalnak ugyan, de össztársadalmi szinten valamennyi ország kilépett ebből a szakaszból. A korai indusztriális fázisban − magas

születési arányhoz párosuló, gyorsan mérséklődő halálozási arány – is csupán a Föld egyetlen térsége található, ez a közép-afrikai államok összefüggő együttese.

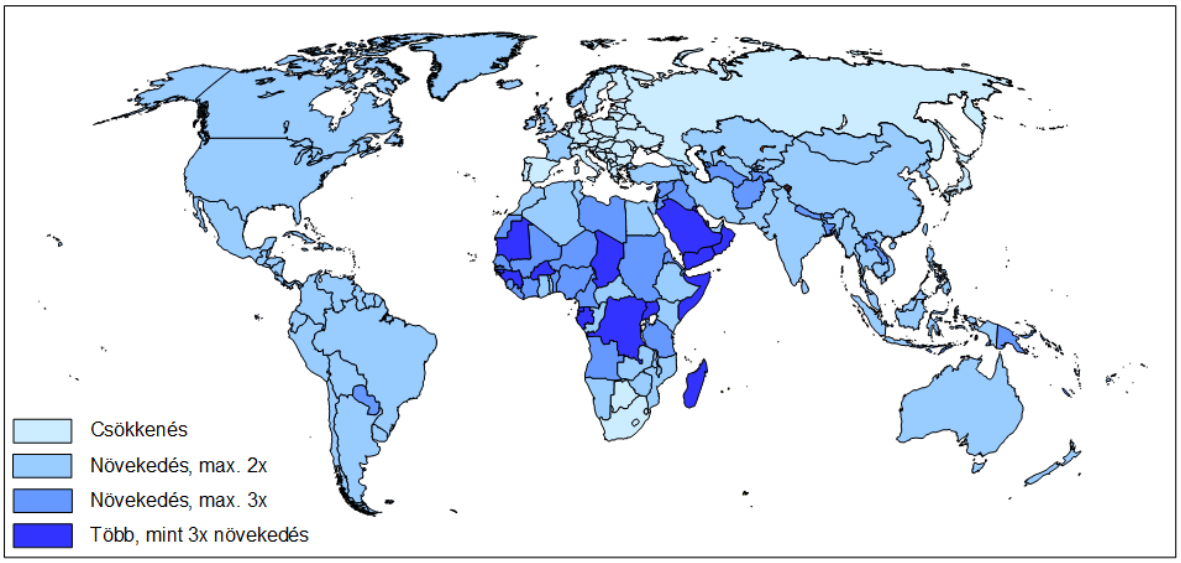


10. ábra: A világ lakosságának eloszlása (forrás: UN World Urbanization Prospects: The 2005 Revision (2006))

3. táblázat: A Föld felszínének megoszlása a népsűrűség fokozatai szerint

A benépesültség foka	Fő/km^2	A Föld felszínének %-ában
Nagyon sűrűn lakott térségek	200 fő felett	1
Sűrűn lakott térségek	100-200	1
Jelentősen benépesített térségek	50-100	2
Mérsékelten lakott térségek	10-50	9
Ritkán lakott térségek	1-10	9
Alig lakott, lakatlan térségek	1 fő alatt	78
A szárazulatok átlagos népsűrűsége	34,9	100

A fejlődő világhoz tartozó országok – Dél-Ázsiától Afrikán át Latin-Amerika trópusi-szubtrópusi övezetéig elhelyezkedő – többsége a középső indusztriális fázis népesedési jellemzőit tükrözi: a viszonylag magas, de csökkenő születési rátához mérséklődő halálozási ráta kapcsolódik. A késői indusztriális fázis Latin-Amerika mérsékelt övi országait, valamint Törökországot, Kínát és a volt Szovjetuniót jellemzi: jelentékeny, de süllyedő születési, alacsony halálozási arány (**11. ábra**).



11. ábra: A világ országaiban a lakosság megváltozás 2050-ig (forrás: US Census Bureau, 2004)

Végül a fejlett társadalmakat a posztindusztriális fázis jellemzi: mind a születések, mind a halálozások aránya alacsony. Ide tartoznának tulajdonképpen a volt Szovjetunió európaiak által lakott térségei is, azonban az össztársadalmi mutatókat a magas szaporulatú közép-ázsiai területek jelentősen módosítják.

Az elmúlt évtizedek népesedési folyamatai arra engednek következtetni, hogy a világ különböző térségei − a világgazdaságba integrálódásuk függvényében – gyorsuló ütemben haladnak át a népesedési ciklus korai fázisaiból a késői fázisokba. Ennek következményeképpen a népességrobbanás viharos szakasza fokozatosan lezárul, a világnépesség növekedésének üteme mérséklődik, s mindez valószínűsíti a hasonló tendenciát tükröző távlati népességprognózis következtetéseit.

3.1.3 A növekedés határa

A 70-es évek elején megjelent világmodellek (Meadows, 1972, Pestel, 1973, 1975, Mesarovis-Pestel, 1974, Govett-Govett, 1976), valamint az általuk kiváltott reakciók elsőként tettek közzé olyan trendeket, amelyek a fejlődés határaira hívták fel a figyelmet. Ezek a következtetések − különösen első megfogalmazásukban – a szakmai körök tekintélyes részétől teljes elutasításban részesültek a prognózisok hibás vagy hiányos megalapozottsága miatt. A jogos szakmai kritikák újabb erőfeszítésekre sarkallták a szerzőket, akik felülvizsgálták, sok tekintetben korrigálták számításaikat, s új, módosított tartalommal hozták nyilvánosságra kutatási eredményeiket.

A hosszú távú prognózisoknak kétségtelenül van egy közös gyenge pontjuk: mindenkor béklyóba veri őket az a feloldhatatlannak és megkerülhetetlennek tűnő kötöttség, hogy alkotóik az adott kor tudományos-technikai szintjéről kénytelenek kiindulni, a feltételezett fejlődést, annak irányát, ütemét csak lineáris pályán képesek előretekinteni. A várható megoldás kulcsát illetően, amely − történelmi tapasztalataink alapján − többnyire ugrásszerű előrelépést, új felismeréseket tételez fel, az előrejelzések homályosak maradnak.

A Római Klub jelentéseiben interpretált **határ**t – a nyomukban elszaporodó, elnagyolt és leegyszerűsített, pesszimista kicsengéseket is bőségesen tartalmazó következtetések ellenére – természeti környezetünk használatának, szerepének, a fogyasztás ellentmondásainak alapvető átgondolására késztető jelzésként kell elfogadni. Ugyanakkor határozottan el kell utasítani az emberiség fejlődése előtt leküzdhetetlen falként meredő, „abszolút határként" való értelmezést. Viszont határként kell elfogadni bizonyos korlátozott értelemben, amely azt jelzi, hogy az emberiség növekedési pályáján történelmének olyan pontjához érkezett, amikor továbbfejlődése, sőt létfenntartása már csupán – az érzékelhetően véges adottságokból felépülő életteréhez – környezetéhez fűződő kapcsolatainak gyökeres megváltoztatása árán biztosítható. Ennek a határnak az észlelése egyike a legsúlyosabb kihívásoknak, amelyekkel várhatóan most már folyamatosan kell szembenézzen a gazdálkodási terét, környezetét egyre intenzívebben használó és megterhelő emberiség.

Földünk társadalma a legutolsó évtizedek során a népesség rendkívüli ütemű gyarapodása, az ezzel párhuzamosan hihetetlenül bővülő, pazarló fogyasztás nyomán felbukkanó feszültségek átélésén keresztül jutott el a **hiány**, az érzékelhető **határ** nyomasztó, nemegyszer fenyegető közelségébe.

3.1.4 A Föld eltartóképessége

Jelenleg kb. 6,5 ember él bolygónkon, az évszázad második felében pedig már több mint tízmilliárd ember fog osztozkodni Földünk felszínén. Ijesztő szám, és jogos a kérdés, jut-e még kenyér mindenkinek azon a bolygón, amelynek kontinensei összesen 149 millió km^2-re terjednek ki. Ennek a hatalmas szárazföldi térségnek azonban csupán 12%-án vagyunk képesek mai felkészültségünkkel intenzíven gazdálkodni, további 22%-át csak külterjesen hasznosítjuk. A felszín mintegy 30%-át erdők, bozótosok és alacsony értékű legelők borítják, a többi 36%-a viszont teljesen kívül reked gazdálkodási lehetőségeink határán.

A földfelszín hasznosításának arányai a népesség legutolsó megkétszereződésének időszaka alatt – az intenzívebb kultúrák javára – változtak ugyan, de nem számottevően. A gyarapodó népesség ellátása – a világ egyes térségeiben gyorsan romló feltételek mellett - elsősorban a modern agrártechnológiák fejlesztése és világméretű elterjesztése, a műtrágyák, növényvédő szerek fokozott alkalmazása, új, magasabb hozamú fajták, végül a biotechnika bevezetése révén oldódott meg, azaz lényegében óriási tőke- és energiaráfordítás alkalmazásával. Ez az út a harmadik világ országai számára járhatatlan. (Pl. az USA-ban 1900-1970 között az 1 ha-ra számított termésátlag a búza esetében megkétszereződött, a kukorica esetében csaknem megháromszorozódott. Egyidejűleg a műtrágyafelhasználás során a foszfát alkalmazása négy és félszeresére, a káliumé tizenkétszeresére, a nitrogéné tízszeresére nőtt.)

A FAO számításai szerint − a mezőgazdaság jelenlegi színvonalát véve figyelembe − egy ember évi élelmiszer-ellátása 0,4 ha-ról biztosítható. Számolva a népesség gyarapodási ütemével, az ezzel párhuzamosan jelentkező civilizációs, infrastrukturális igények növekedésével (városiasodás, ipartelepítés, közlekedés), a XXI. század derekán már csak 0,3 ha áll majd rendelkezésre egy-egy fő ellátására. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy az emberiség technikai és technológiai ismeretei is bővülni fognak, esetleg forradalmi módon meg is újulhatnak. Nem zárható ki annak lehetősége sem, hogy a jelenleg csupán külterjesen hasznosítható térségek intenzívebb kiaknázására is sor kerülhet.

A Föld eltartóképességének bővítési lehetőségeivel kapcsolatban ezért a távlati prognózisok optimista hangvételűek, bolygónk még jelentős tartalékokkal rendelkezik. A természeti környezetünk állapotáért aggódó szakemberek nem is a globális eltartóképesség fenntarthatóságát kérdőjelezik meg, de a világnépesség eloszlásának mai sémájának változatlan előrevetítése már megoldhatatlannak tűnő problémákat jelez. Bár az egy fő

ellátására rendelkezésre álló földterület alakulása várhatóan még nem ad okot az aggodalomra, a földi vízkészletek apadása más sokkal súlyosabb kérdéseket vet fel.

A Föld térségei, amelyeket kiemelkedően magas népszaporulat jellemez, egyúttal vízhiányban szenvedő területek (Dél-Ázsia, Közel-Kelet, Afrika nagyobb hányada, Latin-Amerika északi, illetve déli peremei). Még soha nem folyt a népesség és a mezőgazdaság között olyan éles konkurenciaharc a vízért, mint jelenleg. Még soha nem működtetett az emberi társadalom ilyan vízigényes ipari ágazatokat (kohászat, vegyipar, papírgyártás, élelmiszeripar), még soha nem folyt ilyan mértékű vízpazarlás és vízszennyezés, mint ma. És éppen ezért még soha a történelemben nem fenyegette az emberiség 100 millióit olyan méretű vízhiány, mint napjainkban, s a feszültség csak növekedhet. Csupán két példa: Egyiptom 54 millió lakosával már ma felhasználja vízkészletének 97%-át, a következő évszázad közepéig − 2,6%-os évi szaporulattal − 100 millió fölé emelkedik népessége, ám se a mezőgazdaság kiterjesztéséhez, se a lakosság ellátásához nem tárhatók fel újabb víztartalékok. Nigéria 118 milliós népessége évi 3,3%-os szaporulata révén 2050-ig − még mérséklődő népesedési ütem mellett is − legalább 300 millió fölé emelkedhet, de meghaladhatja a 450 milliót is. Öntözéssel a termőföldek területe és hozama megháromszorozódhat, de vízkészlete olyan mértékben korlátozott, hogy mind a növekvő lakosság, mind a terjeszkedő mezőgazdaság igényei fedezhetetlenek.

Természetesen feltételezhetjük a világnépesség olyan ütemű és méretű globális mobilitását, amelynek keretében a vízhiányos területek gyorsan növekvő lakossága a víztöbblettel rendelkező területekre települ át, ily módon oldva fel a természeti környezet és népesedés viszonylatában kialakult regionális feszültségeket, ez azonban utópisztikusnak tűnő elképzelés. A távlati prognózisok készítői, miközben a Föld eltartóképességének határait − a termőföld-tartalékok, illetve a technológia-fejlesztés oldaláról közelítve − tágíthatónak ítélik, a jövő szempontjából leglényegesebb kérdést más aspektusból teszik fel: milyen árat kell ezért fizetnie a következő generációknak?

3.2 Népesedési folyamatok

3.2.1 Természetes szaporodás, fogyás hazánkban és az EU-ban

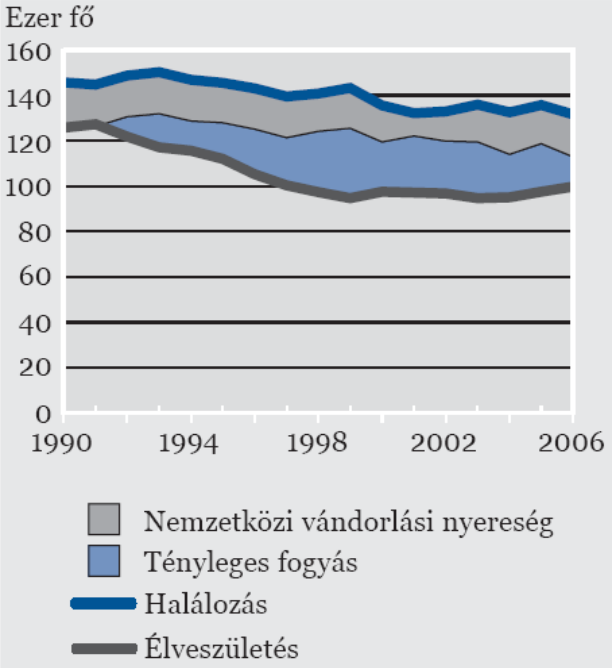
A születések és a halálozások egyenlegeként **Magyarországon a népesség természetes fogyása** immár negyedszázados folyamat, amelyet egy ideje részben ellentételez a nemzetközi vándorlásból származó nyereség, így a népesség tényleges fogyása ennél alacsonyabb. Ezen belül is, 2000 óta Magyarországon a főbb népesedési tendenciákban alapvető fordulat nem történt, azaz a népesség természetes fogyása tartósan magas szinten maradt, amit valamelyest enyhít a nemzetközi migrációból adódó népességnyereség.

Magyarország népessége 2007. január 1-jén 10 millió 64 ezer fõ volt. A népesedési folyamatokban 2006-ban kedvezõ irányú változások mentek végbe. Folytatódott a születésszám 2004 óta tartó emelkedése, és a halandóság 2005. évi növekedését is csökkenés váltotta fel. A születésszám az utóbbi nyolc évben a legmagasabb, a halálozás az elmúlt három évtizedben a legalacsonyabb értéket érte el 2006-ban. Összességében elmondható, hogy 2006-ban a népesség természetes fogyása mérséklõdött, amit a megelőző évek nagyobb nemzetközi vándorlásból adódó népességnyereség tovább csillapított. Lassult a népességcsökkenés üteme, a népesség száma 13 ezerrel lett kevesebb, ami közel kétharmada a 2005-ös évinek (**12. ábra**).

A természetes népességfogyás környezetünkben – Szlovákia kivételével – általános, de mindössze fél ezrelék vagy az alatti Lengyelországban, Csehországban és Szlovéniában. A nemzetközi vándorlásból adódó népességnyereség a térségben Szlovéniában, Csehországban és Horvátországban a legnagyobb, amit Magyarország követ, másutt a népesség elvándorlása figyelhető meg.

Az **Európai Unió** népessége 2003-ban 1 millió 276 ezerrel gyarapodott, és 2004. január 1-jén mintegy 381 millió volt. A gyarapodás több mint háromnegyede a nemzetközi vándormozgalom pozitív egyenlegéből, egynegyede a természetes szaporodásból eredt. A csatlakozó országokban is pozitív volt a nettó migrációs egyenleg, ami mérsékelte a természetes fogyásból származó népességcsökkenést. Az országcsoport népessége az év folyamán mintegy 60 ezerrel fogyott, és 74 millió volt 2004. január 1-jén. Az élveszületések ezer lakosra jutó száma Magyarországon némileg magasabb, mint a csatlakozó országokban, de így is jóval elmarad az unióétól. A halálozási ráta is meghaladja a csatlakozó országok átlagát, és a lettországi érték után a legmagasabb. 2007. január 1-jén Bulgária és Románia is

az Európai Unió tagja lett. A két ország összesen 29 milliós lakossággal, az EU-27 494,7 millió fős népességének 6%-át teszi ki. (**4. táblázat**).



12. ábra: Élveszületés, halálozás, népességszám változása Magyarországon (forrás: KSH, 2007)

4. táblázat: A népeség számának alakulása az Európai Unióban és a csatlakozó országokban, 2003 (forrás: KSH, 2004)

	EU–15	Csatlakozó országok	Magyarország
Népesség száma (ezer fő) 2003. január 1.	379.483	74.201	10.142
Élve születés	10.6	9.2	9.3
Halálozás	9.8	10.4	13.4
Természetes szaporodás	0.8	-1.2	-4.1
Nettó migrációs nyereség	2.6	0.4	1.5
Tényleges szaporodás	3.4	-0.8	-2.5
Népesség száma 2004. január 1.	380.759	74.141	10.117

3.2.2 Népesedési folyamatok

A **házasságkötések** száma a 2000-es évek eleje óta alacsony szinten ingadozik. Az ezredfordulós emelkedést jelentős csökkenés, majd kismértékű élénkülés követte, de egyik évben sem érte el az ezredfordulós szintet, azaz 44 000 körül maradt. A házasságra lépők

korösszetételében folytatódott a korábban kialakult irányzat. A tizenévesek házasságkötései csaknem megszűntek, és jelentős a visszaesés a húszas éveik elején járó nőknél is. Tíz évvel ezelőtt még ebben az életkorban volt a leggyakoribb a házasságkötés, ami napjainkra a nők húszas éveinek második felére tevődött át. A férfiak leginkább 30–34 éves korukban kötnek házasságot. A fiatalok csökkenő házasságkötését némileg kompenzálja a 30–39 éves, „érettebb" korosztályok egyre növekvő házassági hajlandósága. A házasságkötések későbbi életkorra halasztásában az iskolai tanulmányok meghosszabbodása is szerepet játszik.

A **válások** számában nem történt érdemi változás az utóbbi években. Az ezredfordulót követő emelkedés megállt, a vásások száma közel azonos szinten stagnál, évi 24–25000 felbontott házasság körül. A leggyakoribb a válás az olyan házaspároknál volt, ahol a házasfelek 25–29 év közöttiek. Míg az elmúlt néhány évben a fiatal házasok válási gyakorisága nem emelkedett, a harmincas éveikben járó házasfelek között egyre gyakoribb a válás, mert a házasságok késõbbi életkorban köttetnek, részben pedig azért, mert egyre gyakrabban végzõdnek válással a hosszabb ideje fennálló házasságok.. A házasságkötések és megszűnések egyenlege továbbra is negatív. A folyamat hosszú idő óta tart, így jelentősen módosult a népesség családi állapot szerinti összetétele.

Tovább emelkedik a nőtlenek, a hajadonok, valamint az elvált családi állapotúak aránya, és csökkent a házasoké. A házasságkötések, a válások arányát és a népesség családi állapot szerinti összetételét befolyásolja, hogy ezzel egyidejűleg az élettársi kapcsolatban élőké az 1990. évi 4,3%-ról 9,5%-ra nőtt. Az unióban a felnőtt lakosságból a férfiak 54, a nők 51%-a házas, a nőtlenek aránya a férfiaknál 37%, a nőknél a hajadonoké 30%. Elváltan a férfiak 5%-a, a nők 7%-a él. Az özvegyen maradtak aránya a férfiak között jóval alacsonyabb (3%), mint a nőknél (13%). A házasodási kedv hanyatlása Európa szinte valamennyi országára jellemző, de a csökkenés különösen jelentős a közép- és kelet-európai országokban. A csatlakozó országok közül a szlovének, lettek után az észt és a magyar házasságkötési ráta a legalacsonyabb (4,5). Nálunk ezer lakosra 2,5 válás jutott, és a házasságok kevésbé stabilak, mint az unióban, vagy a csatlakozó országok közül Szlovéniában, Lengyelországban, Lettországban és Szlovákiában, de időtállóbbak, mint Csehországban, Észtországban vagy Litvániában.

A **születésszám** a 2000-es évek kezdeti csökkenése után 2004 óta újra emelkedik. 2006-ban 99 900 gyermek jött világra,ami nyolc évre visszamenőleg a legmagasabb születésszám. Az élveszületések számának alakulására már hosszú évek óta a tanulási idõ meghosszabbodása,

a késõbbi önállósodás, illetve az együttélési formák elfogadottságának változása hatott. A tizenévesek gyermekvállalása egyre ritkább. Legjelentősebben a 20–24 éves nők termékenysége esett vissza. Az „érettebb korosztályban" (a 30–39 évesek körében) hosszabb idő óta folyamatos, de kismértékű az emelkedés. A fiatalok jelentős gyermekszámkiesését a harmincas éveikben járó nők napjainkban már dinamikusan növekvő termékenysége nem ellensúlyozza.teljes mértékben.

Tovább nőtt a házasságon kívül született gyermekek aránya. Házasságon kívül született 2006-ban már a gyermekek 36%-a. Az uniós országokban ez az arány kissé alacsonyabb (30%), az átlag azonban jelentős szóródást takar (Svédországban 55% és Görögországban 4%). A csatlakozó országok közül legmagasabb az érték Szlovéniában, Lettországban és Észtországban (40–56%), és legalacsonyabb Cipruson (3,5%), valamint Lengyelországban (14,4%). Magyarországon a 2005. évi termékenységi szint mellett száz nő élete folyamán 128 gyermeket hozna világra, ami az eddigi legalacsonyabb érték, messze elmarad az egyszerű reprodukciós szinttől. A jelenlegi termékenység mellett Magyarországon a megszületett és felnövekvő gyermekgenerációk létszáma mintegy 38%-kal alacsonyabb, mint az őket világra hozó, anyai nemzedéké. A magyar termékenység szintje európai viszonylatban a közepesnél alacsonyabb, elmarad az uniós átlagtól, a csatlakozó országokat tekintve viszont Ciprust, Máltát és Észtországot követően a negyedik legmagasabb.

A **terhességmegszakítások** száma a 2000-es évek óta folyamatos csökkenést mutat, de nemzetközi viszonylatban még mindig magas. 2006-ben 46 500 műtétet hajtottak. Ez az érték 21%-al alacsonyabb, mint az ezredfordulón, vagy az 1990-es évek elejéhez képest, amikor száz élveszületésre 72 terhességmegszakítás jutott.

A **halálozások** száma 131 500 volt 2006-ban, ami közel három évtizede a legalacsonyabb érték volt, azonban az elmúlt évek alapvetően javuló irányzata megtorpanni látszik. Különösen figyelemre méltó azonban a középkorú (45–49 éves) férfiak halálozásának emelkedése.

3.2.3 Migráció Magyarországon

A **belföldi vándorlás** iránya és nagysága lényegesen módosíthatja a népességszám születések és halálozások által meghatározott változását. A halálozások száma az ország valamennyi fontosabb területi egységében meghaladja a születésekét. Az ennek eredőjeként kialakuló természetes fogyás mértéke azonban a vándorlástól függően jelentősen

különbözhet megyénként és régiónként. Az elmúlt néhány évben lassan, de folyamatosan élénkült a belföldi népességmozgás, és 2003-ban mintegy 2%-kal haladta meg az egy évvel korábbit. Az országon belüli vándorlás egyik meghatározó tényezője a Budapestről – főleg az azt övező agglomeráció településeire való – költözés. Nagyrészt ezzel magyarázható Pest megye jelentős vándorlási nyeresége. Az év során a nyugat-, és közép-dunántúli régióban volt még pozitív a belföldi vándorlási egyenleg. Ezen belül a fő vándorlási célterület Győr-Moson-Sopron és Zala megye. A lassult. A főváros mellett a többi városnak is összességében negatív a belföldi vándorlási egyenlege, míg a községeké az utóbbi években elég jelentős nyereséget mutatott.

A Magyarországon érvényes tartózkodási engedéllyel rendelkezõ külföldiek száma 2007. január 1-jén 164 ezer fõ volt. Döntő hányaduk Európából – ezen belül Romániából, Ukrajnából, Jugoszlávia utódállamaiból és Németországból – érkezett. A bevándorlók korösszetétele fiatalabb, mint a honos népességé. A 25–49 évesek vannak többségben mindkét nem esetében, arányuk a férfiaknál 57%, a nőknél 46% volt. A nemzetközi vándorlás iránya nem annyira koncentrált, mint a belföldi vándorlásé, jobban szóródik az ország egyes területei között. **A nemzetközi vándorlás** egyenlege 2006-ban az ország valamennyi régiójában pozitív volt, ezen belül kiemelkedik Közép-Magyarország, ahol a fõváros mellett figyelmet érdemel Pest megye növekvõ pozitív egyenlege. Ebben a régióban a nemzetközi vándorlás nyeresége (10 400 fõ) nagyobb volt 2006-ban, mint az ország többi 6 régiójában együtt (8400 fõ). Emellett Dél-Alföld, Nyugat-Dunántúl és Észak-Alföld is vonzó területnek számít a nemzetközi vándorlást tekintve. (**5. táblázat**).

5. táblázat: A belföldi vándorlás 2003-ban, ezer fő (forrás: KSH, 2004)

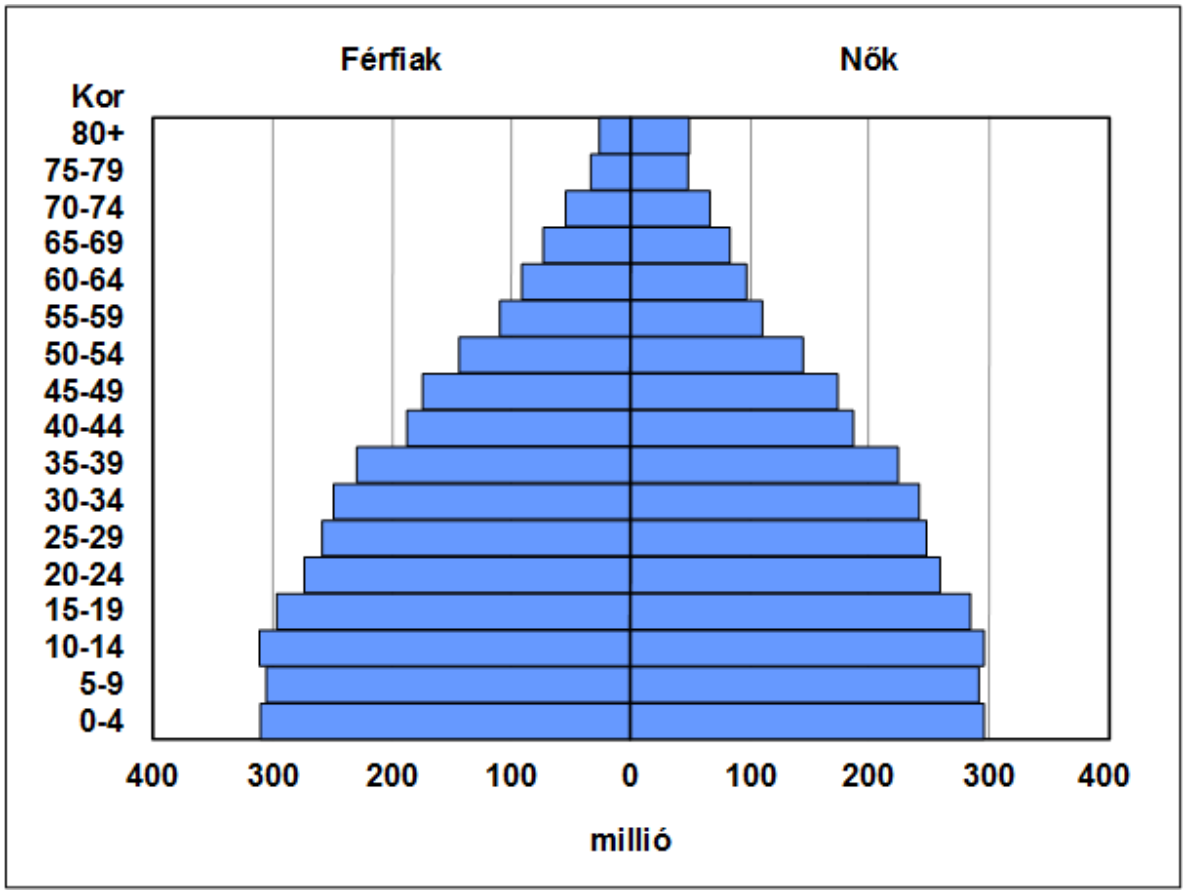
	Budapestről	Többi városból	Községekből	Összesen
Budapestre	–	14	9	23
A többi városba	16	39	46	101
Községekbe	18	54	41	113
Összesen	34	107	96	237

3.2.4 A népesség kor szerinti összetétele

A népesség kor és nem szerinti összetételét a korfa szemlélteti a legjobban, melyen a népesség öregedésének folyamata – Európában általánosnak mondható jelenség – jól megfigyelhető. Míg a világ lakossága 2002-ben meglehetősen fiatalnak mondható, addig

Magyarország korfája fogyó jellegű, alapja egyre szűkül a születésszám jelentős csökkenése következtében. Az idősebb korosztályhoz tartozók számának és arányának növekedése a népesség elöregedésének folyamatát tükrözi.

A világ lakosságának 2002-es korfájáról leolvasható, hogy a férfiak és a nők aránya közel megegyezik, noha az 50–54-es korosztályban több férfi található, azonban az ennél idősebb korosztályokban a nők találhatóak többségben. A nagyobb csoport – nőknél és férfiaknál – egyaránt a 10–14 éves korosztály, melyet a 0–4 és 5–9 korosztályok követnek (**13. ábra**).

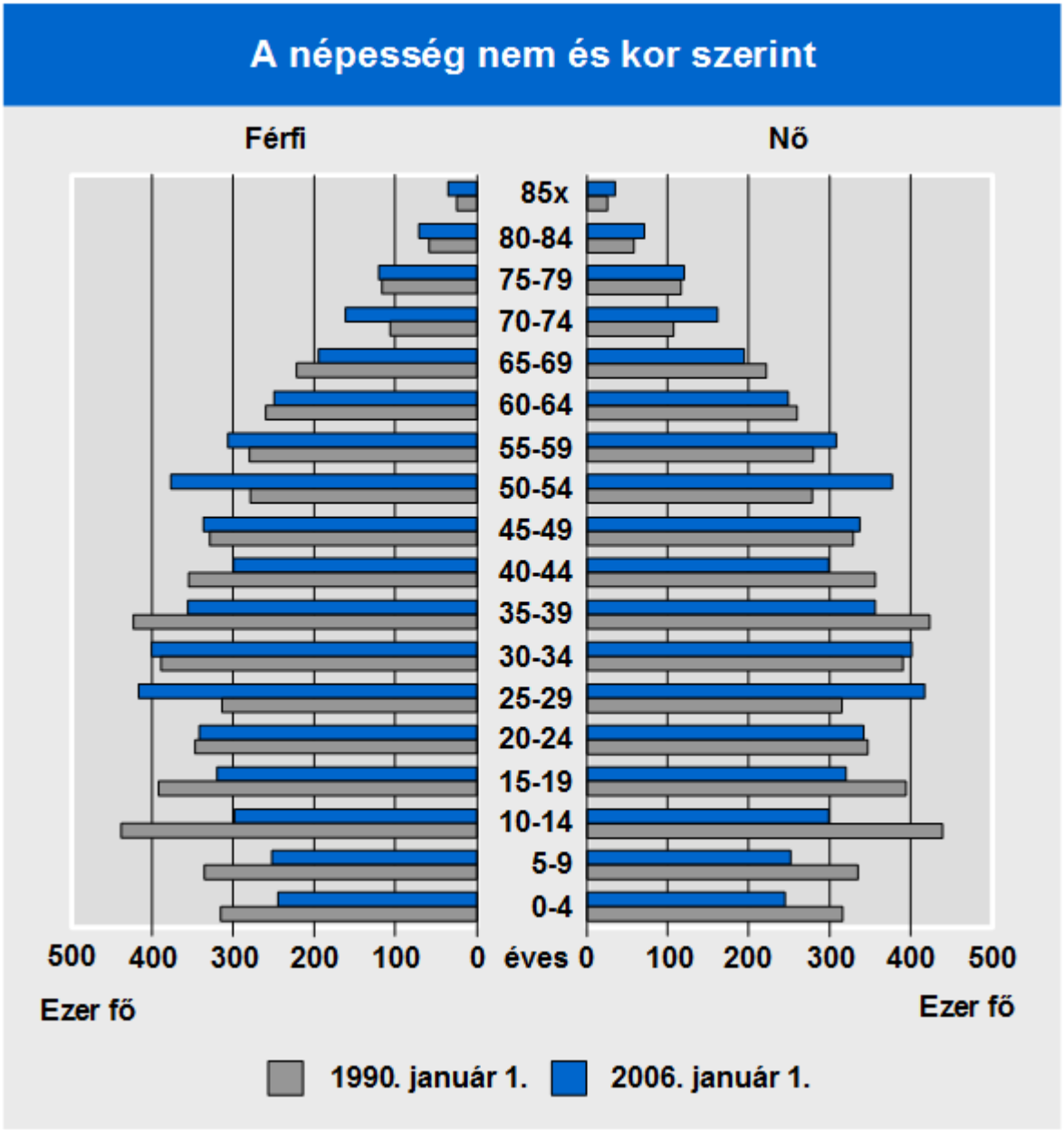


13. ábra: A világ lakosságának korfája 2002-ben (forrás: US Census Bureau, 2004)

Jelenleg Japán kivételével Európában található a világ 20 legöregebb országa közül 19, és az előrejelzések szerint a társadalom elöregedésének folyamata tovább folytatódik jelentős terhet róva ezzel az európai egészségügyi és társadalombiztosítási rendszerre. 2005-ben az EU lakosságának 17%-a volt 65 év feletti, ez az arány 2030-ra 25%-ra nőhet, továbbá 2050-re a lakosság 20%-a 80 év feletti lehet, ha a jelenlegi trendek folytatódnak. (Olaszországban már 19% feletti a 65 év felettiek aránya, ezzel elérve a „világ legöregebb országa” címet.)

Noha az EU lakossága a következő években kismértékben nőhet a bevándorlásnak köszönhetően, a természetes szaporodás negatív irányba fordulhat már 2010 környékén.

A magyar népesség korösszetételét leíró korfa (**14. ábra**) öregedő népességé, ahol a 35 éves korig meglevő férfitöbblet a 35–39 évesek között kiegyenlítődik, és 40 év felett – az eltérő életesélyekkel összefüggésben – növekvő nőtöbbletbe megy át. A nők több mint fele, a férfiak 45%-a 40 éves vagy idősebb. A gyermekkorúak népességen belüli arányát (15,4%) 2005-ben első ízben haladta meg a 65 éves és idősebbeké (15,6%).



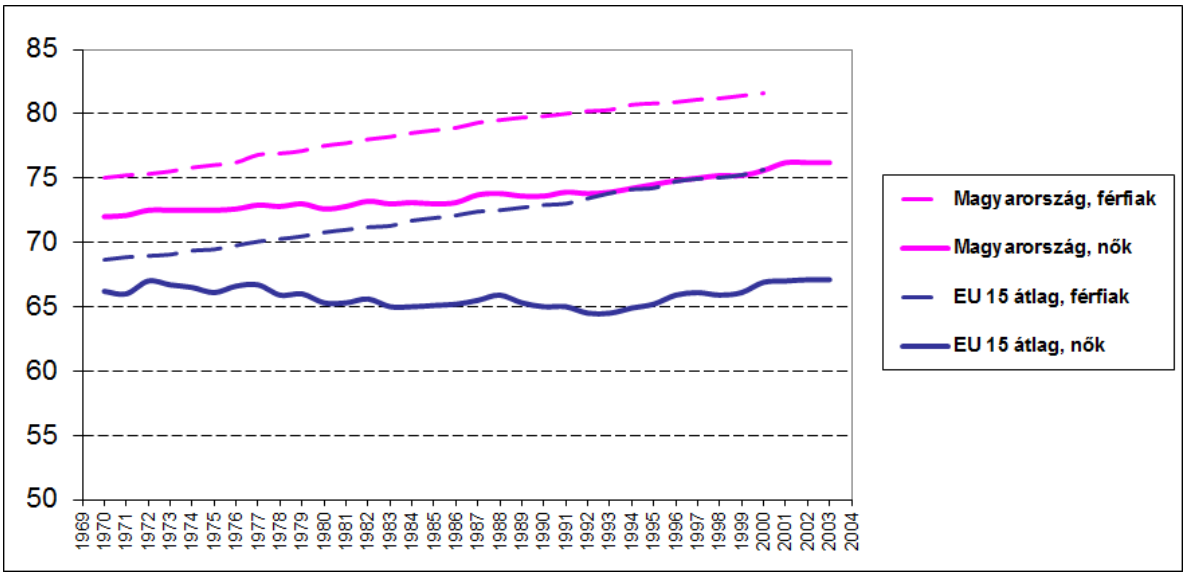
14. ábra: Magyarország lakosságának korfája 1990-ben és 2006-ban (forrás: KSH, 2006)

3.3 Magyarország egészségügyi helyzete

A magyar lakosság egészségi állapotának mutatói – több évtizede – rendkívül kedvezőtlenül alakulnak. Egyes megbetegedések, halálokok tekintetében az ország negatív értelemben kiemelkedő helyet foglal el a nemzetközi statisztikákban. A megbetegedési és halálozási viszonyok az elmúlt évtizedben sem mutattak számottevő javulást. A daganatos betegségek okozta halálozás a legmagasabb a világon. A krónikus, nem fertőző megbetegedések súlya meghatározó az idő előtti halálozásban és a megbetegedésekben. A születéskor várható átlagos élettartam messze elmarad az Európai Unió tagállamainak mutatóitól, és különösen kedvezőtlen a középkorú férfiak kimagasló halálozása (**15. ábra**).

Összegezve elmondható, hogy az **életesélyek** a 35 évnél fiatalabb népességben soha nem voltak olyan jók, mint manapság, a 35 és 64 év között azonban a férfiak továbbélési valószínűsége nagymértékben rosszabbodott a legutóbbi három évtizedben. Az idő előtti halálozások száma és aránya igen nagy, az összes meghalt férfi 40%-a és a nők 20%-a 65 éven aluli (2002). Hazánkban az 1-64 éves lakosság halálozása az 1970-es évek elején mind a férfiak, mind a nők esetében a jelenlegi EU-tagországok halálozási átlagát alig haladta meg. A halálozás igen nagy mértékű növekedése következtében azonban elszakadásunk az EU-átlagtól egyre mélyült, annál inkább, mivel az EU tagországok korai halálozási mutatóiban töretlen javulás történt. Általában a korai halálozás magas mértékére vezethető vissza, hogy a 100 ezer főre jutó elvesztett potenciális életévek száma mind a férfiak, mind a nők esetében igen magas (2003-ban férfiak esetében 11.675 év, nők esetében 5.230 év volt). Magyarországon a legtöbb életév elvesztésével járó halálokok a daganatok, a keringési rendszer betegségei, a külső okok (balesetek, mérgezések, erőszak) és az emésztőrendszer betegségei. Az elmúlt évtizedekben a daganatok és az emésztőrendszer betegségei következtében növekedett az elvesztett életévek száma.

A **születéskor várható átlagos élettartam** az 1990. évi 69,3 évről 2006-ban a férfiak esetében 65,1-ről 68,6, a nők körében 73,7-ről 76,9 évre emelkedett. Ez a legmagasabb érték a várható élettartamok csaknem százéves idősorában, nemzetközi összehasonlításban azonban alacsony (**15. ábra**). (A születéskor várható átlagos élettartam magyarországi értékei 1970-ben 2 évvel, 2001-ben pedig már 6,7 évvel maradtak el az EU-átlagtól.)



15. ábra: A születéskor várható átlagos élettartam alakulása 1970-2003 (forrás: KSH)

A haláloki struktúrában a keringési rendszer betegségei, a daganatok, az emésztőrendszer és a légzőrendszer betegségei, valamint a balesetek, mérgezések és az erőszak szerepelnek, mint leggyakoribb halálokok (2003-ben együttes arányuk 93,8%). Az elmúlt évtizedek alatt a járványügyi intézkedéseknek köszönhetően lényegesen csökkent a fertőző betegségekből származó halálozás. 1949-ben a fertőző betegségekben közel 12 ezren haltak meg,1990-ben a meghaltak száma 963 és 2003-ban 499 volt. Ezzel szemben mára a krónikus, nem fertőző betegségek gyakorisága meghatározóvá vált idő előtti halálozásban. 1949-2003 között a keringési rendszer betegségei okozta halálozás aránya 27%-ról 51%-ra, a daganatok miatti halálozás 12%-ról 25%-ra növekedett.

Magyarországon a halálozások több mint a fele **a keringési betegségeknek** tulajdonítható, melyből a koszorúér-betegség a legfőbb halálok. Amíg a nyugati országokban a táplálkozási szokásokban bekövetkezett változások, a testmozgás és a korszerű gyógyszeres kezelés hatására a keringési betegségek (koszorúér-betegség, agyérrendszeri történés, perifériás érbetegség, illetve aorta betegség együttvéve) mortalitása 1970 óta 20-30%-kal csökkent, addig Magyarországon a keringési betegségek halálozása az 1990-es évekig nőtt, majd lassú csökkenés indult meg. Az akut szívinfarktus miatt kórházban kezelt betegek száma az ezredfordulót követően évekig 10 ezer alatt volt, 2004-ben azonban újra afölé emelkedett. A diagnosztikában és a gyógyításban megfigyelhető a korszerű technológia terjedése. A szívműtétek száma a kilencvenes évek közepétől átlagosan évi 5%-kal nőtt, 2004-ban a több

mint hatezer műtét harmada zárt technológiával (szívtüdő motor nélkül) zajlott. A pacemakerműtétek száma 2800 volt, ami 44%-kal kevesebb, mint az előző évben.

A **rosszindulatú daganatos betegségek** okozta halálozás évtizedek óta rendkívül magas, ebben hazánk vezető helyet foglal el az európai régióban. Hazánk a nemzetközi mortalitási statisztikában férfiaknál az első, míg nőknél a második helyet foglalja el. Utóbbiak esetében alig szorulunk Dánia mögé, mindkét esetben jóval meghaladva az európai átlagot. Legrosszabb a helyzet a női vastag- és végbélrák, valamint mindkét nemnél az ajak- szájüregi rákok esetében, mivel ezen területeken mind a mortalitás, mind az incidencia listavezetői vagyunk. A férfi vastag- és végbélráknál „csak" a 2. helyen állunk. A többi említett lokalizációnál valamivel jobb a helyzet. Míg a fejlett országokban az utóbbi évtizedben csökken e halálok megjelenésének intenzitása, addig Magyarországon folyamatos emelkedést mutat. A haláloki sorrendben a második helyet foglalja el, 2003-ban 25,0%-os aránnyal. 2000-ben a daganatos betegségek okozta halálozás mintegy másfélszer, ezen belül a 65 éven aluli férfiaké kétszer olyan magas, mint az EU-átlag.

A **külső okok miatti halálozás** legnagyobb részét a járműbalesetek és egyéb balesetek teszik ki, ezeket követik a halállal végződő öngyilkosságok Mióta a statisztika nyomon tudja követni, a magyarországi **öngyilkossági arány** nemzetközi összehasonlításban igen magas volt. Hazánk öngyilkossági statisztikája 1994-ig a világ élvonalába tartozott 45,9 százezrelék halálozással. Azóta közel egyharmadával csökkent, ami a világon a legnagyobb csökkenés), ugyanakkor viszonylag még mindig magas (32,1/100.000 lakos 1997-ben). Különösen aggasztó a fiatalkorúak öngyilkossága, amely a 16-24 éves korosztályban ma már az egyik vezető halálok. Gyakran alkohol-fogyasztással és kábítószer-élvezettel szövődik.

Az **emésztőrendszer betegségei** okozta halálozás az elmúlt két évtizedben igen jelentős mértékben növekedett. E főcsoport betegségei 1970-ben az összhalálozás 3,8%-át és 2003-ban 7,0%-át okozták. A növekedést alapvetően az alkoholos májbetegségek számának emelkedése okozta. Ez a betegség főleg a férfiakat érinti. Hazánkban azonban a nők körében is jelentősen megnőtt a májzsugorodás okozta halálozás. Feltételezhető, hogy ennek hátterében a rendszeres és nagymértékű alkoholfogyasztás áll.

A **légzőrendszeri betegségek** okozta halálozási arányok kedvezően alakultak az elmúlt két évtizedben, és nemzetközi összehasonlításban is kedvezőbb a helyzetünk. 1980 és 2003 között számottevően javult ezeknek a betegségeknek a halálozása.

Magyarországon a **járványügyi helyzet** összességében kedvező, európai viszonylatban is jónak mondható. A védőoltási rendszer keretében folyamatosan bevezetik a legújabb oltásokat, oltóanyagokat, a kötelező védőoltások teljesítése 99% feletti. A fertőző betegségek, és ezen belül a védőoltással megelőzhető fertőző betegségek száma csökken. A stabilitást veszélyezteti: újonnan felbukkanó, vagy korábban már visszaszorított fertőző betegségek megjelenése, behurcolása, súlyos nosocomialis infekciók.

A **tbc** incidenciája az 1970-es évektől egyenletesen csökkent az 1990-es évek elejéig. Ezt követően kicsi, de határozott emelkedés volt megfigyelhető, amely néhány éve megtorpant s a mutató értéke ismét csökken. 2002-ben a tüdőgondozókban nyilvántartott tbc incidencia 30/100.000 lakos volt, több mint kétszerese az EU átlagnak.

A **HIV**-fertőzések szempontjából Magyarország az alacsonyan fertőzött országok közé tartozik. Hazánkban az első HIV fertőzéseket 1985-ben azonosították. 2002-ig a nyilvántartott HIV fertőzöttek száma 1041 fő volt. Elsősorban a homoszexuális terjedés a jellemző, de az utóbbi években nőtt a heteroszexuális fertőzések aránya, a fertőzések becsült száma mintegy 3000-re tehető. 1986-ban diagnosztizálták az első AIDS beteget, 2002-ig a bejelentett AIDS betegek száma 422 fő, közülük 2002-ig meghalt 247 fő. 1990 óta nem emelkedett számottevően a bejelentett AIDS-betegek száma, nemzetközi összehasonlításban kedvező a helyzetünk.

A magyarok uniós társaiknál rosszabb életesélyeinek magyarázata nagyrészt életmódjukban keresendő. A WHO (Világ Egészségügyi Szervezet) adatai szerint míg az unióban a lakosság 29%-a dohányzik napi rendszerességgel, addig Magyarországon 34%-a. Hasonlóan magas arány csak Lengyelországban, Hollandiában, Lettországban és Szlovéniában van. Ezzel nyilvánvalóan összefüggésben van az a tény, hogy a tüdő-, illetve hörgőrákos új betegek ezer lakosra jutó száma Európaszerte csak Svájcban haladja meg a magyarországit. Alkoholfogyasztásunk szintén Európa legmagasabbjai közé tartozik. Míg az EU-ban 9,3 liter tiszta alkoholra átszámított szeszes ital fogyasztása jut egy lakosra, Magyarországon 11,6 liter.

A fentiek ismeretében megállapítható, hogy összességében a hazai lakosság egészségügyi állapota az utóbbi évtizedekben folyamatosan romlott, így a kormány meghirdette 2001-ben meghirdette az Egészséges Nemzetért Népegészségügyi Programot, későbbi nevén az **Egészség Évtizedének Johan Béla Nemzeti Programját** mely négy fő területet céloz meg:

- Politikai síkon, különleges figyelmet szentel az ifjúság kérdéseinek, az öregkor problémáinak, és az esélyegyenlőség megteremtésének
- elsődleges megelőzés érvényesítése a társadalomban: kiemelt figyelmet kap: a dohányzás visszaszorítása, az alkohol- és drogprevenció, az egészséges táplálkozás érvényesítése, az aktív testmozgás elterjesztése
- elkerülhető halálozások, megbetegedések, fogyatékosságok megelőzése területe: a koszorúér- és agyérbetegségek okozta halálozások visszaszorítását, a daganatos halálozás növekedési trendjének megállítását, visszafordítását, a lelki egészségvédelem megerősítését, a mozgásszervi betegségek és az abból eredő károk csökkentését
- az egészségügyi és népegészségügyi intézményrendszer fejlesztése.

4 Közlekedés és környezet

Dr. Tamaska László

4.1 Bevezetés

Az élet csak energiával tartható fenn. Energiaigényünket jórészt fosszilis energiahordozók elégetésével elégítjük ki. Az ekkor keletkező égéstermékek a környezeti levegő minőségét, üvegházhatású komponensei pedig a globális klímaváltozást befolyásolják. Az égéstermékek felhalmozódása a légköri hőmérséklet korábbi időszakoknál nagyobb mértékű emelkedésével jár. A klímaváltozás miatt a földi jégtakaró olvadásnak indul, ami tengerszint emelkedést és áradásokat okoz. Az áradások fokozzák a talajeróziót, ami csökkenti a földi élet növényi és vízi tartalékait

A fosszilis égéstermékek okozta üvegházhatás növekedéséhez a gépjárművek CO_2 (széndioxid)-kibocsátása is hozzájárul. A gépkocsikat hajtó tüzelőanyagok minden literéből 2,4-2,8 mg CO_2 keletkezik. Egy átlagos gépkocsi évente a saját tömegének háromszorosát kitevő tömegű CO_2 emisszióval növeli a légkörben az üvegházhatású gázok mennyiségét. A szennyezett levegő növeli a légúti és egyéb megbetegedések kockázatát. A légszennyező anyagok nemcsak életminőségünket, a környezetet, gazdaságunkat és gyermekeink jövőjét károsítják, hanem hosszabb távon magát a földi életet is veszélyeztetik.

Magyarország gépjárműállománya 2015-re várhatóan 4 millióra nő. A gépjárműállomány szállítási teljesítményének növekedésével ma más ágazatokénál nagyobb mértékű CO_2-kibocsátás növekedéssel jár együtt.

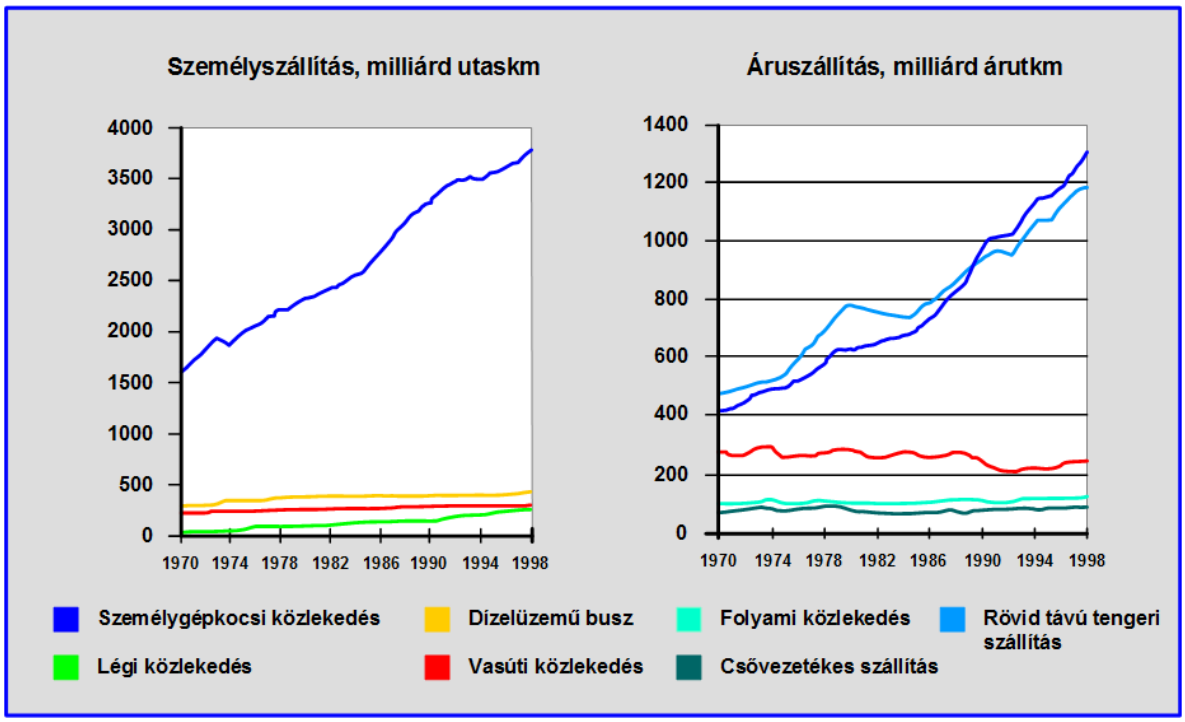
Az üvegházhatású gázok kibocsátásának nemzetközi szintű korlátozása keretében Magyarország vállalta, hogy a gazdasági tevékenységekből eredő összes szén-dioxid-kibocsátás 2000-ben és azt követően nem haladja meg az 1985-1987 közötti bázisidőszak átlagos évi kibocsátási szintjét. 2008-2012 közti időszakra pedig, a kiotói találkozón a bázisidőszakhoz képest 6%-os csökkentést vállaltunk. A politikának a gazdaság és a közlekedési teljesítmények egymással összehangolt növekedését a fenntartható fejlődés eszközeivel kell szolgálnia, hiszen a megfelelő közlekedési infrastruktúra javítja, a hiányos pedig, akadályozza a gazdaság fenntarthatóságát.

A szállítási teljesítmény az 1990-es években gyors ütemben nőtt Nyugat-Európában. Közép- és Kelet-Európában, valamint a KEKKÁ-országokban az évtized első felében csökkent, de később ismét emelkedésnek indult. (Tizenkét kelet-európai, kaukázusi és közép-ázsiai ország (KEKKÁ): Azerbajdzsán, Belorusszia, Grúzia, Kazahsztán, Kirgizisztán, Moldova, Orosz Föderáció, Örményország, Tadzsikisztán Ukrajna, Türkmenisztán, Üzbegisztán.) Európa-

szerte a környezetpolitika által ösztönzött technológiai fejlesztések, a járműpark megújítása és a csökkenő szállított mennyiség együttes hatásának köszönhetően az ágazat jelentősen csökkentette a levegőszennyezést. Más területeken − mint az éghajlatváltozás, a földterület- és élőhely- feldarabolódás, a zaj és a hulladékgazdálkodás területein − nem volt tapasztalható ilyen pozitív fejlődés. 2000-ben több mint 100 ezer ember halt meg az európai utakon. A közlekedési feltételek Közép- és Kelet-Európában és a KEKKÁ-országokban jelenleg fenntarthatóbbak, mint Nyugat-Európában, de a változások rossz irányba mutatnak. A közlekedés környezeti és egyéb hatásainak átfogó értékelésére van szükség, amely egy integrált környezetpolitikai intézkedéscsomag kidolgozásának alapját képezné, és amely felöleli a szabályozás, a beruházások, az adók és egyéb eszközök alkalmazását.

Ahogy a szállítási teljesítmény, úgy a közúti, vasúti, vízi és légi közlekedés részesedése is számottevően eltérnek az egyes régiók között. A közúti közlekedés az utóbbi évtizedek során egyre jelentősebb szerepet játszott Nyugat-Európában. Míg az 1990-es évek elején Közép- és Kelet-Európában a közlekedési rendszerben a vasúti és a tömegközlekedés töltött be meghatározó szerepet, újabban a közúti közlekedés gyorsan nyer teret a vasút rovására. A vasút piaci részesedése azonban még mindig sokkal magasabb Közép- és Kelet-Európában, mint Nyugat-Európában. A KEKKÁ-országokban a vasút pozíciója továbbra is erős, és nincs jele visszaesésnek. A repülés a leggyorsabban bővülő közlekedési módozat és az EU-ban az utasforgalomban betöltött piaci részesedése (5 %), kezdi megelőzni a vasútét. A repülés részesedése más régiókban még mindig sokkal kisebb (**16. ábra**).

A növekvő szállítási teljesítmény fokozódó környezetterheléshez vezet, különösen az éghajlatváltozással és a biológiai sokféleség csökkenéssel összefüggésben. E trendek ellensúlyozására tett jelenlegi erőfeszítések a legszerencsésebb esetben is csak a kedvezőtlen változások ütemének lassítására elegendők. Kedvezőnek tekinthető, hogy a műszaki fejlődés eredményeként a közlekedés forgalomnövekedése ellenére is csökken a közúti közlekedésből adódó légszennyezés. Ezzel együtt is többet kell tenni a városi légszennyezés problémájának megoldása érdekében.



16. ábra: Az Európai Unió (EU) szállítási teljesítményeinek alakulása az elmúlt három évtizedben

4.2 Trendek a közlekedési ágazatban

4.2.1 A szállítási teljesítmény továbbra is nő

Bár az EU közlekedéspolitikájának egyik legfontosabb célja évek óta a szállítási teljesítmény növekedésének a gazdasági növekedéstől való elválasztása, ezt a célt még nem sikerült elérni. Az EU-ban a szállítási teljesítmény folyamatosan, hozzávetőleg a gazdasági növekedés ütemének megfelelő vagy a fölötti mértékben növekedett: majdnem 20 %-kal a személyszállításban, és mintegy 30 %-kal az áruszállításban. A közúti és a légi közlekedés teljesítménye gyorsabban nő, mint más közlekedési alágazatoké.

Az EU közlekedéspolitikájának másik fontos célja, hogy 2010-re az 1998. évi szinten stabilizálja a közlekedési alágazatok egymáshoz viszonyított arányát. Az 1990-es években azonban a közúti és a légi közlekedés növekedése uralta az ágazatot, míg a többi alágazat − a vasúti, az autóbusz- és a belvízi közlekedés − általában szinten maradt, sőt némileg csökkent. A leggyorsabban fejlődő közlekedési alágazat a légi közlekedés volt, évi 5 %-os vagy ezt meghaladó növekedési ütemmel.

4.2.2 Folytatódik a közlekedési infrastruktúra bővülése

Az elmúlt évtizedben az autópálya-hálózat a régi tagállamokban több mint 12 000 km-rel, míg az új tagállamokban mintegy 1 000 km-rel bővült. Az EU transzeurópai közlekedési hálózatában a beruházásokkal főleg a nagysebességű vasúti és közúti hálózatokban meglévő, határokat átszelő szakaszok hiányának felszámolására összpontosítottak, amelyben a közúti program messze megelőzte a vasútét. Ennek eredményeként, az autópályák összvonalhossza gyorsan növekedett, miközben a hagyományos vasúti és belvízi infrastruktúra lassan csökkent.

Általánosságban az árszerkezetek nem támogatják az EU közlekedéspolitikájának céljait. A szállítási tarifák szerkezetének átalakításában lassú elmozdulás volt megfigyelhető a külső költségek nagyobb mértékű beépítése irányában, amely csökkenthetné a közlekedés és a közlekedési infrastruktúra iránti általános keresletet, és egyben optimalizálhatná a közlekedési alágazatok közötti munkamegosztást.

Például, a tarifák változatlanul a magángépkocsi-használatot ösztönzik a tömegközlekedéssel szemben. A személygépjármű-közlekedés összköltsége, amely tartalmazza mind a beszerzés,

mind az üzemeltetés költségeit, stabil maradt, miközben a többi közlekedési módozat költségei nőttek. Ez azt jelenti, hogy a személygépkocsival nem rendelkezők mobilitása csökkent.

A vasúti és a közúti közlekedés esetében sorra vezetik be azokat a jogszabályokat, melyek célja az infrastrukturális ráfordítások egy részének visszatérítése, emellett egyre növekszik az igény az üzemanyag-adó bevezetésére az EU-n belüli repülőjáratok esetében.

4.2.3 Csökken a káros szennyezőanyagok kibocsátása

Lényeges csökkenés mutatkozik a közúti járművekből származó káros szennyezőanyagok kibocsátásában. Ez a csökkenés a közúti járművekre vonatkozó EU-kibocsátási szabványoknak tulajdonítható, amelyeket az 1990-es évek eleje óta többször is szigorítottak, és ez a folyamat folytatódik. A szabályozott szennyezőanyagok kibocsátása 24 %-kal csökkenve 35 %-ra esett vissza (az adat nem tartalmazza a nemzetközi légi közlekedés és a tengerhajózás adatait).

A közúti közlekedésből adódó légszennyezés csökkenése ellenére a városokban súlyos levegőminőségi problémák mutatkoznak. További kezdeményezésekre van szükség az emberi egészséget veszélyeztető szennyezőanyag-terhelés csökkentése érdekében.

Annak biztosítása, hogy a tesztek − beleértve a dízelüzemű gépkocsik vezérlőegységének hangolását − a valós vezetési feltételeket tükrözzék, legalább olyan fontos lehet, mint a közúti járművekre vonatkozó szabványok további szigorítása. A vasúti mozdonyokra és a vízi járművekre 2005-től kezdődően vezetnek be kibocsátási szabványokat.

A légi járművek nemzetközi kibocsátási szabványai sok éve léteznek, és szigorodtak is az 1990-es években. Ezek a szabványok azonban csak a repülőtereken, illetve azok környékén korlátozzák a kibocsátást, figyelmen kívül hagyva a nagy magasságban történő repülés közbeni szennyezést, amely hozzájárul a globális felmelegedéshez.

4.2.4 Emissziós terhelési trendek

Forgalmi elemzések szerint a gépkocsik mobilitására (mozgékonyságára) jellemző átlagos járműhasználat évtizedek óta változatlan: napi három utazásból áll. Napi időmérlegünkben a közlekedésre fordított idő évek óta folyamatosan nő, mindeközben az éves átlagos futás

(összes jármű által megtett összes km) csak lassan változik. Ez csak akkor állhat fenn, ha az átlagsebesség csökken, ami a városi közlekedésben sajnos igaz is.

Belső égésű motorral hajtott gépkocsival lassan haladni olyan drasztikus károsanyag-kibocsátással jár, aminél rosszabb csak az akadályoztatott körülmények közötti agresszív vezetés, állj és indulj (stop and go) igénybevétel lehet különösen hideg motorral, télidőben.

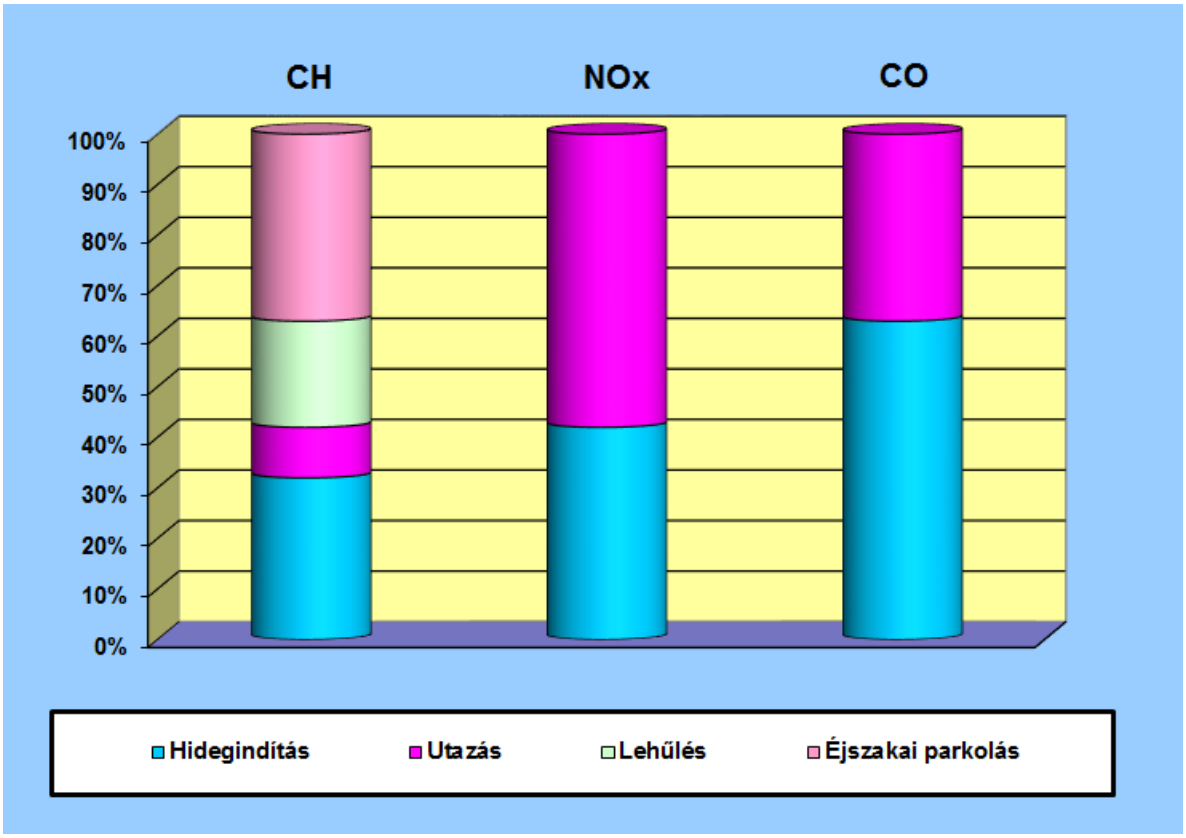
A motorizációsan fejlett országokban az éves összes futás növekedése ellenére egyre csökkenő káros anyag kibocsátást realizálnak, illetve prognosztizálnak. Az EU közúti közlekedés eredetű légszennyező emissziói a következő évtizedekben várhatóan csökkeni fog, azonban eltérő ütemben és mértékben.

Vannak azonban kedvezőtlen tendenciák is. A közlekedési szokások például az utóbbi években környezetvédelmi szempontból meglehetősen rossz irányba változtak. A járműveiket ugyanis egyre többen mind rövidebb utakra veszik igénybe. Ma az európai gépkocsiforgalom több mint fele 6, 10%-a pedig 1 kilométernél is rövidebb útszakaszokból áll. Az indítást követően a légszennyezés nagy, mert a károsanyag-kibocsátást csökkentő szerkezetek még nem melegedtek fel üzemi hőmérsékletükre. Az egyre rövidebb utakból álló átlagos városi utazások légszennyezésének nagy része a be melegedés során keletkezik. Amíg a hideg motor bemelegedéskor keletkező CO-emissziója 30 g, a felmelegedett motorral megtett utazásra eső emisszió alig 15 g. Kedvezőtlen az is, hogy bár a korszerű gépkocsik üzemmeleg állapotú motoremissziói az utóbbi években nagyságrenddel csökkentek, indítási emissziói alig változtak (**17. ábra**).

A járműmotor leállítása után a gépkocsi viszonylag lassan, mintegy háromnegyed óra alatt hűl le. A lehűlés során a még meleg motor üzemanyagából számottevő szénhidrogén-párolgási emisszió keletkezik. A 4 perces lehűlést követő újraindításkor ismét fokozott mennyiségű hidegindítási emisszió jelentkezik.

Az EU tapasztalatai azt mutatják, hogy a járművekre és üzemanyagokra vonatkozó környezetvédelmi szabályozás elősegítette bizonyos hatások szállítási egységre jutó mértékének jelentős csökkentését, különösen a légszennyezés területén. De ezek az ökohatékonyságban elért eredmények még nem elegendőek a közlekedés és infrastruktúra gyors növekedésének az üvegházhatású gázok kibocsátására, a zajszintre és az élőhelyek feldarabolódására kifejtett hatásának enyhítésére. A technológiai megoldásokon túlmenően jobban integrált közeledési és környezetstratégiára van szükség a forgalom növekedésének visszafogása és jobb, környezetbarát közlekedési módozatok használatának ösztönzése

érdekében. E kettő az EU Fenntartható Fejlődés Stratégiájának két kulcsfontosságú célkitűzése.



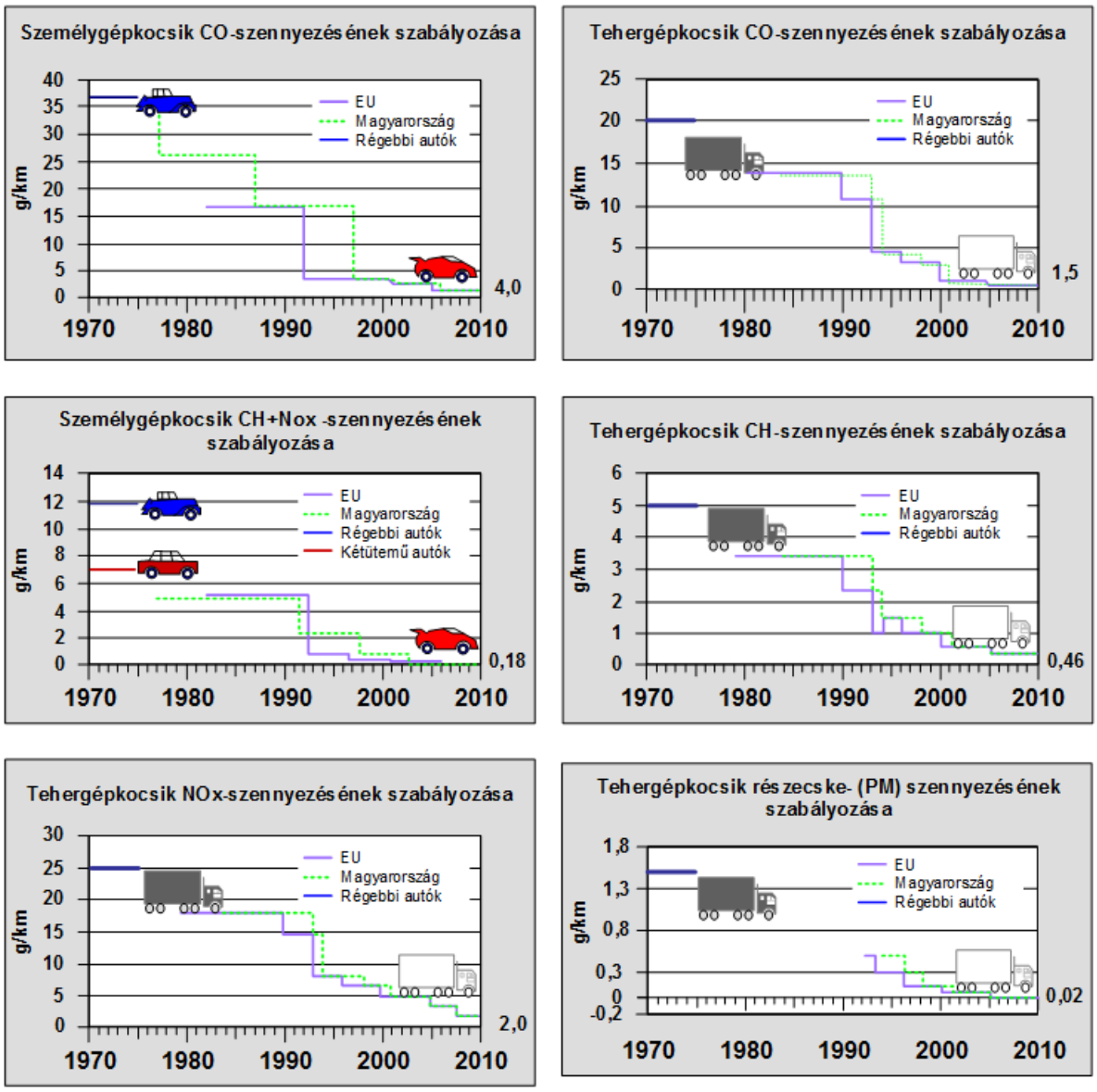
17. ábra: Az egy utazásra eső károsanyag-kibocsátások alakulása

Az autógyártó cégek és az Európai Bizottság között létrejött önkéntes megállapodás − amelynek célja az EU piacán eladott új járművek átlagos CO_2-kibocsátásának csökkentése − hozzájárult ahhoz, hogy az EU teljes autóparkjának energiahatékonysága 2%-kal javult.

Ez idáig a közlekedésből származó, egy főre jutó környezetterhelés általában alacsonyabb a tagjelölt országokban, mint az EU-n belül a kisebb szállítási igény miatt. Ugyanakkor a közúti közlekedésben tapasztalható gyors növekedés azt jelzi, hogy ezekben az országokban fennáll a veszélye annak, hogy az EU-éhoz hasonló, nem fenntartható közlekedési helyzet alakul ki. Ezen országok számára a legfontosabb rövid-távú kihívás az, hogy megfeleljenek az EU komplex és kiterjedt környezetvédelmi és közlekedési jogszabályainak, amely már most hozzájárul az ólom és más légszennyező anyagok kisebb mértékű kibocsátásához. Nem szabad azonban szem elől téveszteni azt a hosszabb időtávra szóló célkitűzést sem, hogy a szállítás iránti igényt és a gazdasági növekedést szét kell választani. A KEKKÁ-országok számára a legfontosabb rövid távú kihívások a következők: az ólmozott benzin kivonása a

forgalomból, az üzemanyag-támogatások eltörlése ott, ahol még alkalmazzák őket, a közlekedési rendszer önfinanszírozásának bevezetése az üzemanyagadókon keresztül, továbbá a tisztább üzemanyagokra és járművekre, valamint jobb vizsgálati és karbantartási módszerekre való áttérés. Hosszabb távon itt is a szétválasztás jelenti a fő kihívást.

Amint a következő diagramokból kitűnik (**18. ábra**), a közlekedési környezetvédelmi intézkedések hazánkban is eredményesen mérséklik a járművek káros anyag kibocsátását.



18. ábra:

A hazai személygépkocsik CO- és CH-kibocsátásának alakulása a jogi szabályozás hatására

A hazai új tehergépkocsik CO- és CH-kibocsátásának alakulása a jogi szabályozás hatására

A hazai új tehergépkocsik NOx és PM-es részecske-kibocsátásának alakulása a jogi szabályozás hatására

A közúti közlekedés a mai állapotában azonban nem környezetkímélő ezért nem is fenntartható. Ugyanakkor a személy- és áruszállítási igénye szabályozással legfeljebb kismértékben korlátozható. A közlekedés fenntartása, az autózás szabadságának megtartása érdekében egyre több jelentőséget kap az értelem, a meggyőzés és az ésszerűség.

Mielőtt az alternatívának tekinthető autóbuszokat, vonatokat, villamost, vagy akár a gyalogos, kerékpáros közlekedést a személygépjármű alternatívájaként elemeznénk, előzetesen meg kell vizsgálni, hogy egyáltalán melyek az egymással reálisan összemérhető városi közlekedési eszközök. A városi közlekedésben különféle elérési idővel, kényelmi és biztonsági színű vonallal jellemezhető járművekkel és módon érhetünk célba. E járművek közös jellemzője, hogy kölcsönhatásba kerülnek a környezettel, hiszen a működésükhöz energiát használnak fel, káros szennyező anyagokat bocsátanak a levegőbe, zajt keltenek, továbbá használatuk közlekedési területet igényel.

A városlakók helyi útjaik 5-15%-át gyalogosan vagy kerékpáron teszik meg. Számbavételük nélkül a városi közlekedésről nem alkothatunk megfelelő képet. Más közlekedési eszközzel való együttes városhasználatuk már csak forgalmi kapcsolódásaik és baleseti összefüggéseik miatt is fokozott jelentőségű.

Az összehasonlítást nehezíti, hogy a forgalmat igen eltérő emissziós adottságú járműáramlatok alkotják, amelyben az Euro 4-es szintű károsanyag kibocsátású gépkocsik éppúgy előfordulnak, mint a károsanyag-kibocsátás korlátozását megelőző időkben készült járművek.

A több személy szállítására alkalmas járművek fontos jellemzője a férőhely és annak kihasználása. E tekintetben a vonatok, a villamosok és az autóbuszok egy utasférőhelyre vonatkoztatott konstrukciós emissziós jellemzői sokszorosan kedvezőbbek a személygépkocsinál.

A több személyt szállító járművek fontos használati jellemzője a férőhely és a férőhely-kihasználás. Az előbbi a jármű konstrukciós adottságainak, az utóbbi az adottság kihasználásának jellemzője. Valós összehasonlításra a férőhely-kihasználásra jellemző, ténylegesen elszállított utasokat számba vevő utaskilométer használható, ezért a továbbiakban ezt tekintjük a jármű-összehasonlítás ismérvének (**19. ábra**).

Nem közömbös, hogy a gyalogosok és a kerékpárosok úgyszólván környezetszennyezés nélkül közlekednek, ezért bizonyos távolságokon belül nagyon is kedvezően javíthatják a városi környezet minőségét. Figyelemre méltó továbbá, hogy a kedvezőbbnek tekinthető

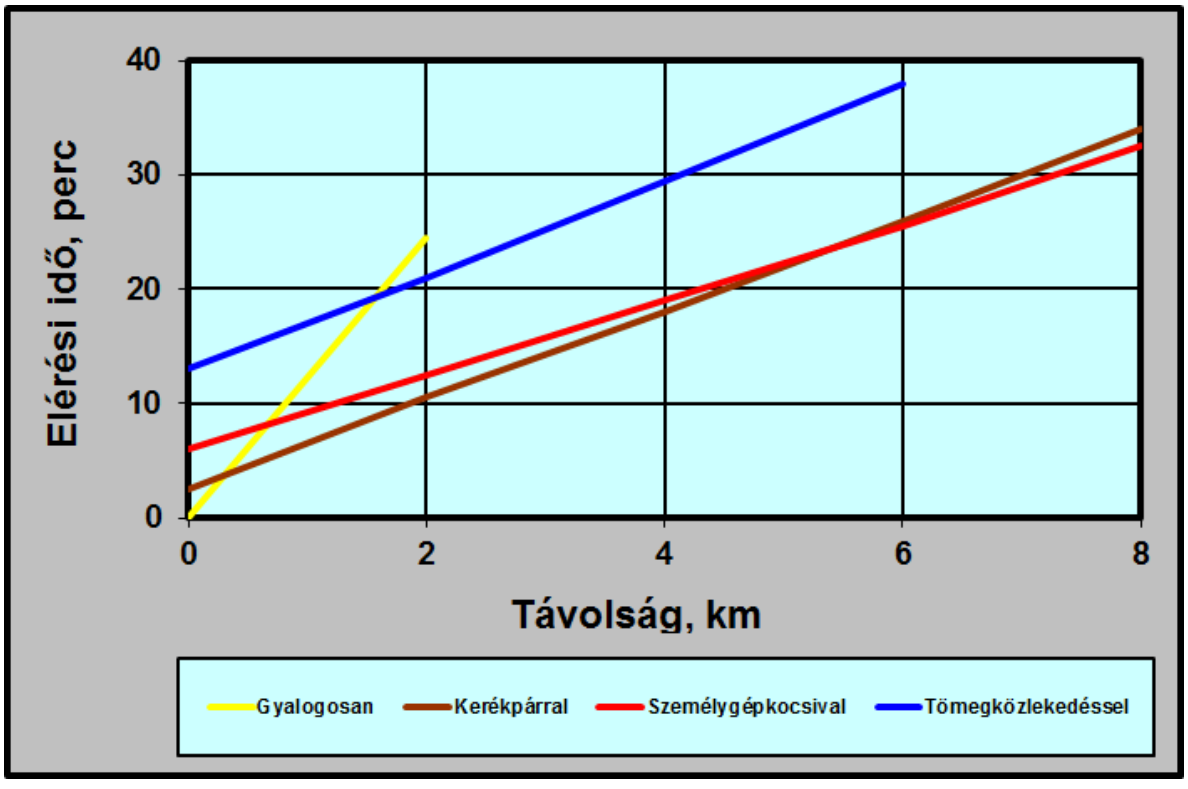
tömegközlekedés lényegében véve csak a várakozási idővel lassabb a személygépkocsinál (**19. ábra**).

4.2.5 Férőhely és kihasználás

Az autóbusz jóval nagyobb tömegű a személygépkocsinál, ezért lényegesen nagyobb az energiafelhasználása, viszont jóval több utas elszállítására alkalmas. Ezért az egy főre jutó energiafelhasználás és károsanyag-kibocsátás jóval kisebb lehet a személygépkocsinál.

A mindennapi közlekedésben azonban a legritkábban fordul elő, hogy az autóbuszok valamennyi férőhelyét utasok foglalják el, ezért a használat és környezeti jellemzők csak a ténylegesen elszállított utaslétszámra vonatkoztatva adnak valós, összehasonlításra alkalmas képet.

Az autóbuszok férőhely-kihasználása azonban így is kedvezőbb a személygépkocsikénál. Az utóbbiak kihasználtság értékei ugyanis, az összehasonlításba vont ország motorizáltságától függően, 21-23% között vannak, amíg az autóbuszoké 35-65%.



19. ábra: Percben mért városi elérési idők (várakozással) gyalogosan, kerékpárral, személygépkocsival és tömegközlekedési járművel háztól házig tartó utazás/közlekedés esetén.

4.2.6 Menetállapotok

Amíg a személygépkocsikkal és a motorkerékpárokkal − képletese szólva − a lakásajtótól a célobjektum ajtajáig (újabban az egyre távolabbi parkolóig) közlekedhetünk, a tömegközlekedés járművei „csak" megállótól megállóig járnak.

Ugyanakkor a nagyvárosi forgalomban a tömegközlekedési eszközök egyes lámpás kereszteződéseken, útsávokon áthaladási elsőbbséget élveznek. Sőt, a metrószerelvények teljesen elkülönült, más jármű által nem kereszteződő pályán közlekedhetnek. Az is igaz viszont, hogy a nagy forgalmú objektumok parkolói az objektum bejáratától néha több száz méterre esnek (**6. táblázat**, **20. ábra**).

6. táblázat: Az összehasonlított közlekedési eszközök energiafogyasztása

Jármű	Energiafajta	Energia-fogyasztás	Fajlagos fogyasztás MJ/km	Utas szám	Fajlagos fogyasztás kJ/utaskilo-méter
Szgk	Motorbenzin	6-15 l/100 km (10,4)	1,9-4,8 (3,4)	-	460-1140 (790)
Szgk	Gázolaj	3,5-11 l/100 km (8,3)	1,3-3,9 (3)	-	280-890 (670)
Autóbusz	Gázolaj	43,8 l/100 km	15,6	75	235
Midibusz	Gázolaj	40 l/100 km	14,3	66	244
Csuklós busz	Gázolaj	55 l/100 km	19,7	102	217
Autóbusz	Földgáz	55 m^3/100 km	19,5	75	315
Midibusz	Földgáz	50 m^3/100 km	17,9	66	327
Csuklós busz	Földgáz	68 m^3/100 km	24,6	102	291
Villamos	Villamos áram	28 Wh/utaskm	-	-	309
Metró	Villamos áram	22 Wh/utaskm	-	-	251

A városi járművek helyi, körzeti és globális szennyező források. Amíg az idősebb buszok jól látható füstfáklyákkal haladnak, a villamos- és a metrószerelvények látható légszennyezés nélkül közlekednek. Az összehasonlítás során azonban az úgynevezett elsődleges vagy primer energiafelhasználást is számba kell vennünk. A villamosok ugyanis nem ritkán a belső égésű motorral hajtott járművek emisszióinál is szennyezőbb erőművekből kapják a működésükhöz szükséges hálózati energiát.

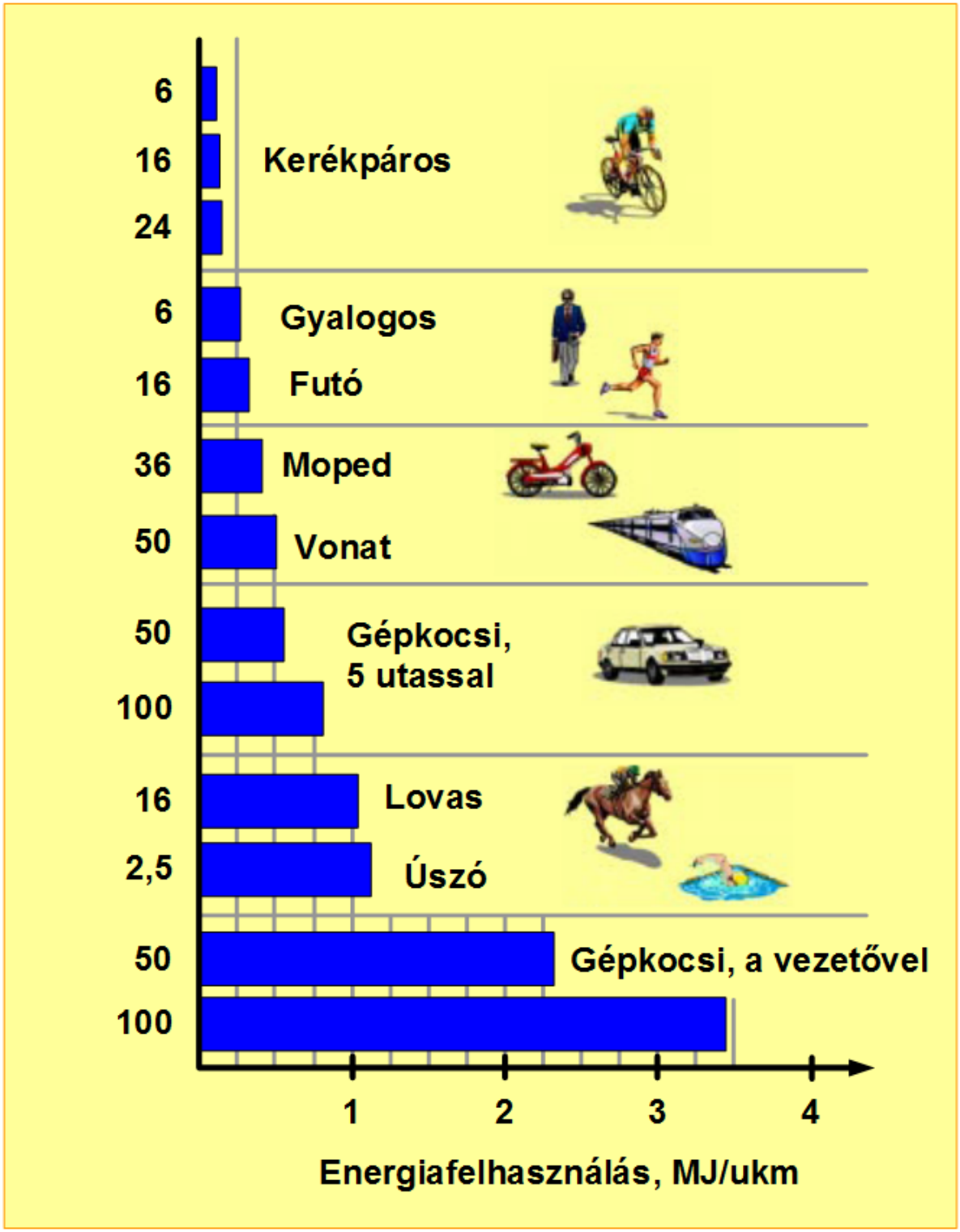
A városi járművek gyártásuktól selejtezésükig szennyezik a környezetet. A személygépkocsik a gyártáskor keletkező emissziók tekintetében is kedvezőtlen adottságúak. Amíg ennek aránya ugyanis a jármű teljes élettartamára eső károsanyag-kibocsátásnak 20%-át is elérheti, addig ugyanez a hányad a sok évig üzemeltetett autóbuszok esetében egyértelműen 5% alatt marad.

A városi járművek működtetése túlnyomórészt fosszilis eredetű energiahordozókat igényel, amelyek magas költségeik és véges készleteik miatt érdemelnek figyelmet. A városi járművek energiaellátásában a megújuló energiák részaránya a legkedvezőbb adottságú országokban sem nagyobb 4%-nál. Emiatt az energiafajták ésszerű felhasználása során döntő részben csak az energiával való takarékosság jöhet szóba.

Néhány régióban felmerül a viszonylag nagyobb földi tartalékokkal jellemezhető földgáz (CNG) hasznosítása is. Bár ez a legtisztább és legkörnyezetkímélőbb fosszilis energiafajta, technikai kötöttségei miatt a felhasználása csak nagy járműegységeken gazdaságos. Emiatt a sűrített földgáz lényegében csak autóbuszok hajtására alkalmazott energiahordozó.

A városi tömegközlekedésben alkalmazott dízelüzemű és még inkább a földgázüzemű autóbuszok az elszállított utasok számára vonatkoztatva kedvezőbb energetikai és környezetvédelmi adottságúak.

A személygépkocsik hatásfoka javult, azonban az ebből eredő CO_2-kibocsátás csökkenés mértékét jóval meghaladta a közlekedési teljesítmények növekedése. A következmény a közúti közlekedésből származó CO_2-kibocsátás mintegy 20 %-os növekedése.



20. ábra: Különböző járművek fajlagos energiafelhasználásának alakulása, MJ/utaskm

Az autóiparnak a CO_2-kibocsátások csökkentésére jelenleg érvényes vállalásai 2008–2009-ben lejárnak. Ezért szükséges tisztázni e terület jövőbeli rendszerét, kibővítve a vállalások

hatókörét a tehergépjárművekre is, biztosítva, hogy a tesztek tükrözzék a valós vezetési feltételeket és a légkondícionálókhoz hasonló berendezések használatát.

A légi közlekedés is fontos, és egyre növekvő mértékben járul hozzá a CO_2-kibocsátáshoz. A légi közlekedés teljesítménye olyan gyorsan nő, hogy az éghajlatra gyakorolt hatása hamarosan meghaladja a személygépkocsikéit; az előrejelzések szerint 2030-ra a légi közlekedés hatása kétszerese lesz a személygépkocsikéinak. A kiotói jegyzőkönyv − a nemzetközi hajózáshoz hasonlóan − a légi közlekedést sem szabályozza.

4.3 Egyes közlekedési módok emissziós kibocsátásai

Az EU országaiból a levegőbe kerülő CO_2-kibocsátás minden tizedik tonnája a városi közlekedés égéstermékeiből jut a levegőbe. A személygépkocsik éppen háromszor annyi CO_2-t emittálnak, mint a városi közlekedés egyéb járművei, amelyek közül a metró és a villamosközlekedés CO_2-kibocsátása képviseli a legkisebb részarányt.

Nagy nyári melegben az erős napsugárzás hatására a CH (szénhidrogén)-ból és a NO_x (nitrogénoxid)-ból felszín közeli ózon képződik, amely nagy koncentrációban az emberi és a természeti környezetre egyaránt ártalmas. A fotokémiai szmog káros hatása nagymértékben függ az ennek kitett személyek egyéni érzékenységétől, ami azzal jár, hogy például a fokozottan érzékeny gyerekek erős napsütésben ki sem mehetnek a szabadba. Említést érdemel, hogy a benzinmotorok ózonképző potenciálja jelentősen nagyobb a dízelmotorokénál, bár ez az újonnan fejlesztett, finom porlasztású dízelmotorok esetében némiképp kedvezőtlenebb hatású. Az elkövetkező években az Euro 5-ös szintű autóbuszok dízelmotorjai esetén a károsanyag-kibocsátás drasztikus csökkenése várható. A gázüzemű autóbuszok és a vasúti járművek működése nincs számottevő befolyással a felszín közeli ózonképződésre.

4.4 Nő az élőhelyek terhelése

A közlekedési infrastruktúra jelenléte terheli az élőhelyeket és a biológiai sokféleséget a közvetlen földhasználat, a zaj-, a fényzavarás, a légszennyezés, és az élőhelyek feldarabolódása miatt. A közlekedési infrastruktúra bővülésével egyre több kijelölt természetvédelmi területre nehezedik nyomás. A közlekedés az Európában kijelölt természetvédelmi területek átlagosan már mintegy felét érinti. Nagy regionális különbségek figyelhetők meg a népsűrűség eltéréséhez szorosan kapcsolódva, de a közlekedésnek súlyos kihatása van már az olyan távoli vidékeken is, mint az Északi-sarkvidék.

A gépjárművek égéstermékei különböző hatással vannak a természetes vizekben lejátszódó eutrofizációs folyamatokra. A túl sok tápanyag a talajnak is megárt, a túlságosan savas kémhatás úgyszintén. Közös jellemzőjük, hogy előidézésükben szintén meghatározó a gépjárművek károsanyag-kibocsátása. Az eutrófia az ökorendszer egyensúlyi zavara, amely a termőtalaj és a természeti vizek, főképp nitrogén-oxidok és szerves hulladékok okozta tápanyag- túldúsulása miatt jön létre. Az elsavanyodás pedig az üzemanyagok kéntartalmú égéstermékeinek nem kívánt, főképp a tűlevelű és a lombos erdők fáit pusztító környezetkárosító hatása.

A gépjárművek üzemanyaga többféle szénhidrogénből áll. Ezek égéstermékei között számos, az emberi szervezetre mérgező (toxikus) anyag fordul elő, szerencsére kezelhető koncentrációban. Közülük a lebegő koromrészecskék, a benzol, a benz(a)pirén (BaP) és a poli-ciklikus aromás (PAH) szénhidrogének, mint rákkeltő anyagok a legveszélyesebbek. Sajátosságuk, hogy főképp a nagyobb dízelmotorok emisszióiban fordulnak elő. Emiatt a városi autóbuszok egyébként kedvező mutatóit rontják. Perspektivikusan megnyugtató, hogy a lebegő koromrészecskékre vonatkozó Euro 4-es és 5-ös határértékek bevezetése érdemi korlátozást jelent e szennyező anyagok csökkentésében. Ezek az előírások ugyanis csak részecskeszűrő használatával teljesíthetők, személy- és tehergépkocsi esetében egyaránt.

Megoldásként szolgálhat a kibocsátott szennyezés csökkentésére a fotokémiai füstköd kialakulásának megelőzésére az ún. alternatív hajtásrendszerrel ellátott gépjárművek alkalmazása. Ezen gépjárművek típusai a következők:

- alternatív üzemanyaggal (metanol, etanol, propán, bioetanol, biodízel) hajtott gépjárművek,

- kizárólag elektromotorral hajtott gépjárművek,
- hibridhajtómű-rendszerrel hajtott gépjárművek,
- üzemanyag-cellán alapuló hajtás,
- kettős üzemanyag-rendszerrel hajtott gépjárművek.

Hibrid hajtóműrendszer esetén a meghajtáshoz szükséges energiát két vagy több, különböző elven működő erőforrásból nyerik. A gyakorlati megvalósítás során legtöbbször a belsőégésű motor és a elektromotormotor kombinációja jelenik meg. A hibrid rendszerek közé tartoznak az ún. soros hibridek, ezeknél a gépjárműveknél a belső égésű motor kizárólag a generátort hajtja, amely elektromos áramot termel a kerekek meghajtását biztosító elektromotor számára. Jobb hatásfokú a párhuzamos hibrid megoldás, ahol a belső égésű motor is képes a kerekek meghajtására. A ma kapható hibrid gépjárművekben párhuzamos rendszer működik. Az üzemanyag-cellával történő hajtás esetén az elektromos energia előállítása kémiai reakció útján, egészen pontosan hidrogén és oxigén reagáltatásával történik. A víz elektrolízisével ellentétes folyamat játszódik le; míg az elektrolízishez elektromos energia befektetése igényeltetik, addig a hidrogén és oxigén vízzé alakítása elektromos energiát termel. Az üzemanyagcellával hajtott gépjárművek elterjedéséhez szükséges a hidrogénnek a jelenleginél kevesebb környezeti hatással járó előállítási módozatainak kidolgozása.
Megjegyzendő, hogy azon túlmenően, hogy az alternatív hajtással rendelkező gépjárművek elterjedése csökkentené a közlekedésből származó légszennyező anyag emissziót, a fenntartható fejlődés alapelveinek megfelelően lassítaná a világ nem megújuló nyersolajkészletének kitermelését és felhasználását.

4.5 Összegzés

Korunkban a motorizált közlekedés nyújtotta mobilitás látszólag az élet elidegeníthetetlen része. Az élet energiával, a gazdasági élet közlekedéssel tartható fenn. Annak eldöntése, hogy járművel vagy anélkül közlekedjünk, személyes döntés kérdése. Amiként az is, hogy mikor utazunk és azt melyik úton tesszük. Éppúgy, mint annak megválasztása, hogyha utazásunkhoz járművet veszünk igénybe, akkor az milyen járműfajta milyen közlekedési mód legyen.

Az utazáshoz igénybe vehető járművek nemcsak az általuk nyújtott szolgáltatásokban, hanem az ezzel összefüggő energiafelhasználásukban és környezetszennyező jellemzőikben is különböznek egymástól.

Ezért utazásaink megkezdése előtt egyéni érdekeinkkel együtt a környezet védelmét is mérlegeljük. Így, ha nem feltétlenül szükséges, ne a környezetre legártalmasabb járműfajtán utazzunk. Sőt, ha a cél járműhasználat nélkül is elérhető, próbáljunk meg lemondani a használatáról. A nagyvárosi forgalomban ugyanis a rövid utakkal összefüggő parkolás nemcsak idő-, hanem üzemanyag-pazarló is, és szükségképpen fölös károsanyag-kibocsátással szennyezi a levegőt.

Ezt a viselkedésformát azért célszerű most elsajátítani, mert a forgalomban lévő járművek éves összes futása belátható ideig nagyobb mértékben nő, mint amilyen mértékben szennyezése csökken. Ennek eredményeképp lokálisan már ma is felléphetnek levegőminőségi problémák amelyek feloldása többnyire a motorizált közlekedés részleges vagy teljes korlátozásával történik. Ennek megelőzése, vagy legalább késleltetése mindannyiunk lehetősége: választásunknál vegyük tudomásul, hogy a környezetvédelem − annak ellenére, hogy közvetlenül még nem fizetünk érte − legalább annyira pénz, mint a fogyasztás.

5 Turizmus környezeti hatásai

Dr. Tamaska László

5.1 A turizmus lehetséges környezeti hatásai

A turizmus környezeti hatásainak mértékét és jellegét, legalább 4 faktor befolyásolja, melyhez további 4-gyel bővíthetünk:

2. az érintett terület használatának és fejlesztésének az intenzitása, melyet a látogatók számával, tartózkodási idejével, tevékenységeivel és az igényeik kielégítésére kialakított szolgáltatások elemzésével ismerhetünk meg;
3. természeti környezet ellenálló-képessége, terhelhetősége, melyet pl. a fajta-összetétel elemzésével állapíthatunk meg;
4. a fejlesztésben kulcsszerepet játszó befektető(k) elképzeléseinek időtávja, lévén pl., hogy rövid távú érdekek erőltetett kihasználást jelenthetnek;
5. a turizmus fejlesztésével együttjáró táj/terület átalakítás jellege és mértéke, pl. mesterséges látnivalók leendő hatásai.

Az eddigi négyhez hozzátehetünk további faktorokat, melyek az elmúlt 10-15 évben váltak fontossá:

6. a tulajdonosi struktúra közösségi és magántulajdon, illetve helyi és „importált” tulajdonosok;
7. a desztinációs életgörbén elfoglalt hely -felfedezéstől az újrafelfedezésig ;
8. környezetvédelmi általános és speciális szabályozók és
9. a vállalkozások önkéntes akciói.

A következőkben bemutatásra kerülő csoportosítási módszerek hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a fizikai környezetet, az abban végbemenő folyamatokat, illetve mindezek kapcsolatát a turizmussal nagyobb távlatból elemezhessük, az összefüggéseket rendszerezettebben láthassuk:

- globális és lokális hatások,
- közvetett és közvetlen hatások,
- visszafordítható és visszafordíthatatlan hatások,
- kedvező és kedvezőtlen hatások.

Elöljáróban azonban fel kell hívnunk a figyelmet néhány igen fontos általános érvényű megállapításra:

1. érzékeny ökoszisztémák esetén az ún. „első használat”, azaz a turizmus és az első turisták megjelenése képviselheti hatásaiban a legdrámaibb következményeket. A folyamatos használat már csak a többé-kevésbé ellenálló, a hatásokkal együtt élni tudó állat- és növényfajok fennmaradása mellett történik;
2. általánosan az mindenképpen elmondható, hogy ami turisztikailag értékesebb, az általában sérülékenyebb is;
3. a célterületen eltöltött (átlagos tartózkodási) idő, illetve a szezonalitás (a volumen különbségeken kívül a hatások szezon-specifikussága) szintén befolyásolja a hatások körét és jelentőségét;
4. a turizmus fizikai hatásait elemző kutatások döntő többsége a hatások bekövetkezte után történt, illetve történik és kevés a megelőző jellegű kutatás.

5.1.1 Globális vs. lokális hatások

Elsőként tisztáznunk kell azt, hogy mit is tekintünk globális, illetve lokális hatásnak. Azon folyamatokat, eseményeket értékelhetjük globálisnak, amelyek a Föld bármely élőlényére hatással lehetnek (vannak) és megoldásuk, feloldásuk csupán helyi akciókkal nem történhet meg.

A globális (pl. klimatikus) folyamatok nem statikusak, hanem dinamikusak, azaz időben változók. Kialakulásuk, megjelenésük, illetve emberi észlelésük akár évekig is eltarthat. Ugyanez érvényes megszüntetésük, illetve a velük való együttélésünk megszervezésének időszükségletére is.

Lokálisnak tekinthetjük azon hatásokat (pl. parkolási gondok), amelyek csak viszonylag jól körülhatárolható területen figyelhetők meg. Ebből következően a lokális hatások menedzselése könnyebb lehet, mint a globális hatásoké.

A globális vs. lokális problémák és az erre adandó válaszok érdekes vizsgálati lehetőségeket vetnek fel. Elképzelhető-e, hogy a turizmus képes hatással lenni globális változásokra, illetve alkalmazkodni azokhoz? Lehetséges-e, hogy egy (lokális) tevékenység vagy folyamat kivonhatja magát a globális folyamatok alól?

A **7. táblázat** ezekre a kérdésekre próbál néhány példával választ adni. A táblázat oszlopaiban a két szint, azaz a globális, illetve a lokális jelenik meg. Felsorolásra kerül néhány jelenleg fontos környezeti probléma, illetve a turizmus által e problémákra adható válaszok. Ebben az esetben figyelembe kell venni azon globális folyamatokat, amelyek a

turizmusra hatnak (bár melyek nem hatnak?), illetve mindazon válaszokat, amelyeket a turizmus tud ezekre adni. Lokálisnak tekinthetünk mindent, ami helyi közösségeket, attrakciókat érint, illetve mindazt, amit e közösségek és attrakciók tesznek annak érdekében, hogy reagáljanak a környezeti kihívásokra. (A reakciók célterületenként természetesen mások és mások lehetnek.)

7. táblázat: Globalitás és lokalitás

Globális szint		**Lokális szint**	
GLOBÁLIS PROBLÉMÁK	GLOBÁLIS PROBLÉMÁK	LOKÁLIS PROBLÉMÁK	LOKÁLIS PROBLÉMÁK
Ózonpajzs elvékonyodása	Energiaforrások kimerülése	Tóvizek szennyezése	zsúfoltság
GLOBÁLIS MEGOLDÁSOK	LOKÁLIS MEGOLDÁSOK	GLOBÁLIS MEGOLDÁSOK	LOKÁLIS MEGOLDÁSOK
Freonok kibocsátásának csökkentése	helyi nyersanyag, energiaforrás	vízkezelési, fogyasztási, technológiai újítások	zónázás

A táblázatot lehetne tovább is részletezni, nemcsak egy-egy, de több hatást, illetve választ megemlítve. Értelemszerűen számunkra azok a jelenségek és válaszlehetőségek a fontosak, amelyek a turizmust leginkább érintik, illetve amelyek bevezetésével, alkalmazásával a turizmus tevékenyen hozzá tud járulni a fizikai környezet megóvásához.

A **Globális-Globális** mező az egyik legismertebb környezeti problémát, az ózonpajzs vékonyodását tartalmazza (bár ennek a problémának a jelentőségét legalább annyian vitatják, mint amennyien hangsúlyozzák). Az egész emberiségre fenyegetést jelentő folyamat megállítására csak akkor van lehetőség, ha minden ország elkötelezi magát az ózonkárosító anyagok (főleg a freon-származékok és a CO_2) kibocsátásának és az ilyen hatással járó tevékenységeknek (például a széntüzelésnek vagy az autóhasználatnak) a korlátozására. Ha ez az elkötelezettség nincs meg, illetve ha a végrehajtás hiányos és lassú, akkor a helyi reakciók, mint például egy szálloda klíma- és hűtőrendszerének átalakítása (az energiatakarékosság és a freon-mentesítés jegyében) bár rendkívül fontosak, de csak egy-egy cseppet jelentenek a tengerben.

A **Globális-Lokális** mező olyan, a turizmusból származó példát említ, amely hozzájárulhat egy turisztikai régió vonzerejének fennmaradásához. A nyersanyagok és energiahordozók kitermelhető mennyiségének fokozatos csökkenése vagy egyes élelmiszerek helyi helyettesítő termékekkel való kiváltásának szükségessége miatt egyes üdülőhelyek rákényszerülnek arra, hogy minél inkább a helyi nyersanyagokra támaszkodjanak. Előtérbe kerül az alternatív (adottságoktól függően − szél-, nap-, vízi-, bio − energiaforrások minél hatékonyabb felhasználási körülményeinek a megteremtése, a megfelelő technológia alkalmazására való törekvés, illetve a helyi termesztésű élelmiszerek felhasználása. Ezek az alternatív lehetőségek nemcsak a globális folyamatok miatt kerültek a figyelem középpontjába, de a fenntarthatóság, a helyi társadalom és gazdaság hosszú távú érdekeinek szempontjából is.

Számos igen frekventált turisztikai régióban, célterületen, főképpen vízpartokon (többek között a Balatonnál vagy a Földközi-tengernél) jelentős probléma a tisztítatlan, illetve a nem három fázisban tisztított szennyvizek vízszennyezése (**Lokális-Globális** mező). Ezt alapvetően inkább lokális jellegű problémának nevezhetnénk, de a környezet nyitottságából adódóan ezek a szennyezések összeadódhatnak és olyan helyeket is érinthetnek, amelyek alapvetően vétlenek a szennyezés létrehozásában. A hatékonyabb technológiák (például aktív szennyvízlebontás biológiai úton) hozzásegíthetnek ahhoz, hogy más területek is mentesüljenek a terhelés alól.

A **Lokális-Lokális** mezőben szereplő példa, a zsúfoltság kérdése például védett területek, nemzeti parkok esetén súlyos probléma, ha a természeti környezetre gyakorolt hatásokat vizsgáljuk, de ugyanúgy fejfájást okoz a történelmi attrakciókat vezetők számára is. A zsúfoltság zavarja az ott lakókat és csökkenti a turisták élményének minőségét is.

Megállapíthatjuk, hogy a turisztikai termék alkotóelemeinek jelentős része (különösen az attrakciók, de részben a szálláshelyek és a vendéglátóhelyek is) elszenvedik a globális környezeti folyamatok hatásait, azokra adaptív (alkalmazkodó), jobb esetben preventív (megelőző) akciókkal válaszolnak. A lokális hatások tekintetében azonban a turisztikai szolgáltatások egyrészt maguk jelentik a fő (lokális) szennyezési forrást, másrészt közvetve maguk is hozzájárulnak a globális folyamatokhoz.

5.1.2 Közvetlen és közvetett hatások

A turizmus fizikai hatásainak közvetett vagy közvetlen volta másképpen értelmezendő, amint az a gazdasági hatások esetében általánosan elfogadott. A gazdasági hatásoknál a turisták költése jelenti a közvetlen hatást és minden más közvetettnek vagy indukáltnak számít. A fizikai hatások vizsgálatában azonban ez a kategorizálás más értelmezésben adaptálható. Ezt a rendszert folyamatként kell kezelni, melyet a következő példával lehetne illusztrálni:

- **Közvetlen hatás**, mely a turisztikai jellegű tevékenységektől és nemcsak a turistáktól származik - pl. szálláshelyek hatásai,
- **Közvetett hatás**, melyek a turizmushoz kapcsolódó tevékenységek következtében jöttek létre pl. a kiskereskedelem hatásai,
- **Indukált hatás**, melyek nem turisztikai tevékenységek hatásai, de nem jönnének létre, ha a turizmus nem lenne jelen, pl. felhagyás a szőlőtermesztéssel. Ez az értelmezés ismét arra utal, hogy a turizmus fizikai hatásai nem azonosíthatók a turisták hatásaival, vagyis a közvetlen hatásokba mindazok beletartoznak, amelyeket a turisták és a turizmus szektor vállalkozásai elsődlegesen okoznak.

Az egyik legszembetűnőbb közvetlen (direkt) hatás a szemetelés vagy a növényzet letaposása, míg a közvetettek (indirektek) közül pl. a szemétkezeléssel járó problémák. Az indirekt hatások hosszabb idő után válnak csak egyértelművé és számos esetben nehezen lehet elkülöníteni a létrejöttükben közreműködő más okozókat (például a lakosságot) a turizmustól. Általánosan is érvényes szabály, hogy a közvetlen hatások sokkal korábban észlelhetőek még az ún. „átlag-ember” számára is, mint a közvetett hatások. A turizmus hatásai legközvetlenebbül a gazdasági mutatókban jelentkeznek. A turisztikai tevékenységgel együtt járó kiadások és bevételek meghatározása (általában) könnyebb, mint a környezetben történt változások pontos mibenlétének felderítése.

A közvetlen és közvetett hatások azonosítása és szétválasztása nem okoz akkora nehézséget egy olyan térségben, amely szinte kizárólag a turizmustól függ (például a Kanári- vagy a Maldív-szigeteken), mint egy többfunkciós, több gazdasági tevékenységben is érdekelt régióban (például Budapesten). Az előbbi esetben megállapítható, hogy a közvetett és a közvetlen hatások a turizmus miatt, annak kiszolgálása érdekében jelentkeznek, hiszen a turizmuson kívül más számottevő gazdasági tevékenység alig van. Az utóbbi esetében igen problematikus lenne annak meghatározása, hogy milyen szerepet játszik a turizmus a

környezet közvetlen és közvetett terhelésében, hiszen a fővárosban számos más szolgáltatási és ipari tevékenységet is végeznek.

Az épített és a természeti környezetre gyakorolt hatások esetében a közvetett-közvetlen felosztás szerint több különbséget fedezhetünk fel, mint a globalitás-lokalitás viszonylatában. Általában több közvetlen hatás figyelhető meg a természeti környezetre vonatkozóan, mint az épített környezetet illetően. Az épített környezet elemei (például utak, épületek, kábelek) már csak alapanyagaik miatt is „ellenállóbbak", mint a természeti környezet (például fák, virágok, cseppkövek). Az épített környezetre gyakorolt hatások inkább hosszabb távon érvényesülnek (bár már az első olyan épület megtörheti egy desztináció harmóniáját, amely nem az adott térségre jellemző stílusban épült) és talán még inkább összetettek, mint a fizikai környezetre gyakorolt hatások. Például a településkép megváltozása esetén általában közvetett jellegű a hatás, hiszen ennek okai lehetnek a látogatók eltérő ízlésvilágát kielégíteni szándékozó tulajdonosok, illetve a turisztikai bevételeket (is) építkezésre költő vállalkozások, lakosok építkezései éppúgy, mint a divat változásai.

5.1.3 Visszafordítható és visszafordíthatatlan hatások

Akkor nevezhetünk egy hatást (legyen az pozitív vagy negatív) **visszafordíthatónak**, ha (rövidebb vagy hosszabb távon) az eredeti, vagy ahhoz hasonló állapotot helyre lehet állítani, míg **visszafordíthatatlan** az, amikor erre már nincsen lehetőség. Visszafordítható lehet a parkosítás vagy a reklámfeliratok kihelyezése, míg visszafordíthatatlan lehet egy faj kihalása. Egy hatást visszafordíthatónak gyakran csak hosszú távon (több év után) tekinthetünk. A növény- és állatvilágra gyakorolt hatások esetén ez mindenképpen így van, hiszen növényeket és állatokat visszatelepíteni és újra honossá tenni vagy élőhelyeiken számukra megfelelő életkörülményeket kialakítani általában több év alatt lehet csak. Vannak ún. „kvázi-visszafordíthatónak" tekinthető hatások is, amikor az adott hatást ugyan visszafordíthatónak tart(hat)juk, de rendkívül alacsony annak a valószínűsége, hogy ez valóban meg is fog történni, illetve a megszüntetés költségei olyan magasak, hogy a visszafordíthatóság a gyakorlatban teljességgel elképzelhetetlen, bár elméletileg megvalósítható lenne pl. a beépítettség csökkentésének kívánalma.

Általános érvényűen nem lehet kijelenteni azt, hogy a természeti környezetre gyakorolt hatások könnyebben lennének visszafordíthatóak, mint az épített környezetre gyakorolt hatások vagy akár fordítva. A turizmus hatásainak típusai hasonlóak lehetnek minden

turizmus által érintett területen, de konkrét megjelenési formájuk, kiterjedésük és nagyságuk, valamint a környezet hatástűrő képessége más és más lehet minden közegben.

A **8. táblázat** a fizikai hatások kimutatásához, illetve az azokra adott reakciók azonosításához ad segítséget, felbontva a hatások folyamatát kiváltó tevékenységekre, a hatás formájára és a közvetlen környezeti, illetve emberi reakcióra.

Egy-egy hatás egyszerre lehet pozitív és/vagy negatív, illetve megjelenhet közvetett és/vagy közvetlen formában is, mint az látható lesz a következőkben. Lehet, hogy egy település képét illetően vagy a helyi lakosság észlelése szerint pozitívnak tekinthető a beépített területek növekedése, míg természeti környezeti szempontból a fokozott beépítés a zöldfelületek csökkenését jelenti, ami ebből a megközelítésből egyértelműen negatív változás. A lakosság, a turisták és a döntéshozók számára ebből következően ugyanaz a hatás lehet kedvező, káros és „nem létező" akár egyidőben is. Ezért szükséges a megítélés vizsgálata, illetve az eredmények összevetése a valóságban mért adatokkal.

8. táblázat: A turizmus és a fizikai környezet kapcsolatának elemzése

Hatást kiváltó tevékenység	**Hatás**	**Közvetlen környezeti reakció**	**Közvetett emberi reakció**
1. állandó jellegű környezetátalakítás, jelentősebb építkezések Települések terjeszke-dése, Közúti hálózat fejlesztése, Turisztikai szolgáltatások Kikötők/védőművek Síliftek, Infrastruktúra	Lokális fizikai környezet átalakítása Beépített területek növekedése Kivonás elsődleges használatból	Elvándorlás, Zavarás, Betelepülés, Fajössze-tétel változása, Emberi jólét egészség változá-sa, Vizuális változások	*Egyéni:* esztétikai értékek változása *Közösségi:* környezetvédelmi beruházások megőrzési projektek védett területek kijelölése használat korlátozása

Hatást kiváltó tevékenység	**Hatás**	**Közvetlen környezeti reakció**	**Közvetett emberi reakció**
2. Szennyező kibocsátás	Terhelés növekedése	Minőség megváltozása:	***E**gyéni/**K**özösségi védekező reakciók*
urbanizáció közlekedés	hulladék zaj káros kibocsátások szennyvíz	levegő vizek talaj élőlények humán egészség	**E** Lakosok: tiltakozás, újrafelhasználás, attitűd-változás Turisták: környezeti attitűd válto-zása, elmaradás **K** környezeti díjak visszaforgatása, használat korlátozása, szennyezett területek tisztítása
3. Turisták tevékenységei	Letaposás	Elvándorlás	*Közösségi védekező reakciók*
természetjárás, fürdőzés, sízés, vadászat	Fajok veszélyeztetése/za-varása	Zavarás, Betelepülés, Faj-összetétel változá-sa, Kipusztulás, Alkal-mazkodás	megőrzési projektek védett területek kijelölése használat korlátozása
4. Lakosság létszámának változása	Lakosság területi eloszlása/sűrűsége	Zsúfoltság	*Egyéni* attitűd változása

5.2 A turizmus pozitív és negatív fizikai hatásai

Már említésre került, hogy a turizmus hatásai nem egyenlőek a turisták hatásaival. Ebből következően a tézisjavaslatokban felvázolt és a fejezet végén bemutatásra kerülő Turisztikai

Tevékenységek Hatásmodellje a turizmushoz kapcsolódó tevékenységek lehetséges hatásait mutatja be, melyek nem feltétlenül vannak közvetlen kapcsolatban a turistával.

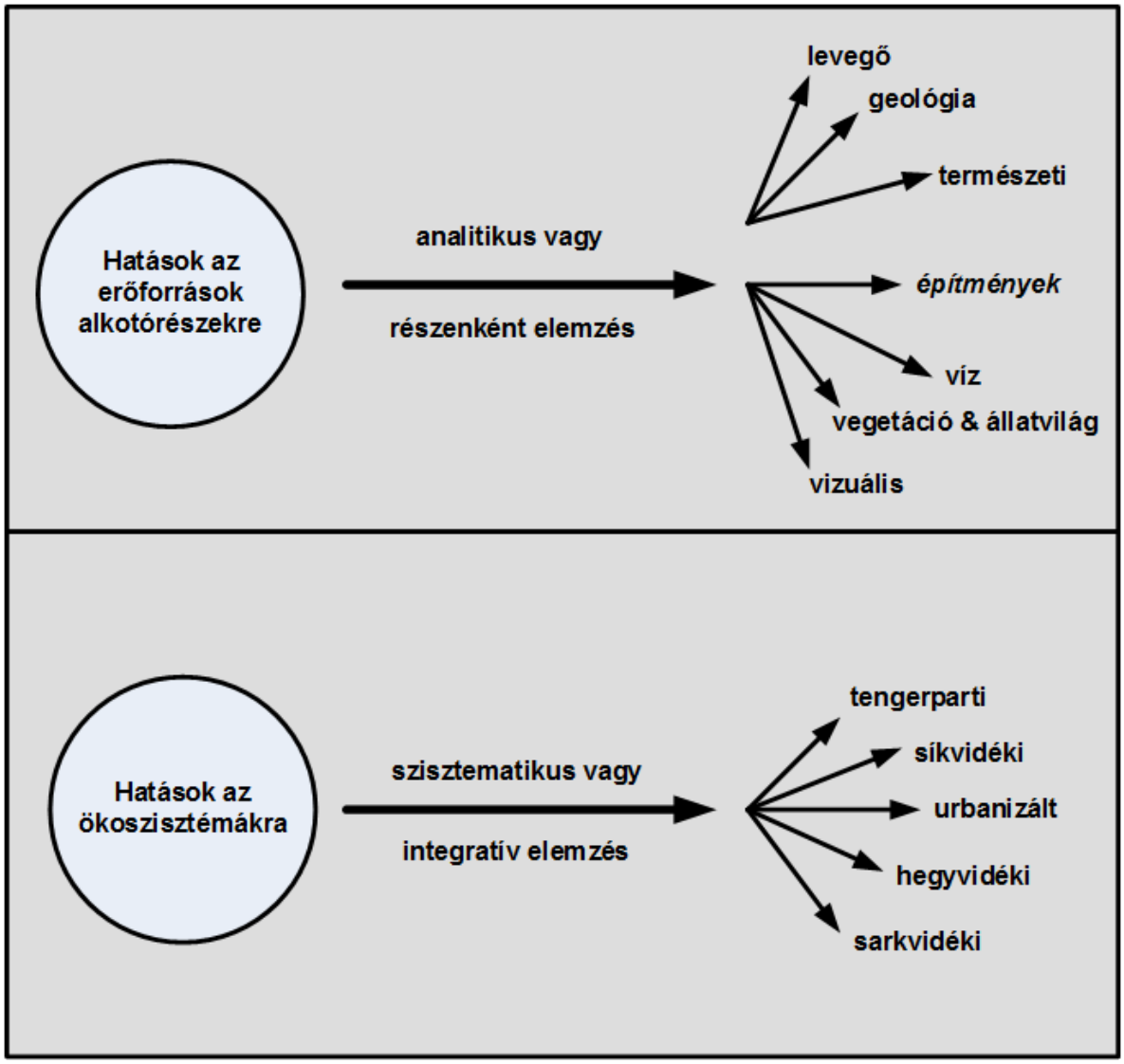
A leggyakoribb csoportosítási ismérv az, ha a hatások kedvező/kedvezőtlen voltát vesszük figyelembe, azaz pozitív és negatív hatásokat különböztetünk meg. Ha a turizmusnak tulajdonítható negatív hatásokat kell említeni, többnyire igen egyszerű és kézenfekvő válaszok adódnak. „A turista zajos, szemetel, randalírozik, rongál, letöri, elviszi...". Az egyes negatív hatások elsősorban akkor kerülnek a figyelem középpontjába, ha azt a turisták követik el, illetve ha azok a turisták miatt jelentkeznek. Ha ugyanazon károsító tevékenységet a lakosok végzik, azaz az nem a „turizmus hatása", akkor az gyakran kevésbé tűnik problémának.

A turizmus által a fizikai környezetben eredményezett pozitív hatásokat már nehezebb említeni és többnyire a média sem szentel akkora figyelmet ezeknek. Leggyakrabban nem is a turizmusnak tulajdonítják a hatást. Ennek egyik oka (mint majd látni fogjuk) az, hogy a pozitív hatások inkább közvetettek, míg a károsak inkább közvetlenek.

A turizmust elsősorban kedvező gazdasági hatásai miatt fejlesztik és támogatják. A turizmus pozitív környezeti hatásait leginkább a gazdasági hatások közvetítésével érhetjük tetten. A pozitív gazdasági hatások jelentik az alapot számos, a környezetet javító és megőrző feladathoz, melyeket e forrás nélkül nehezen lehetne csak kivitelezni - például a személyes jövedelmek biztosítják a lakóhely állagának javítását, a kertgondozást; a beszedett adókból lehet a közterületeket karbantartani, infrastrukturális fejlesztéseket végezni stb.

A fizikai hatások (**21. ábra**) elemzésének két nagyobb csoportját különböztethetjük meg:

1. az analitikus módszert, mely a fizikai környezet főbb elemeivel egyenként foglalkozik
    - Levegőminőség
    - Geológia
    - Vízminőség
    - Természeti erőforrások kimerülése
    - Vegetáció és állatvilág és a
    - Vizuális hatások kérdéseivel, illetve a
5. az ún. szisztematikus vagy integratív módszert, mely ökoszisztémák szerinti bontásban vizsgálja az egyes hatásokat.



21. ábra: A fizikai hatások csoportosítása

Egyik elemzési rendszer sem fordít azonban megfelelő súlyú figyelmet az épített környezetben bekövetkezett változásokra. A fenti integratív rendszeren belül, a tengerpartok és a hegyvidékek rendszerén belül kerül megvizsgálásra az épített környezet elemeire gyakorolt hatások összessége.

A hatások bemutatása során, a két rendszert ötvözve, érdemes megvizsgálni az analitikus vizsgálati rendszer elemein kívül, az empirikus kutatás módszer helyszínét az ökoszisztémát is

5.2.1 Hatások a természeti környezetre

5.2.1.1. A levegő minősége

A levegőminőség romlása, az ózonlyuk nagyobbodása, a kémiai elemek feldúsulása a légkörben leginkább a modern kor ártalmainak tekinthető. A turizmusban a legkézenfekvőbb levegőszennyezést okozó, az előbbi hatások kialakulásához és növekedéséhez hozzájáruló (**gázt és gőzt kibocsátó**) tevékenység a (főként közúti és légi) közlekedés (személyautók, buszok, illetve polgári repülőgépek), de nem hagyhatjuk ki a vendéglátó- és szálláshelyeken, illetve az attrakciók területén működő (fűtő)eszközök kibocsátásait sem. (Ezen kibocsátások nagyobb része CO_2, CO és NO_2, illetve különböző freon-származékok.)

Minél nagyobb egy terület forgalma, annál jelentősebb lehet a levegő minőségét romboló hatás. (A létszámok változásához kötődő hatásnövekedés a levegő minőségén kívül még megemlíthető a vízfogyasztással, a szennyvízkezeléssel, a fokozott használattal és a zsúfoltsággal kapcsolatban is.)

A kőolajszármazékok (közlekedés és fűtés során történő) elégetésén kívül meg kell említeni olyan, talán kevésbé kézenfekvő hatást is, mint a **hőszennyezés**, amely szintén a levegőminőséget befolyásolja. A szállás- és vendéglátóhelyek és egyéb épületek, illetve a közlekedési eszközök hűtése (azaz a légkondicionálás) is jelentősen emelheti a külső környezet hőmérsékletét.

Szintén kevésbé egyértelmű hatás lehet (főképpen a közlekedés és a vendéglátóhelyek esetén) kellemetlen **illatanyagok** kibocsátása pl. egy strandon a lángossütő környezetében. Bár egy cukrászda illata például kellemes élmény is lehet.

Nem felejthetjük ki a levegővel kapcsolatos hatások közül a **zajhatásokat** sem, amelyek éppúgy származhatnak a (légi, közúti, vasúti vagy vízi) közlekedéstől, mint a vendéglátástól, az attrakcióktól vagy építkezésektől (A 65 dBA fölötti környezeti zajterhelést egészségkárosító hatásként kezelik, míg a 30 dBA fölötti éjszakai zajszint már alvászavaró lehet. Általában a zaj leginkább a lakosságot zavarja, illetve életterének elhagyására késztethet néhány állatfajt. A vendégeket is zavarhatja a zaj még akkor is ha a zajszennyezést gyakran az ő szórakozási tevékenységük − például disco vagy gokartozás − váltja ki. A közúti közlekedés zajhatását hangszigetelő falakkal, erdősítéssel próbálják csökkenteni, míg a légi közlekedésben a 2002.04.01-ig kellett lecserélni minden zajos („Chapter 2” kategóriájú)

gépet, illetve a repülés időbeni (pl. éjszakai) korlátozásával szorítják elviselhető korlátok közé a lakott területek zajterhelését.

Az előbbiekkel ellentétben, **pozitív** hatások sokkal kevesebb említhető. Olyan közvetett hatásokat sorolhatunk ide, mint pl. a turizmus érdekében vagy miatt az autóforgalom elől lezárt területek levegőminőségének kedvező változása (ilyen területre lehet példa a gyógyhelyek központi magja vagy bevásárló/vendéglátó utcák). Hozzá kell azonban tenni, hogy a lezárás kedvező hatásai csak az adott szűk területen érvényesülhetnek, mert a látnivalót megtekinteni vágyók közlekedési eszközeiket valahol le kell tegyék, ez pedig a lezárt terület (sokszor közvetlen) környezetében koncentrált szennyezést jelenthet. A kedvező gazdasági hatásokon keresztül pedig elképzelhetőek technológiai fejlesztések, melyek segítségével csökkenthetők a káros kibocsátások.

5.2.1.2. Geológiai problémák

A geológiai hatások mibenléte és súlyossága alapvetően függ a terület topográfiai, klimatikus és hidrológiai adottságaitól. Mészköves aljzatra épített turisztikai kiszolgáló egység/vonzerő esetén sokkal súlyosabb problémát okozhat a szennyezett vizek elszivárgása (a karsztvizeket közvetlenül szennyezve), mint egy bazalt alap esetén. Elsősorban a talajra gyakorolt hatásokat kell említeni, beavatkozással melyek lehetnek a talaj struktúrájába, levegőtartalmára, hőmérsékletére, nedvesség tartalmára és szervesanyag összetételére egyaránt. A fizikai környezet geológiai jellemzőit érintő hatások közül „leglátványosabban” a **szemetelés** következményei mutathatók be. A be nem gyűjtött és lebomlani képtelen hulladék látványként sem túl vonzó, a talajba kerülve pedig akár mérgező vegyületeket is juttathat oda. Sajnos sok helyen láthatunk vízpartokon eldobált szemetet vagy olyan kukákat parkokban, erdőkben, amelyekből az ürítés ritkasága miatt kicsordul a szemét. Ha egy üdülőterület nem felel meg olyan elemi követelményeknek sem, mint például a megfelelő számú és sűrűségű utcai szemétgyűjtő kihelyezése, illetve gyakori ürítése, akkor nem biztos, hogy csak a turistákat, illetve a turizmust magát hibáztathatjuk a szennyezésért.

A szemetelés azonban csak egy része mindannak, amit a geológiai összetevőkre gyakorolt hatások esetén el kell mondani. Közvetetten jelentkező hatásként mindenképpen meg kell említeni a közlekedés miatt a levegőbe került nehézfémeknek (például az ólomnak) a savas esők közvetítésével a talajba való **bemosódását.**

Ugyancsak meg kell említeni a tisztítatlan **szennyvizek** talajba kerülését. Ez nem kifejezetten a nagyfogyasztók (mint például szállodák) esetén jelentős probléma, hanem a kisebb, elszórtan elhelyezkedő turisztikai vállalkozások, vendéglátóhelyek, egyéni szobakiadók viszonylatában. A lakosság jelentős része gyakran még olyan helyeken is a saját, ún. ülepítős rendszerű gyűjtést (is) választja, ahol a csatornahálózat ki van építve. Ennek főleg gazdasági okai vannak, hiszen a csatornázottság általában magas csatornadíjat is jelent, amelyet ezekkel a ülepítőkkel próbálnak csökkenteni - jobb esetben egymás mellett használva mind a két rendszert. Nem az ülepítőkkel mint gyűjtőkkel van probléma, hanem a ülepítőkön keresztül a talajba szivárgó szennyvízzel.

Az elszivárgó víz nemcsak a talajt, de hosszú távon a felszíni és a felszín alatti vizeket is szennyezheti. A talaj és a vizek kapcsolata szinte elválaszthatatlan, hiszen általában a talajba a vízen, csapadékon keresztül jut be bármiféle anyag, így a szennyező anyagok is. Ugyancsak mindkettőt érintő probléma a sokszor tapasztalható és a közúti közlekedéssel kapcsolatos szennyezés: a személyautók mosásából, olajcseréiből származó bemosódások. Ezt éppúgy láthatjuk benzinkutak esetén, mint szabad strandokon (záróra után) vagy üdülőterületek nyaralóinak kertjeiben.

A talajszennyezés talán még kevésbé látható módja a vasúti közlekedéshez kapcsolódik. A Magyarországon jelenleg futó vasúti kocsipark döntő többsége szabad kifolyású toaletteket használ, azaz minden hulladék először a pályára kerül, onnan pedig a szél széthordja.

A turizmus okozta **erózió** (a talaj/fedőréteg egységének megbomlása, a termőtalaj eltűnése) főképpen hegyvidéken megfigyelhető jelenség. Különösen a vékony talajréteggel borított területeket érinti súlyosan, mert ha egy helyen az összefüggő réteg (pl. építkezéskor) megbontásra kerül, akkor a következő nagyobb eső vagy szél folytathatja a talaj eltüntetését és a folyamat lehet, hogy megállíthatatlanná válik, a növénytakaró (a növények és állatok élettere) pedig vészesen csökkenni kezd. Ezért, bár alapvetően a lovaglást vagy kerékpározást „zöld” tevékenységnek tartják, adott (pl. hegyi) környezetben ezek is romboló hatásúak lehetnek, mert megbontva a vékony talajréteget, elősegítik a terület erózióját. Ugyanakkor az is elképzelhető, hogy pl. az erdőgazdálkodás okozta eróziós folyamatokat a területen létesülő turisztikai létesítmény kedvezően befolyásolja.

A geológiai képződményekhez tartoznak a barlangok és a hegyek is. Mindkettőt érdemes kicsit részletesebben megvizsgálni az esetleges hatások szempontjából, ugyanis a turisztikai vonzerők között kitüntetett szerepük van. A **barlangok** általában a legtöbb turista számára

izgalmasnak, talán félelmetesnek is tűnnek, így azokat előszeretettel látogatják. A kifejezetten a turisták igényeinek megfelelő utakkal és világítással kiépített (cseppkő-) barlangok esetén a hatások (például zsúfoltság, nagy látogatószám) másként jelentkeznek, mint profi barlangászat (kisebb csoportok) esetén. A turistabarlangokban előforduló hatások (többek között a zaj, a hő, a fény, a szemét, az élőhelyzavarás) talán legkülönlegesebbike a rongálás, amely lehet szándékos, de véletlen is. Ez utóbbi akkor történik meg, ha a látogató megérint egy cseppkövet. A cseppkövek tulajdonsága, hogy nagyon lassan nőnek és ha valaki megérinti azokat, akkor mindörökre akár véget is vethet növekedésüknek. Ennek oka az, hogy az emberi bőrön levő viasz jellegű réteg megakadályozza újabb mészrétegek megkötődését.

A **hegymászás** különleges sport és szabadidős tevékenység. A hegymászók megszállott emberek, akik ezer kilométereket is megtesznek egy hegycsúcs meghódításáért. A geológiai jellegű hatás ez esetben egyrészt a sziklák meglazítása a hegyoldalakba vert rögzítők által, az ebből következő − a hegymászóra is veszélyes − kőomlás, másrészt az, hogy a felszíni sérülések miatt a szél, a fagy és az eső könnyebben tudja megbontani a sziklafalat.

A geológiai hatások közül utolsóként a **tömörödést** kell megemlíteni. Tömörödés akkor jön létre, ha egyazon területen folyamatos vagy esetleg egyszeri, de jelentős látogatóforgalom van. A vendégek lejárják a nyílt területet, így csökkentik a talaj oxigén- és vízáteresztő képességét. Ez utóbbi adott esetben lehet pozitív hatású is, ha maga a talaj laza szerkezetű.

Ismét főként negatív hatásokat lehet megemlíteni, de éppen a turistaforgalom megjelenése, illetve növekedése járulhat hozzá ahhoz, hogy a geológiai pusztítást megelőzzék, illetve felszámolják. Gondolnunk kell itt a szelektív hulladékgyűjtés bevezetésének támogatására, a szennyvíztisztító kapacitás és technológia fejlesztésére, vagy a talaj(erózió) védelmi intézkedésekre.

Igaz az azonban, hogy ezek a pozitív hatások sajnos csak akkor jelentkeznek, ha már a negatív hatások jelentősebb károkat jelentettek. A megelőzés (azaz a infrastruktúra megfelelő kiépítése, tervezési és engedélyeztetési szabályok stb.) kevéssé jellemezte a múltban az üdülőterületeket.

5.2.1.3. Vízminőség

A vízminőségnek legalábbis két vetülete van: ha ivóvízről beszélünk, illetve ha a felszíni vizek sportolási célú felhasználhatóságát vizsgáljuk. Az ivóvíz esetén előfordulhat, hogy a

helyi lakosság és a vendégek versenytársakká válnak akár közvetlenül (mint napi fogyasztás), illetve közvetve (ha a szűkös mennyiségben rendelkezésre álló ivóvizet, az üdülőtelepen lévő fák, cserjék locsolására használják fel. Ez a probléma különösen száraz klíma esetén lehet jelentős.

A turizmusnak a vízminőségre gyakorolt hatása többrétű. A már említett **bemosódások** (szennyeződések, szerves anyagok, talaj stb.) legvégül felszíni vagy felszín alatti vizekbe kerülnek és ott koncentráltan jelentkeznek. Ez a (pl. szervesanyag) feldúsulás leginkább az állóvizeket (tavakat, holtágakat) veszélyezteti, mivel ezekben a fizikai, domborzati tulajdonságok miatt lassan cserélődik ki a víz, azaz meglehetősen rossz az öntisztuló képességük. A szerves anyagok (főképpen a foszfor) vízben való feldúsulását, illetve az ennek következtében fellépő „növényi szervesanyag-felpörgést" hívják **eutrofizálódásnak.** (Az algák tápanyagának feldúsulása az algák számának növekedését hozza magával. Az elpusztult algákat baktériumok lebontják, az ismét felszabaduló növényi szerves anyag pedig még több algának jelent táplálékot.) Erről a folyamatról elég sok hallható annak okán, hogy a Balaton vizének esetében már többször felmerült a súlyos eutrofizálódáshoz közeli állapot elérése. Ekkor a vizet fürdőzésre alkalmatlanná kellene nyilvánítani, mivel összetétele olyan mértékben változna meg (magas szervesanyag- és algatartalom, alacsony oxigénszint), hogy nem lehetne garantálni az egészségre ártalmatlan fürdőzés feltételeit.

A **szennyvizek tisztítása** központi kérdés nemcsak a természeti környezet, de a helyi lakosság szempontjából is. A szállás- és vendéglátóhelyeken, illetve más turisztikai szolgáltatóknál keletkezett szennyvizet modern technológiával három (fizikai, kémiai, biológiai) lépcsőben tisztítva lenne csak szabad visszaengedni természetes vizekbe. E nélkül nem biztos, hogy sikerül elérni a megfelelő tisztítottsági szintet. A szennyvizek tisztításának kérdése főként a tömegturizmus által érintett területeken jelent problémát, hiszen ott térben és időben is koncentráltan jelentkezik a forgalom, és ebből következően a terhelés is.

Éppen a szezonálisan eltérő terhelés miatt vetődik fel a szennyvíztisztító, szemétfeldolgozó, vízkitermelő infrastruktúra optimális kapacitása meghatározásának kérdése. A csúcsüzemi (értsd: szezoni) igény messze felülmúlhatja a szezonon kívüli igényeket, ezért nem lehet csak a „normál" igényszintnek megfelelő kapacitást kiépíteni. Problematikus azonban az ilyen jellegű beruházások finanszírozása, hiszen ki vállalja az átlagos (helyi) igényeken felüli kapacitás kiépítését, működtetését? A helyi lakosság csak közvetve érdekelt ebben és nem

biztos, hogy hajlandó lesz anyagilag is hozzájárulni a költségekhez. Ilyen esetben szinte kizárólag az állam vagy valamilyen regionális fejlesztési szervezet biztosíthatja a forrásokat. Talán a legközvetlenebbül észlelhető vizeket terhelő hatást a vízpartokon üdülők (lakosok és turisták) tevékenységét figyelve vehetjük észre: a fürdőzők testéről ugyanis általában **napozószer** (olaj, olajos krém) kerül a vízbe. Bár ezeken a flakonokon többnyire az áll, hogy „x alkalommal való vízbemenetel mellett is védenek" (azaz nem mosódnak le a vízben), de ez a tartósság csak időleges. A napozószerek leginkább olyan módon hatnak a természeti környezetre, hogy vízbe kerülve a víz felszínén vékony filmréteget alkotnak, ez a réteg csökkenti a víz oxigénfelvevő, -átadó képességét, ezáltal pedig romlik a vízivilág életfeltételeinek minősége.

Ugyancsak a filmréteg kialakulásában van szerepe a **vízi közlekedési eszközök** egy részének, mégpedig különösen a robbanómotorral hajtott (séta)hajóknak (a villanymotorral hajtott csónakok kibocsátása kevésbé problémás). A nagyobb befogadóképességű sétahajók éppúgy hozzájárulhatnak a vizek szennyezéséhez, mint a kisebb motorcsónakok. A modern környezetvédelmi előírásoknak (gazdasági okok miatt is) megfelelő motorok kibocsátása azonban már jóval alacsonyabb, a '70-es, '80-as években itthon használt motorok környezetterhelési értékeinél.

Hasonlóan az előbbi ponthoz, pozitív hatásként ez esetben is főként az infrastruktúra kiépítésének kedvező hosszú távú következményeire kell gondolnunk. Azt is pozitív hatásként kell értékelni, hogy a környezetvédelmi szabályok szigorúsága miatt, csak a valóban környezetbarát(abb) eszközök és technológiák kerülhetnek alkalmazásra, míg esetleg, a szervezett turizmus által kevésbé érintett területeken (pl. hegyvidéki területeken) ez a szigorúság kevésbé figyelhető meg.

5.2.1.4. A természeti erőforrások kimerülése

A legfontosabb fogyasztóként a közlekedés különböző formáit kell megemlíteni. A közlekedési eszközök üzemanyag-fogyasztását közvetlenül befolyásolja a magunkkal vitt csomagok súlya. Ezért szokták javasolni, hogy „utazzunk minél könnyebben", mert ezáltal csökkenthetjük a fogyasztást is, amellett, hogy feleslegesen nem cipelünk 2-3-szor több csomagot (ruhát) magunkkal, mint amire szükségünk van.

A szállás- és vendéglátóhelyek **fűtése** általában szén, kőolaj, földgáz (meg nem újuló energiaforrások), környezetkímélőbb megoldások esetén vízi, nap-, illetve szélenergia

felhasználásával történik. Az ún. **intelligens fűtési rendszerek** például szállodákban képesek érzékelni, hogy tartózkodik-e vendég a szobában és annak megfelelően fűtenek. A számítógépes fűtésirányítás pedig összekapcsolódva a vendégnyilvántartással csak azon szobákat fűti, amelyekben van vendég, illetve amelyekbe érkezik vendég, a többit csak „temperálja".

A vendégek **ellátásához** szükséges nyersanyagokat, élelmiszereket vagy kívülről szállítják (tehát azok a térség szempontjából „importnak" minősülnek) vagy helyben állítják elő, ami együtt járhat a vízhasználat vagy a kemikáliák használatának növekedésével.

Az **ivóvízbázis** veszélyeztetése különösen aszályos, sivatagos környezetben vagy szigetek esetén fordulhat elő. A pazarlás, a hanyag használat is rontja a vízfelhasználás hatékonyságát, amelyet azonban műszaki megoldásokkal javíthatunk. Az ivóvízfelhasználás szoros kapcsolatban van a szennyvíztermeléssel, hiszen a felhasznált víz általában mint szennyvíz kerül ki a szolgáltatótól, ezért a vízzel való takarékoskodás több szempontból is fontos.

A gyógy- és termálturizmus által felhasznált **gyógy- és termálvizek** mennyisége, hőmérséklete, minősége csak akkor biztosítható hosszú távon, ha szigorú korlátok között tartják (pl. a bányakapitányság engedélyezi) a kivett víz mennyiségét. Ha a gyógy- és termálvizek kivételét nem szabályoznák, előfordulhatna, hogy a víz összetétele, hőmérséklete a túlzott kivétel miatt kedvezőtlenül változik. Szintén megemlítendő, hogy magas hőfokú termálvizek esetén a többszörös használat is elképzelhető: az elhasznált vizet bizonyos esetekben fűtésre még lehet hasznosítani. Az elhasznált gyógy- és termálvíz kezelése nem megoldott probléma, mert a hűtés és tisztítás nélküli természetes vizekbe történő elvezetés környezetszennyező lehet, hőszennyezést, illetve szerves- és ásványi anyagfeldúsulást okozva. A szennyvízgyűjtő-hálózatba kerülése pedig (a lerakódott ásványi anyagok által), a csőrendszer idő előtti eltömődését, korrózióját okozhatja.

5.2.1.5. Vadvilág és vegetáció

Az ember megjelenése a természetben mindenképpen gyakorol valamilyen hatást az ott élőkre. A turisták (illetve az igényeiket kielégítő turisztikai szolgáltatások) létszámuktól függetlenül is beavatkoznak az állatvilág életébe. A fauna és flóra reagálása az emberi beavatkozásra attól is függ, hogy a hatásnak kitett fajok milyen ellenállóképességgel rendelkeznek, illetve, hogy az adott hatás(ok) milyen intenzitással jelentkeznek. A már

említett „első hatás” következményképpen a legkevésbé ellenálló fajok sérülnek meg, pusztulnak ki, míg az ellenállóbbak alkalmazkodnak és elszaporod(hat)nak.

A természet jobb megismerésére irányuló emberi igény hozta létre azokat a turisztikai termékeket, amelyek állatoknak természetes élőhelyükön való megfigyelését teszik lehetővé. Ilyen típusú turizmus esetén a látogatók bizonyos térségeket az állatok ottléte és az emberek ott nem léte miatt keresnek fel. Amennyiben azonban túl nagy a kereslet a természetes élőhelyek megismerése iránt, az problémaforrássá válhat, hiszen túl sok látogató zavarja az állatokat (és egymást is).

Megkülönböztethetünk „nem pusztító” és „pusztító” fogyasztást, illetve „nem-fogyasztó” és „fogyasztó” és használatot. Az elsőbe azon természeti tényezőhasználatok tartoznak, melyek nem okoznak veszteséget az állat- és növényállományban (pl. madárfigyelés), míg a másodikba az állomány csökkenését eredményező tevékenységek (pl. vadászat, horgászás) tartoznak.

A turizmus akár közvetlenül, akár közvetve hozzájárulhat ahhoz, hogy **értékes természeti területeket, állatfajokat** (valamilyen szinten) **védetté nyilvánítsanak** (például tájvédelmi körzetként, természetvédelmi területként, nemzeti parkként). Ez lehet annak következménye, hogy a területet „védeni kell” a látogatók elől, de lehet az is ok, hogy a védetté nyilvánítás hozzájárulhat a terület turisztikai vonzerejének növekedéséhez vagy a turisztikai kínálat palettáján való megjelenéséhez. Az is előfordulhat azonban, hogy a lakosok elől védenek meg egy-egy állatfajt azzal, hogy inkább turistalátványosságként kerüljön bemutatásra, mint eledelként felszolgálásra (pl. gorillák Afrikában). A látogató-pszichológia egyik legfontosabb eleme az a szinte mindenkire érvényes megállapítás, hogy a látogatók előnyben részesítenek olyan látnivalókat, amelyek valamilyen szempontból kiemeltnek számítanak (nem mindegy tehát, hogy egy adott területet például „nemzeti parknak” vagy csak egyszerű „erdőnek” hívnak). A „nemzeti park” elnevezés a látogatók számára valami érdekességet, különlegességet hordoz, így korábban semlegesnek ítélt területek is vonzóbbá válhatnak.

A „nem fogyasztási” jellegű használat egyben hozzájárulhat a veszélyeztetett állomány fennmaradásához. Így hirdetnek meg ma már bálnavadászat helyett bálna-figyelést, melynek bevételeinek egy részét felhasználják a tenger élővilágának kutatásához, védelmi feladatokhoz.

Hozzátartozik ehhez a kérdéshez az is, hogy a látogatók attitűdje bizonyos (főként állat)fajok iránt nem egyforma. „Speciesism” (magyarul: „állatokkal kapcsolatos előítéletesség”) az a

viselkedési forma, mely esetében szubjektív megítélésünk szerint vannak kedves / barátságos / bájos / helyes állatok és vannak ronda / gusztustalan / vérengző / irtóztató fajok is. Azokat részesítjük előnyben, azokat akarjuk inkább megvédeni és azokat akarjuk inkább (közelebbről) látni, amelyeket kedvelünk. A többit csak elrettentés vagy a borzongás kedvéért. Az informálással, tájékoztatással ezen az attitűdön ha talán csak kismértékben is, de talán lehet változtatni.

A védett területté nyilvánítás együtt jár a formális vezetési rendszer kiépítésével, illetve a napi (menedzsment) ügyekben illetékes szervezet kialakításával. Mindezzel együtt optimális esetben anyagi források is rendelkezésre állnak a terület fenntartási költségeinek fedezésére. Ezen forrásokhoz járul(hat) hozzá a turizmus a látogatók belépődíjain keresztül.

A védett területek kijelölése azonban nem minden esetben jár csak pozitív következményekkel. Az afrikai nemzeti parkokban megfigyelték, hogy a védetté nyilvánítás után egyes állatfajok (például elefántok) túlszaporodtak és kinőtték a rendelkezésre álló területet. Ez azzal járt, hogy az elefántcsordák táplálékot keresve legázolták a park egy részét, illetve a körülötte élő törzsek mezőgazdasági területeit, tönkretéve a termést és veszélyeztetve a területen lakók életét. Ez a jelenség figyelmeztet a lakosság, a turizmus és a természetvédelem között lehetséges érdekkonfliktusokra. A védetté nyilvánított állatok számára, a megnövekedett szaporulat következtében, egyre szűkebbé válhat a kijelölt terület, melyet lehetséges, hogy csak a lakosság áttelepítésével lehet orvosolni.

Egy nemzeti park kijelölése a természeti környezetre gyakorolt kedvező hatásokon kívül kedvezőtlenül hathat a lakosságra és a látogatók egy részére is azzal, hogy korlátozza a területen végezhető tevékenységek körét, illetve a területen egyszerre tartózkodók létszámát.

A védetté nyilvánítás mellett a turizmus pozitív hatásai között szerepelhet a **természeti adottságok értékének lakosság általi felismerése** is, hiszen vonzerőként ezek az adottságok jelentős szerepet játszhatnak.

Szintén megemlíthető a turizmus pozitív hatásai között az **épített környezet értékesebbé tétele és a természeti környezet minőségének javítása, azaz a megőrzés** (e két hatás szoros kapcsolatuk miatt együtt kezelendő). A megőrzés (a környezeti elemek védelme) az erőforrásokkal és adottságokkal való bölcs gazdálkodást jelenti.

A turisztikailag frekventált, illetve a turizmus által egyáltalán nem érintett települések számára egyaránt fontos a település képe, az épületek stílusa, a közparkok aránya vagy a fásítottság mértéke. A kellemes, egységes stílussal rendelkező település vonzó a látogatók

számára is, hiszen mindenki szívesebben tölti idejét olyan helyen, ahol a parkok gondozottak, a virágágyások zöldellnek, a padokra rá lehet ülni és az égők sincsenek kiverve a közvilágítási lámpákból.

A közterületek, közparkok, utak karbantartása leggyakrabban önkormányzati feladat, amelyhez a turizmusból származó bevételek kiegészítő forrásként hozzájárulhatnak (adókon, illetve az önkormányzati kezelésben lévő szolgáltatások díjain keresztül). A turizmus nélkül lehetséges, hogy egy térség számára sokkal kevesebb forrás állna rendelkezésre olyan célokra, mint például az utcai bútorok festése. Az ember megjelenése különböző reakciókat válthat ki a vadvilágban. Természeti területeken az először megjelenő − tehát az állatok által nem ismert − embert fogadhatják „barátként", azaz láttára nem futnak el. Ez különleges élményt nyújthat azon keveseknek, akiknek ebben részük lehet. A látogatók számának emelkedésével azonban ez a „baráti viszony" átalakul:

1. bizalmatlanság alakul ki, amikor az állatok már messziről elkerülik az embert, vagy
2. függőségi viszonnyá válik, amikor az állatok ösztönös szokásaikat elhagyva az embertől várnak táplálékot, védelmet, illetve előfordulhat, hogy
3. közvetve, de az emberi tevékenység hatására az állatok rászoknak a látogatók után maradt hulladékokra és rendszeresen meglátogatják a tárolókat.

A táplálkozási szokások megváltozásán kívül az ember és tevékenységeinek megjelenése beavatkozhat a **természetes szaporodás** menetébe is. A zaj, a forgalom, a kültéri tevékenységek, fények (pl. az ausztráliai óriásteknősök csemetéinek esetében), egyáltalán az emberek jelenléte zavar(hat)ja pl. a fészkelő madarakat, amelyek így kénytelenek más, esetleg távolabbi fészkelőhelyet keresni maguknak.

Szintén hatást gyakorolnak a természeti környezetre olyan **fogyasztási jellegű** tevékenységek, mint a horgászat vagy a vadászat. Természetesen mindkét tevékenység mértéke és jellege befolyásolja az érvényesülő hatásokat. A horgászat esetén az orvhorgászat és -halászat mellett az illegális mólóépítést (amely a nádas egybefüggőségének megszakításával járhat), a szemetelést és az infrastruktúra (közelebbről a szennyvízgyűjtés és -kezelés) hiányosságaiból adódó következményeket kell káros hatásként megemlítenünk. A szervezett keretek között zajló és tervezett vadászat a vadállomány minőségének fenntartása érdekében történik. Ezzel összeegyeztethetetlen azonban a „lövünk-bármire-csak-mozogjon" típusú, elsősorban a lehetséges anyagi haszonra koncentráló hozzáállás, ami felelőtlen és káros tevékenység. A legrosszabb esetben előfordulhat az is, hogy a vadászok

sérüléseket, esetleg (szerencsére csak igen ritkán) halálos sebesülést okoznak hajtóknak, más vadászoknak, esetleg nem is a vadászó társasághoz tartozó turistáknak.

A megnövekedett közúti forgalomra, illetve az élőhely környezetében beállt változásokra vezethető vissza az **állatbalesetek** (véletlen elütések, hajócsavarok okozta sérülések) számának, gyakoriságának esetleges növekedése. A közúti forgalom növekedése azonban nem feltétlenül jelenti a turisztikai forgalom növekedését is. Az áruszállítás, a helyközi forgalom elválasztása a turizmus által generált forgalomtól nem egyszerű. A turisztikailag frekventált régiókban szezonban természetesen a közvetlen kapcsolat jóval szorosabb a turizmus és a forgalomnövekedés között, mint szezonon kívül vagy kevésbé látogatott területeken.

A **ragadozó-áldozat kapcsolatba** is beleavatkozhat a turizmus azzal, hogy az állatok táplálékszerzési folyamata turistaattrakcióvá válik. Főképpen az afrikai nemzeti parkokban az ún. **fotószafarikon** jelentkezik ez a probléma, hiszen egy jó fotó elkészítése érdekében a látogatók minél közelebbről szeretnék végigkövetni ezt a folyamatot. Az emberek közelsége, a zaj azonban képes annyira megzavarni az állatokat, hogy a ragadozó számára az áldozat leterítése egyre nehezebbé válik.

Az emberi zavarás másik következményeképpen a táplálékszerzés egy olyan (kisebb) területre szorulhat vissza, ahol a látogatók már nincsenek jelen. Ez pedig a ragadozók közötti verseny fokozódásához vezet, ami rontja az állatok fennmaradási lehetőségeit, illetve megjelenhet később a háziállatok, illetve a látogatók veszélyeztetésében is.

A **táplálkozási verseny** kialakulása szorosan kapcsolódik az előzőekben elmondottakhoz, hiszen az élettér csökkenése, a természeti környezet átalakulása együtt járhat azzal, hogy ugyanannyi élőlénynek kisebb területen kell a táplálékát megszereznie. Fokozza a problémát, ha a szűkösen rendelkezésre álló táplálék nemcsak egy, de több faj számára is fontos tápanyagforrás. Ez esetben a fajok között is verseny jön létre a létfontosságú táplálék megszerzéséért.

Az állatok életterének megváltoztatása, illetve az abba való beavatkozás figyelemmel követhető a gazdasági tevékenységek adott régióban történő módosulásán keresztül. A turisztikai régiókban tendencia, hogy eltűnnek vagy legalábbis csökkennek a mezőgazdasági tevékenységek és területek (rétek, erdős-fás ligetek), mivel más célra használják őket (például beépítik a turisztikai szolgáltatások fejlesztése érdekében). Ezáltal visszaszorulnak a növényi kultúrák és az állatállomány élőhelyei (ezt hívják **ökológiai zavarásnak**), aminek

következtében megváltozik először a növényzet, majd az állatállomány összetétele is. Idővel ez a folyamat együtt jár bizonyos növény- és állatfajok esetleges eltűnésével (hiszen megszűnt a számukra megfelelő élettér), ami viszont a táplálkozási láncba való durva beavatkozást jelent, hosszú távon beláthatatlan következményekkel (A Balatont mint kiemelt fontosságú vízi élőhelyet, az október 1.-április 30. időszak alatt, tehát a turistaszezonon kívül tartják különösen sérülékenynek).

A turizmus nem lehet tevőleges résztvevője a fajok kipusztításának, sőt, oktatási, információs funkcióival a megelőzést, a védelmet kell szolgálnia. A turizmusnak aktívan hozzá kell járulnia olyan környezeti stratégia megvalósításához, amelyben a környezetvédelem a társadalmi-gazdasági élet valamennyi területének szerves részévé válik.

Legrosszabb esetben, ha a zavarás eléri a kritikus mértéket, akkor az érintett állatfaj(ok) **elvándorolnak** és keresnek egy, az életfeltételeiknek jobban megfelelő területet. Ezzel akár pótolhatatlan veszteséget is jelenthetnek egy régió számára, hiszen a tápláléklánc (egy vagy több) eleme eshet ki így. Az is előfordulhat, hogy a régió attrakciója szűnik meg az elvándorlással. Ez különösen olyan helyeken (például tavak környezetében) érvényes, ahol a fő vonzerőt például egy madár ottléte jelenti. Ennek elvándorlásával az egész kiépült turisztikai ipar vesztheti el létalapját.

Új növényfajták betelepítése általában vagy a növényzet ellenálló képességének növelése vagy esztétikai okok miatt következhet be. A nem honos (de a megterhelést jobban viselő) növényfajták megjelenése problémát jelenthet, mivel elképzelhető, hogy egy növény nagyobb ellenállósága agresszívebb szaporulattal is jár és ez az őshonos növényfajták kiszorulásához vezethet. Más alkalmakkor esztétikai szempontok miatt telepítenek új bokor- vagy fafajtákat (pl. pálmafákat a tengerpartra).

Majdnem minden látogató szeretne valamilyen emléket hazavinni magával, megmutatni azt otthon ismerőseinek, rokonainak. A látogatók egy része azonban olyan emléktárgyakat gyűjt, amelyekkel károsítja a vendégfogadó környezetet. Ez lehetséges közvetlenül, amennyiben a turista személyesen **gyűjt** védett növényeket, ejt el állatokat. Közvetve is előfordulhat ez a hatás akkor, ha a vendégek igényeinek kielégítésére a helyi lakosság vagy a turisztikai vállalkozások kapcsolódnak be védett vagy ritka növények és állatok gyűjtésébe, (illegális) árusításába. Ez veszélyeztetheti a faj fennmaradását is, gondoljunk csak az elefántagyarból vagy az orrszarvú tülkéből készült tárgyak iránti keresletre: a „nyersanyagra” (azaz az elefántra vagy az orrszarvúra) azért érdemes vadászni, mert a belőlük készült tárgyakat

turistáknak, illetve kereskedőknek el lehet adni. Egy színpompás virágokkal borított mezőnek vagy bokornak igen nehéz ellenállni, és ha nem tudjuk, hogy egy adott növény védett, akkor súlyos károkat is okozhatunk a természetben. A **megnövekedett szemétterhelés** közvetve és közvetlenül is hozzájárul a vegetáció romlásához. Közvetlenül a már említett módon azzal, hogy a turizmus által is nagy mennyiségben „termelt" szemetet nem kezelik megfelelően, nem szelektíven dolgozzák fel. A turisztikai szolgáltatások is hajlamosak a pazarlásra a csomagolóanyagok használatakor, brosúrák elkészítésekor és elosztásakor vagy akár a vendéglátóhelyek nyersanyag-felhasználásában, mely közvetett hatásként jelentkezik. Megfigyelhető még, persze jóval kisebb mértékben, a turisták közvetlen szemetelése, amely főként gondatlanságból történik.

Előfordul, hogy az a vád éri a természetjáró turistákat, hogy **gondatlanságukkal erdőtüzeket** okoznak. Ez valóban megtörténhet gondatlanságból, figyelmetlenségből még olyan helyeken is, ahol a tűzgyújtási feltételek kiépítettek (például turistaútvonalak pihenőhelyein). Amikor pedig egyáltalán nem engedélyezett a tűzgyújtás és ezért a feltételek sincsenek kiépítve, akkor természetes, hogy megbüntetik a korlátozásokat nem tisztelő, így az erdők állat- és növényvilágát (és lehet, hogy a környező települések lakosságát is) veszélybe sodró turistákat.

Itt kell megemlítenünk azt is, hogy az illegális **fagyűjtést** is néha a turisták számlájára akarják írni. Ez akkor fordulhat elő, ha a kiránduló, a hegymászó, a nyaralótulajdonos, eseti jelleggel (pl. tábortűzhöz) fát gyűjt a környező erdőkben. Egy másik oka lehet a fagyűjtésnek, amikor a kirándulók a sátrak kifeszítéséhez gyűjtenek ágakat. Ennek a veszélye, hogy a legkönnyebben felhasználható ágak a friss hajtások, illetve a fiatal növények ágai, ezeket letörve pedig az erdő természetes megújulását zavarhatjuk meg. Az ilyen jellegű hatásnál valószínűleg jóval nagyobb károkat okoz az erdőtulajdonosnak az ún. megélhetési bűnözés, azaz amikor a létfenntartáshoz (fűtéshez, főzéshez) szükséges famennyiséget szedik össze az erdőkben.

Az állatkertek megítélése igen vegyes. Funkcióinak tartják a bemutatást, az oktatást, a kutatást és a megőrzést. Állatkertben, mesterséges körülmények között hoznak létre génbankokat annak érdekében, hogy az adott faj (pl. orrszarvú) fennmaradását segítsék. A körülmények, persze döntőek annak megítélésében, hogy az adott állatkert mennyire felel meg a ma már elvárt, természetes állapotokhoz közeli tartási viszonyoknak. Az is felmerülhet

azonban, hogy összességében jobb, ha a látogatók egy állatkertben nézik meg az állatokat, mintha mindannyian természetes körülményeik között szeretnék megtekinteni azokat.

A gyalogos és közúti (és vízi) forgalom közvetett és közvetlen hatásaira már láttunk néhány példát, de nem kerültek még említésre a közlekedési **infrastruktúra kiépítésével** járó hatások. Itt olyan beruházások hatásaira kell gondolnunk, mint az úthálózat kiépítése vagy a pormentesítés (azaz az utak szilárd burkolattal való ellátása). Utak, főként autópályák kiépítése (mely a lakosság és a vendégek számára általában pozitív hatásként jelenik meg), kettévághat régóta kialakult állatvonulási útvonalakat. Lehet, hogy elvágásra került a természetes szaporodási régió az élettér más részeitől vagy a táplálék megszerzése kerül több nehézségbe ezek után. Az így kialakított közutakon pedig nőhet az állatok elgázolásából keletkező balesetek száma vagy előfordulási valószínűsége, ezért ma már nem is lehet autópályát, főbb közlekedési útvonalat, béka-alagút vagy őz-felüljáró nélkül építeni.

A turizmus ki is használja ezt a lehetőséget és pozitív hatásként, specialista utazásszervezőknél már lehet találni olyan „öko”-utakat, amikor az utazás célja éppen például a „békamentés” (ami a békák kosárban/zacskóban az út egyik oldaláról a másikra való szállítását jelenti).

5.2.1.6. Vizuális hatások

Bár a **vizuális hatások** elsődlegesen az épített környezetet érintik, nem kerülhető meg néhány jellemző, a természeti környezet vizuális megjelenését érintő hatás bemutatása. A vegetációt és a település képét egyaránt befolyásolja az, hogy parkokat, virágágyásokat alakítanak ki a turizmus által érintett területeken, illetve a meglévő dísznövényeket karbantartják. Tipikus növények/virágok telepítése, szezonális cseréje növeli a település környezeti értékét, melyet a lakosok és a vendégek egyaránt értékelnek. Közvetve, tájképi és településképi szempontból idetartozik az is, hogy a karbantartott épületek is emelik a természeti környezet értékét, szépségét, illetve ez fordítva is igaz: gondozott természeti környezet minden épületnek javára válik.

Ellenpontként, a hulladék mennyiségének növekedéséhez kapcsolódóan, a természeti környezetet vizuálisan is rongálja az eldobott szemét vagy az össze nem gyűjtött hulladék.

Összegzésképpen mutatja a **9. táblázat**, a természeti környezetre gyakorolt legjellemzőbb hatásokat (a teljesség igénye nélkül), külön jelölve a hatások leggyakoribb megjelenési formáit.

5.2.1.7. Ember alkotta környezet

Az épített (mesterséges) környezet sem mentesül a turizmus okozta pozitív és negatív hatásoktól, éppúgy részesedik azokból, mint a természeti környezet elemei. Történelmi, kulturális emlékeket egyrészt turisták számára mutatnak be, másrészt kénytelenek is védeni azokat a turisták tömegeitől − éppúgy, mint a természeti környezet esetén. Az épített környezetre ható hatások esetén sem tudjuk egyértelműen elhatárolni a turisztikai károkozókat, hiszen az épületek homlokzatát éppúgy rombolja a turistabuszok okozta rezgés, a szennyezett levegő, mint a savas eső, melyben viszont részt vállalnak más iparágak is.

5.2.1.8. Fölhasználat változásai

A földhasználat változásaiban igen eltérő hatásokat tudunk kimutatni. Elsődlegesen megemlítendő a **beépített területek növekedése**, amely jelentkezhet pl. kereskedelmi, lakossági vagy közvetlenül turisztikai célú beépítések formájában. A beépítések egyrészt csökkentik a rendelkezésre álló természeti területet, másrészt az addigi földhasználat megváltozását is jelentik. Ez leginkább a mezőgazdasággal kapcsolatos változás, hiszen a mezőgazdasági és erdőgazdasági területek rovására van lehetőség településeknek a terjeszkedésre, illetve új üdülőtelepeket létrehozására. A hagyományos (mező)gazdasági ágak pl. a Balaton körül a szőlőtermesztés csökkenésével, esetleg eltűnésével járó folyamat közvetlenül kapcsolódik a már korábban látott természeti környezetre gyakorolt hatásokhoz pl. az eróziós veszély növelésével.

9. táblázat: A természeti környezetre gyakorolt hatások legtipikusabb formái

Levegő minősége	**Pozitív**	**Negatív**	**Természeti erőforrások kimerülése**	**Pozitív**	**Negatív**
gázok és gőzök		+	közlekedés		+
hő		+	fűtés	(+)	+
illat	+	+	hűtés		+
zaj		+	vízbázis		+
por	(+)	+	termál és gyógyvizek		+
Geológia			**Vadvilág és vegetáció**		
hulladék(kezelés)	(+)	+	védetté nyilvánítás	+	(+)
szennyvíz(kezelés)	(+)	+	értékek felismerése	+	
bemosódás		+	megőrzés	+	
erózió		+	természetes szaporodás	(+)	+
rongálás		+	szennyezések		+
domborzat	+	+	ragadozó-áldozat kapcsolat		+
tűz		+	pusztítás		+
tömörödés		+	táplálkozási verseny		+
Vízminőség			ökológiai zavarás		+
bemosódás		+	elvándorlás		+
eutrofizálódás	(+)	+	betelepítés	+	+
szennyvíz(kezelés)	(+)	+	**Vizuális hatások**		
napozószerek		+	parkok, kertek	+	(+)
(pontszerű) szennyezések		+	hulladék		+

Jelmagyarázat: jellemző „+”. A táblázatban látható zárójeles „(+)” jelzések arra vonatkoznak, hogy azon hatások ugyan elképzelhetőek, de főképpen közvetve.

A vizuális szennyezéshez hozzájárulhatnak az ún. **második lakás** céljára felhasznált területek, vagyis a nyaralótelepek (Nyugat-Európában 10%-ára teszik a nyaralóépületek arányát az összes lakásszámon belül, míg ez az adat Skandináviában és Franciaországban a 20%-ot is elérheti. Azon területek, amelyek a legnépszerűbbek a nyaralóházat vásárlók és építők körében, a következő nagyobb kategóriákba oszthatók:

- vízpartok,
- hegy- és dombvidék,
- nagyobb városok vonzáskörzetén belüli területek (kb. 1 óratávolságra autóval),
- természeti ritkaságok környezete. Ezen lakásokat csak az év egy töredékében használják, a további időszakban azok üresen állnak és ezzel együtt a kertek, a környék gondozása is problémás lehet.

Magyarországon is találunk többféle elrendezkedést a nyaralóépületeket és a helyi lakosság házait illetően. A legtipikusabb az, ha a nyaralóterület infrastrukturálisan, fizikailag is elkülönül az anyatelepüléstől, bár közigazgatásilag egységes azzal (például Keszthely-kertváros, Gyula-Városerdő, Mezőkövesd-Zsóry). Másik lehetőség az, hogy a nyaralóházak beépülnek a település (azaz az állandó lakosok) házai közé (például a Balatonnál). Ez utóbbi eset az, amikor a településkép nagyobb veszélynek van kitéve, pl. az infrastruktúra közös használata miatt, mely kiépítésének és működtetésének költségeit nehézkes megosztani a kétféle használat között. Az üdülőhelyeket, a nyaralótelepeket (éppen lakott területektől lévő távolságuk miatt) jellemzően személyautóval lehet megközelíteni, illetve a többség ezt az eszközt választja. A tömegközlekedést választók, csúcsidőszakokban, elképesztő körülmények között utazhatnak a buszokon és vasúton (ez nemcsak hazai estekben érvényes, hanem más, külföldi üdülőtelepek tömegközlekedési eszközein is, hiszen a forgalom többszörösére nőhet néhány órára, melyet a tömegközlekedési vállalatok ugyan megpróbálnak kiszolgálni pótjárművekkel, de teljes egészében arra nem képesek).

A **tájrombolás/tájfejlesztés** közeli kapcsolatban van az előbb említett vizuális hatásokkal és köztes szintet képvisel a természeti és az épített környezetre gyakorolt hatások között. Tájromboláson a természeti környezetben okozott olyan kárt értünk, amelyet egy mesterséges (épített) elem megjelenése okoz leginkább vízpartokon, síterepeken és dombos területeken. Vízpartokon (tó-, tenger-, esetleg folyóparton) a felépített szálláshelyek, a

kialakított kikötők, stégek okozhatnak tájrombolást a beépítettség növelésével, az épületek eltúlzott arányaival. Hasonló a helyzet hegyvidéken is, ahol az erdőt irthatják ki sípálya vagy szálláshely építése érdekében, vagy szőlőhegyeken, ahol a turisták kiszolgálása érdekében előfordulhat, hogy 2-3 szintes „pincét" építenek. Ugyanakkor egy jól eltalált formájú és méretű épület pl. a kis kápolna a Bledi-tavon, kifejezetten emeli a terület esztétikai (és turisztikai) értékét.

5.2.1.9. Infrastruktúra

Az infrastruktúra (például a víz-és szennyvízhálózat, az áramellátás, a telekommunikációs szolgáltatások, az úthálózat) mint az épített környezet része fontos alapját képezi a turisztikai szolgáltatásoknak, kiépítettsége nélkül nem képzelhető el modern turizmus. Azon kívül, hogy a látogatók igénylik az infrastrukturális szolgáltatások meglétét, a keresletnek megfelelő kapacitású szolgáltatás csökkentheti a turizmus káros hatásait. A turizmus fejlődése ennek következtében általában elősegíti az **infrastruktúra fejlesztését** is.

Ennek ellenvethető lenne, hogy a jobban kiépített infrastruktúra nagyobb forgalmat generálhat, ami viszont még nagyobb környezeti terhelést jelenthet. Ez igaz lehet, de ekkor felmerül a kérdés, hogy mi a jobb hosszú távon:

1. a nagyszámú, (térben és talán időben is) koncentrált turistaforgalom, amelynek hatásait viszonylag könnyen tudjuk menedzselni a kiépített infrastruktúra és a koncentráltság segítségével, vagy
2. az alacsonyabb látogatószám, amely kisebb, de lehetséges, hogy szétszórtabb környezetterheléssel jár. Ezen utóbbi esetben méretgazdaságossági okok miatt is nehézkes lehet például a szemétgyűjtés vagy a szennyvízhálózat kiépítése.

A kérdésre általánosságban inkább jobb elkerülni a választ, hiszen a helyi adottságok mindenütt mások és ebből adódóan a megoldási módszereknek is másoknak kell lenniük.

Az infrastruktúra fejlesztése igen ritkán történik csak és kizárólag a turizmus érdekében. A kiépítettség javulásának kedvező hatásait természetesen a helyi lakosság is érzékeli (és észleli), ezért kerül külön megemlítésre az infrastruktúra fejlesztése. Az infrastrukturális alapok kiépítését állami feladatnak tartják, mert az infrastruktúra (jelen esetben a megfelelő út-, csatorna-, és vízhálózat) kiépítésére a magán befektetők nem fognak vállalkozni. Ha ez nem történik meg, akkor ez azzal a következménnyel jár(hat), hogy a fellépő környezeti

károkat is az államnak kell majd felszámolnia. Természetesen az államnak olyan szabályokat kell(ene) hoznia, melyek a magáncégeket is a környezeti értékek megóvására ösztökélik. Ennek ellenőrzése azonban nehézkes és drága is lehet, amelyre ma Magyarországon még igen kevesen óhajtanak és képesek is költeni.

Az infrastruktúra kiépítése is okozhat tájképet, településképet, növény- és állatfajokat érintő hatásokat. A telefon és az elektromos áram kábelei, a víz- és szennyvízvezetékek ellenőrző és átemelő pontjai vagy a közlekedési lámpák rontják a település- és tájképet, de ennek az ellenkezője is elképzelhető a hely karakterének megőrzése érdekében.

Az infrastruktúra kiépítéséhez a küldő, a tranzit- és a fogadó területeken egyaránt hozzátartoznak a **közlekedési csomópontok** (pályaudvarok, repülőterek, kikötők, határátkelők) kialakítása. Mindezek természetesen a beépítettség arányának növekedését jelentik, esztétikai, kapacitási és megközelítési kérdéseket is felvetve.

5.2.1.10. Épületek - vizuális hatások

Az épített környezet befolyásolása, illetve a vizuális hatások igen szoros kapcsolatban vannak ezért ez a két főbb hatáscsoport együttesen kerül elemzésre.

A vizuális hatások körében jelentkező **zsúfoltság** alapvetően szubjektív, percepcióra alapuló megállapítás. Akár egyénenként is változhat, hogy ki mekkora tömeget nevez már zsúfoltságnak egy adott helyen. A szociálpszichológiai kutatások arra a következtetésre jutottak, hogy több tényező is befolyásolja a zsúfoltság megítélését:

- viselkedési tényező: a többi egyén viselkedésének megítélése,
- fizikai tényező: az egyén viselkedését befolyásoló hatás(ok), és
- az egyén céljai: ha pl. „el- vagy kimenekülni" akart valahonnan, akkor sokkal inkább érzékeny a körülötte lévők számára.

A természeti látnivalók mellett a **történelmi/kulturális értékek** jelentik a turizmus számára a másik fő vonzerő-kategóriát. Ezen attrakciók egy része épített látnivaló. Várak, romok, templomok, írók szülőházai, csatamezők stb. régi idők emlékeit őrzik és egy, illetve akár több kultúrkör számára is értékesnek, vonzónak minősülnek. **Fenntartásukban és megőrzésükben** a turizmus jelentős szerepet játszhat.

A védetté (Magyarországon „műemlékké") nyilvánítás az adott látnivaló értékességére utal. (Hazánkban 1998 végén 10 500 építmény volt műemlékké nyilvánítva.) Különösen érvényes ez a Világörökség rendszerébe felvett történelmi és kulturális emlékekre. Hasonlóan a természeti értékekhez, a hivatalosan védetté nyilvánított épület is vonzóbb lehet (hiszen feltehetően valóban értékesebb), mint azok, amelyek nem részesülnek hivatalos védelemben. A „Tájak, Korok, Múzeumok Egyesület" ilyen épületek, területek népszerűsítéséhez, megismertetéséhez információs kiadványok kiadásával járul hozzá.

A látogatók kereslete és az ebből származó bevétel hozzájárul a történelmi/kulturális értékek fennmaradásához, hiszen általában azok részben a tulajdonos vagy a kezelő (például az állam, az adott önkormányzat vagy az illetékes műemléki szervezet) biztosította forrásokból, részben pedig a látogatóktól beszedett díjakból tartják fent magukat.

Az épített környezet átalakulásához vezethet **épületek új (turisztikai) funkcióval való megtöltése.** Az előbbiekben említett hatáson túlmenve láthatunk példákat olyan „fenntartási" módokra, hogy egy régi, értékes épületet valamilyen új, gyakran a turisták igényeinek kielégítésére kialakított funkcióval töltenek meg. A már szintén említett példák, mint a vár-

és kastélymúzeumok, tipikus esetei annak, hogy miként is lehet a turizmusban újrahasznosítani értékes épületeket. Eredeti funkciójukat vesztett, használaton kívüli épületeket igen gyakran egyszerűen lebontanak és az új funkció új épületbe is kerül. Nemcsak településképi, de hagyományőrző célokból is hasznosabb az, ha a nem használt épületeknek új feladatot keresnek, így azok történelmi emlékként megmaradhatnak az utókornak, az új funkciók pedig különlegesebbé válhatnak azáltal, hogy ahhoz az épületek régi külsőt kölcsönöznek (pl. malom, istálló, világítótorony).

A látogatók vonzása és megtartása érdekében nemcsak a közterületeket, de a magánporták környezetét is ajánlatos gondozni, karbantartani. A település képéhez, hangulatához az is hozzátartozik, hogy a lakosság milyen körülményeket teremt a saját maga számára. A házak formája, színe, a karbantartottság foka, a kertek, utcafrontok, vízelvezető árkok ápoltsága mind-mind fontos a látogatók számára. Ez nem azt jelenti, hogy a fűszálakat egyenként kell méretre vágni vagy zöldre festeni, csak azt, hogy az összkép legyen egységes és ápolt. Ha a látogatók nem szemetelnek vagy rendszeresen azt kérdezik vendéglátóiktól, hogy hol találják a szelektív szemétgyűjtéshez használatos konténereket, az követendő példát jelenthet a helyi lakosság számára is (akik esetleg így hallanak először a szelektív szemétkezelés mibenlétéről). A turizmus fejlődésének pozitív hatásai között említhetjük meg ezért a **helyiek környezet iránti érzékenységének, cselekvési hajlandóságának növekedését**.

Ha a lakosság jelentős része, közvetlenül vagy közvetve, de a turizmusból él, akkor akár kényszerítő erőként is megjelenhet a fizikai környezet állapotának, illetve annak megóvásának kérdése. A főként gazdasági érdekeiken keresztül érintett lakosság „kierőszakolhatja", hogy a település önkormányzata rendeletben írja elő a porták tulajdonosainak környezetük anyagi képességeikhez mért virágosítását, az épületek rendszeres karbantartását. (Az előírásokat azonban be is kell tudni tartatni.) Ezen a ponton a lakosság esetleg konfliktusba kerülhet a településen lévő nyaralótulajdonosokkal, akik számára ugyanez a gazdasági érdek nem biztos, hogy hasonló súllyal esik latba.

A történelmi és kulturális emlékek esetén a szándékos **rongáláson, vandalizmuson** kívül a (fokozott) **használat** okozta hatásokról kell említést tennünk. A műemléki vagy más védett státusban lévő épületek lehetséges, hogy már évszázadok óta állják az idők és a történelem ostromát.

Ez a turizmus megjelenése következtében kiegészül rohangáló gyermekcsoportokkal, fényképező látogatókkal, megfáradt, leülni vágyó vagy a helyről valamilyen emléket

magukkal vinni akaró turistákkal. A látogatók jelenléte és tevékenységei eltérő módon, de általában nem pozitívan hatnak az épületekre. Az alkalmazott építőanyagok lehet, hogy száz év szélviharait és esőit kibírták, de rendszerint nem képesek ellenállni a napi akár több ezer látogató okozta kopásnak. A park virágágyásai és kerti padjai csak korlátozott ideig bírják a csoportok rohamait, az épületek megrepedhetnek a folyamatos közúti forgalomtól, a homlokzatot díszítő gipszstukkók pedig hamar beszennyeződnek, megsérülnek a forgalom okozta por és gázok miatt.

Szintén károsodásokhoz vezethetnek az épített környezetben a közúti és a légi közlekedés által okozott **rezgések**. A nagy forgalmú utak közvetlen közelében, illetve a repülőterek környezetében, a le- és felszállópályák vonalán tapasztalhatunk rezgés következtében fellépő épületkárosodást, amely a falak megrepedésében, az épület felújítási ciklusának lerövidülésében, a különleges megerősítés szükségességében jelentkezhet.

Létezik ún. **vizuális szennyezés** is, amikor nem egy adott épület szenved kárt, hanem egy egész település vagy a természeti környezet látképe, hangulata. Nem mindig egyszerű meghatározni, hogy mi is számít vizuális szennyezésnek, hiszen az ízlések és az előnyben részesített stílusok különbözőek. Annak megítélése, hogy egy adott épület mennyire illik bele a környék hangulatába és stílusába, gyakran szubjektív. Vannak persze egyértelmű esetek, amikor azonnal eldönthető az adott építményről, hogy az odavaló-e, ahová azt helyezni tervezték.

A tájba való illeszkedés kritériumai olyan, az adott településre, területre érvényes építésügyi normák lehetnek, mint például a megengedett legnagyobb (gerinc-) magasság, az alkalmazható színkombinációk és formai elemek, a tető alapanyaga vagy a maximális beépítettség mértéke.

Nemcsak épületek képesek azonban vizuálisan károsítani területeket, hanem például **reklámtáblák és feliratok**, azok mérete és színei is. Nagy (kültéri) felületeken a legismertebb márkákat, a szponzorok vagy a (turista)szezon aktuális termékeit szokás reklámozni (például jégkrémet nyáron, teát télen), amelyek csak a legritkább esetben illenek bele a tájképbe, bár vannak pozitív példák is: pl. Port Aventura.

Az ember alkotta és a természeti környezet összetevői szoros kölcsönhatásban lehetnek egymással. Egy, az állandó szélirányba helyezett épület a **légáramlás**, így pedig a mikroklíma megváltozását tudja kiváltani. Ebben az esetben maga az épület formájában és funkciójában akár tökéletes is lehet, de a fizikai környezetre, azon keresztül pedig az épített

környezetre, a turizmusra és a lakosságra is káros hatással lehet azáltal, hogy hozzájárul a mikroklíma, a légáramlat megváltozásához.

Az előző példához hasonlóan, a természetes **vízáramlatokat** megzavarhatja egy turisztikai funkcióját egyébként sikeresen betöltő műtárgy (például egy kikötői móló).

Hasonlóan a természeti környezetre gyakorolt hatásokhoz, a **10. táblázat** az épített környezet esetén megfigyelhető hatásokat összesíti.

10. táblázat: Az épített környezetre gyakorolt hatások legtipikusabb formái

Földhasználat változása	**Pozitív**	**Negatív**	**Épületek, építmények és Vizuális hatások**	**Pozitív**	**Negatív**
beépített területek nagysága	(+)	+	beépített területek növekedése	(+)	+
földterületek elsődleges hasznosításból való kivonása		+	új építészeti stílusok	+	+
			emberek és csomagjaik/ zsúfoltság	(+)	+
hidrológiai és egyéb természeti rendszerek változása		+	fokozott használat hatásai		+
területhasznosítás arányai (szolgáltatás; lakás; pihenő stb.)	+	+	építészeti előírások be nem tartása		+
különbségek a turisztikai, illetve		+	kültéri reklámok,		+

Földhasználat változása	**Pozitív**	**Negatív**	**Épületek, építmények és Vizuális hatások**	**Pozitív**	**Negatív**
a helyi használatú területek között			táblák		
Infrastruktúra			elhagyott épületek újbóli hasznosítása	+	
úthálózat	+	+	rezgések		+
vasútvonalak	+	+	helyi hagyományos építkezés megőrzése	+	
autó/buszparkolók	+	+	rongálás		+
elektromos hálózat	(+)	+	települések sajátos	+	+
kommunális szemét	(+)	+	arculata (szabályok & attitűdök)		
elhelyezése					
ivóvízbázis		+			
antennák	+				

Jelmagyarázat: jellemző „+”. A táblázatban látható zárójeles „(+)” jelzések arra vonatkoznak, hogy azon hatások ugyan elképzelhetőek, de főképpen közvetve.

5.2.2 Ökoszisztémák vizsgálata

Az integratív szemléletű hatásvizsgálat elveinek megfelelően az ökoszisztémák szintjén is lehetséges a felmerülő hatások azonosítása. Ez különösen olyan esetekben fontos, amikor két rendszer határán („edge”-hatás) jelentős turisztikai tevékenység van. Ez a módszer különösen az empirikus kutatások során szolgálhat hasznos információkkal, hiszen mindazon

régióspecifikus hatásokat számba veszi, melyek a legtipikusabbak lehetnek, ezáltal megteremtve a kutatások kereteit.

Még napjainkban is a tenger- és vízpartok, illetve a hegyvidékek felkeresése jelenti az egyik legfontosabb turisztikai motivációt. A meleg vízpartok (tenger-, tó-, folyópartok) felé áramlás éppúgy megfigyelhető az északi (hideg klímájú), mint az enyhébb éghajlatú országok lakosai részéről, bár az utóbbiak rendszerint belföldön is megtalálhatják az áhított vízpartot. Főképpen a tengerpartok (Európában a Földközi-tenger partja), illetve egy-két tó (például a Garda-tó vagy a Balaton) tekinthetők tömegesen látogatott turisztikai desztinációnak.

A turizmus lehetséges hatásainak típusai általában azonosak a különböző turisztikai régiókban (például a lég- és vízszennyezés), de vannak olyan, a földrajzi adottságokból adódó különbségek, amelyek jelentősen befolyásolhatják a hatások jelentőségét, illetve a hatások menedzsmentjében alkalmazható technikák körét is. A korábbi fejezetek egy-egy kiragadott esetet mutattak be. A következőkben a turisztikailag (is) kiemelkedően fontos (határon levő) ökoszisztémák kerülnek bemutatásra a turizmus lehetséges fizikai hatásainak szempontjából: **vízpartok** és **szigetek**, illetve az összevetést megkönnyítendő a **hegységek.** Természetesen lehetne további − pl. sarkvidéki, szárazföldi stb. − ökoszisztémákat is vizsgálni, de jelen empirikus kutatás helyszíne miatt ez a három tűnik a legalkalmazhatóbbnak. Ezek a területek mind a turizmus, mind pedig a környezet (állat- és növényvilág) viszonylatában többé-kevésbé egységet alkotnak, így több lehetőségünk nyílik mind a hatások, mind az okok együttes vizsgálatára (**11. táblázat**).

Az ismertetett, leginkább jellemző hatások eltérően jelentkeznek a három régióban. A vízpartok (földrajzilag) nyitott területnek számítanak, különösen a szigetekkel való összehasonlításban. A hegyvidékek természeti tulajdonsága, hogy az élővilág magassági zónákban helyezkedik el, és minél feljebb megyünk, annál kevesebb élőlénnyel találkozunk. A terület ellenállóképessége fontos jellemzője és befolyásoló tényezője az esetlegesen megjelenő hatásoknak, hiszen egy városi környezet, lévén már alapvetően kiépült és nem túlságosan természetközeli, jobban elviseli a turizmus jelentette további forgalmat, mint pl. egy erdő. Például egy szigeten vagy egy magashegységben az állatoknak nincsen hová menekülniük a látogatók tömegei elől, míg egy szárazföldi (vízparti) terület ebből a szempontból talán könnyebb helyzetben van, mivel rendelkezik háttérterülettel, ahová talán könnyebben elrejtőzhetnek az élőhelyükön megzavart állatok.

Egy sziget vagy egy hegy faunája és flórája is zártabb közösséget alkot, mint egy nyíltabb szárazföldi régióé. Ebből a viszonylagos zártságból következően merülnek föl mindazon problémák, amelyek a **11. táblázat** láthatók. Egy szigeten a helyszűke, illetve a méretgazdaságossági megfontolások miatt nehezebb lehet például a hulladékfeldolgozó kapacitások kiépítése, de ugyanakkor szintén hasonló okok miatt egyszerűbb lehet a gyűjtés megszervezése. Más környezettechnológiai (például alternatív tisztítási) módszerek (például egyéni biológiai lebontás) egyszerűbben alkalmazhatók kisebb, mint nagyobb mennyiség esetén.

11. táblázat: Hatások eltérő ökoszisztémák esetén

		Hatások		
Környezeti tényezők és problémák	**Okozók és befolyásoló körülmények**	**Vízpart (tavak, folyók, tenger)**	**Szigetek**	**Hegyvidék**
a terület belakott-ságának fokozó-dása, a növényzet és az állatvilág zavarása	(szűkös) méret; nagyszámú (tömeg-turista) látogató turisz-tikai infrastruk-túra kiépítése	▪ állatvilág zavarása; ▪ elvándorlás; ▪ fajok cserélődése; ▪ területek kiszárítása kiirtás; ▪ betelepítés; ▪ szaporodás zavarása; ▪ kiirtás	▪ állatvilág zavarása ▪ élőhelyszűkülés és területi koncentráció ▪ szaporodás zavarása ▪ kiirtás; ▪ betelepítés; ▪ zöldfelületek meg-szüntetése	▪ állatvilág zavarása; ▪ élőhelyszűkülés és ▪ területi koncentráció; ▪ szaporodás zavarása ▪ zónák megbontása; ▪ kiirtás; ▪ betelepítés
infrastruktúra kiépítése	nagyszámú (tömeg-turista) látogató	▪ mezőgazdasági területek beépítése; ▪ kikötők és más közle-kedési kapcsolatok kialakítása	▪ mezőgazdasági terüle-tek elvonása ▪ kikötők, repülőterek okozta beépítettség; ▪ partnövekedés; dűnék rombolása	▪ egybefüggő termé-szetközeli területek és a talaj megbontása; ▪ erózió elősegítése; ▪ vándorlási utak zavarása ▪ sípálya kiépítése; műhó

		Hatások		
Környezeti tényezők és problémák	**Okozók és befolyásoló körülmények**	**Vízpart (tavak, folyók, tenger)**	**Szigetek**	**Hegyvidék**
kommunális és veszélyes hulladékok gyűjtése és feldolgozása	(szűkös) méret	▪ lehetőség a méretgazdaságosság előnyeinek kihasználására más területek-kel közös lerakók esetén	▪ korlátozott lerakási és ▪ feldolgozási lehetősé-gek	▪ morfológiai okokból a gyűjtés és ▪ szállítás nehézségei
szennyvízkezelés és hálózat	urbanizáció	▪ tisztítási módszerek és kapacitások ▪ regionális hálózatok ▪ tavak lassabb vízforgása	▪ kiépítettség megte-remtése; ▪ tisztítási módszerek; ▪ kapacitások	▪ kiépítés és ▪ gyűjtés nehézségei; ▪ elszivárgás hatásai; ▪ karsztvíz-szennyezés
ivóvízbázis elérhetősége és mérete	nagyszámú (tömegturista) látogató	▪ új kutak, illetve ▪ regionális vízbázisok elérése	▪ ivóvízimport	▪ költséges felszínre hozatal ▪ karsztforrások elvezetése
éves csapadékmennyiség	kertek, parkok öntözése	▪ helyiek vízhasználatának korlátozása, ▪ magas vízárak	▪ helyiek víz használa-tának korlátozása; ▪ magas vízárak; ▪ vízimport	▪ költséges felszínre hozatal

Megjegyzés: A táblázatban, az összehasonlíthatóság kedvéért csak a legjellemzőbb példák szerepelnek és a lehetséges okok és hatások jelzés szinten kerültek megemlítésre

6 Talaj

Dr. Horváth Erzsébet

6.1 A talaj

6.1.1 A talaj fogalma és szerepe.

A talaj az egyik legfontosabb természeti erőforrás, az ember egyik legrégebbi termelési eszköze. Az élő és az élettelen természettel való szoros kölcsönhatás jellemzi, melynek során állandóan változik. Ebből következően nehezen definiálható. A jelenlegi ismereteinknek megfelelő megfogalmazás szerint **a talaj a Föld legkülső szilárd burka, mely a növények termőhelyéül szolgál**. **Tipikusan nyílt ökológiai rendszer,** vagyis szoros kapcsolatban van a többi környezeti elemmel. Produktivitása és állapota meghatározza a rajta termesztett növények, valamint a belőlük előállított élelmiszerek minőségét. **A talaj elszennyeződése a felszíni és felszín alatti vizek minőségét, az ökoszisztéma egyensúlyát veszélyezteti és a bioszférában maradandó negatív károsodásokat okozhat. Ezért védelme és termőképességének megőrzése elsőrendű környezetvédelmi feladat.**

A talaj sokféle funkciója a természet kiegyensúlyozott működését segíti: Hő- víz- és növényi tápanyagokat raktározó tulajdonsága, valamint primer biomassza termelő képessége a produktivitását és a flóra állandó megújulását biztosítja. Nagykapacitású szűrő és detoxikáló képességének köszönhetően a természetes és az antropogén tevékenységek okozta stresszhatásokat pufferolni képes. A talaj a bioszféra jelentős részének élettere, a biodiverzitás nélkülözhetetlen eleme.

A talaj különböző minőségű és halmazállapotú anyagokból álló igen bonyolult rendszer, melyet alapvetően két egymással szorosan összefüggő és egymást kiegészítő alrendszer alkot. A **biotikus alrendszer** az élőszervezetek, míg az **abiotikus alrendszer** az élettelen anyagok összessége. Az abiotikus talajkomponensek három fázisú heterogén polidiszperz rendszert alkotnak. A **szilárd fázis** kristályos és amorf ásványi anyagokból, valamint fosszilizálódott szerves anyagokból és elhalt növényi-állati részekből áll. A **folyékony fázis** (talajnedvesség) ásványi sókat, kis molekulatömegű oldható szerves anyagokat, adszorbeált gázokat, a **gáz fázis** (talajgázok) pedig szén-dioxidot, oxigént, nitrogént, jelentős mennyiségű vízgőzt, a mikroflóra anyagcsere gázait (pl. metán, kén-hidrogén) és egyéb komponenseket (pl. a levegőből származó szennyezőket) tartalmaz.

A talajok talajtani szempontból lényeges szilárd fázisú szervetlen komponenseit kloridok, szulfidok, nitrátok, foszfátok, karbonátok, oxidok, oxi-hidrátok és szilikátok alkotják. A talajt érő szennyezések megkötődése és transzportja szempontjából ezek közül kiemelendőek a

karbonátok, az oxidok, az oxi-hidrátok és a szilikátok, különös tekintettel a földpátokra és az agyagásványokra.

A talajban található szerves anyagok a biológiai folyamatok anyag- és energiatartalékai, valamint salakanyagai és melléktermékei. A talaj szerves anyagának bomlási folyamatait számtalan tényező befolyásolja. A lebontási folyamatokban közreműködő makro- és mikroszervezetek fajtáját, továbbá a bomlástermékek minőségét a lebontandó szerves anyagok kémiai összetétele, a talaj fizikai-kémiai tulajdonságai, valamint az éghajlat (hőmérséklet, csapadék és fényviszonyok) határozzák meg.

A talajban lévő szerves anyagok csoportosítását több szempont szerint is elvégezhetjük. A **12. táblázat** a talaj szerves anyagainak áttekintő osztályozását tartalmazza.

A fizikai talajféleség fogalmán a talajt alkotó különböző nagyságú részecskék arányát értjük. A szemcseösszetétel vagy talajszövet (más néven textura) azt fejezi ki, hogy a kőzetben vagy a talajban milyen arányban találhatók a különböző méretű szemcsék. A jelenleg használatos szemcsefrakció besorolás Attenberg munkásságának köszönhető. Attenberg a szemcsefrakciók mérettartományának meghatározása során a víztároló képességet vette figyelembe. A 2 mm-nél nagyobb szemcsék a talaj számára nem hasznosak, ez a **vizet nem tartó kavics frakció. Durva homok frakciónak** nevezte a 0,2-2 mm közötti szemcse tartományt. Ez a frakció vízáteresztő réteget alkot. A **finom homok frakció** 0,2-0,02 mm-es szemcseméret tartományba esik. Jó vízáteresztő képességgel rendelkezik, de a kapilláris hatás következtében 2 m-es réteg 100 mm vizet tart vissza. Higroszkóposssága és ionadszorpciós képessége elhanyagolható. A **por vagy kőliszt** (0,02-0,002 mm) a növényi gyökerek számára szűk csatornákat alkot. A vizet rosszul engedi át és jól tartja vissza. A 0,002 mm-nél kisebb részecskék alkotják az agyag frakciót. Jól gyúrható, tapadó anyag, mely a vizet egyáltalán nem engedi át és nagy víztartó képességgel rendelkezik. Itt szükséges megjegyezni, hogy az agyagokra vonatkozó időszerű nevezéktan két potenciális értelemzavart eredményez, nevezetesen: (1) A 0,002 mm-nél kisebb (kolloidális) szemcseméret nem mindig agyagásványokból áll. Ebben a mérettartományban gyakran előfordul pl. kvarc, karbonátok, zeolitok vagy vas-oxid is. (2) A szemcseméret alapján történő osztályozás nem „ásványtani kritérium”, néhány ásvány (pl. klorit, talk, pirofillit, szerpentin) lehet agyagásvány és lehet nagy szemcseméretű magmás vagy metamorf kőzetalkotó.

12. táblázat: A talaj szerves anyagainak csoportosítása

A csoportosítás alapja	**Eredet, jellemzők**
Alkotó elemek szerint (összetétel)	
Nem specifikus (nem humusz eredetű)	
szénhidrátok	részben szerves maradványok
szerves nitrogén vegyületek	aminosavakból, aminocukrok
lignin	lassan bomló növényi vázanyagok
organikus savak	növényi és állati szerves bomlási folyamatok köztes és végtermékei; hangyasav, ecetsav, kis mennyiségben: oxálsav, tejsav, citromsav, borkősav, zsírsavak
szerves foszforvegyületek	foszforlipidek, nukleinsavak
Specifikus (humusz vegyületek)	
fulvosavak	a talaj szerves anyagából 0,5%-os NaOH oldattal kioldhatók; az oldat megsavanyítása után is az oldatban maradnak
huminsavak	a talaj szerves anyagából 0,5%-os NaOH oldattal kioldhatók; az oldat megsavanyítása után az oldatból kicsaphatók
barna huminsav	a kicsapott frakció lúgban visszaoldódik és kisózásra is oldatban marad
szürke huminsav	A kicsapott frakció lúgban visszaoldódik és kisózásra kicsapódik
Humuszféleségek szerint (funkcionalitás)	
Tartós humusz	fizikai és kolloidkémiai szerep
Táphumusz	Biztosítja a növények és a talaj mikro-szervezeteinek tápanyag- és energia-ellátását
Humuszformák szerint (morfológia)	
Szárazföldi humuszképződmények	A növényi részek jól felismerhetők, a humuszosodás jelentéktelen (nyershumusz, moder, mull)
Félig szárazföldi humuszképződ-mények	Rétiláp vagy síkláp tőzegek erősen nedves feltételek között
Víz alatti humuszképződmények	Tavak, tengeröblök fenekén képződő humuszanyagok (dy, szapropél, iszap, gyttja)

6.1.2 A talaj kialakulása

A szakirodalom öt talajképző tényezőt említ, nevezetesen földtani, éghajlati, domborzati, biológiai tényezőket és a talajok korát. Ezek együttesen alakítják a talajt. A talajképző tényezők egymást nem helyettesíthetik, bár közülük egy-egy időlegesen, adott helyen dominálhat. Az emberi tevékenység a talajképződés folyamatát lényegesen módosítja vagy módosíthatja.

A földtani tényezők azok a természeti jelenségek, amelyek kialakították a földkéreg anyagát és megszabták elrendeződését. Az aktív földtani tényezők a talajképződést tevőlegesen befolyásolják. A kéregmozgások során kialakuló kiemelkedés hatására megváltoznak a sugárzási viszonyok, amelyek jelentős hatással vannak a Föld felszínének alakulására a süllyedések, talajvízviszonyok, a felszíni vizek hálózatán keresztül. A passzív földtani tényezők csak a talajképződés feltételeit teremtik meg azáltal, hogy anyagot szolgáltatnak a talajok kialakulásához. A kőzet fizikai tulajdonságai nagymértékben befolyásolják az élővilág életfeltételeit. A kőzet kémiai tulajdonságai egyrészt a mállási folyamatokra vannak hatással, másrészt meghatározzák azokat az anyagokat, amelyek a mállási folyamatokban felszabadulnak és a talaj jellemző alkotó elemeivé válnak.

A talajképződés (szervesanyag termelés) szempontjából a hőmérsékleti, csapadék- és szélviszonyok (klimafaktorok) meghatározók. Ezek határozzák meg az éghajlati tényezőket. A hőmérsékleti viszonyok a felszínre jutó energia mennyiségét, és ezen keresztül a talajban lejátszódó fizikai-kémiai folyamatok irányát és sebességét határozzák meg. A csapadékviszonyok a felszínre érkező víz mennyiségére és formájára vannak hatással. A párolgással együtt a talaj vízháztartását is befolyásolják. A szélviszonyok közvetlenül a szél által előidézett talajpusztulás, az ún. defláció útján befolyásolják a talajképződést. Közvetett hatásuk a párolgási viszonyokon (talaj vízháztartása) keresztül érvényesül.

A domborzati hatások talajokra vonatkozó következménye a klímazónák rendjéhez igazodó, az Egyenlítővel párhuzamos és a geodéziai magasság függvényében kialakult zonalitás. A geometriai elemek (tájolás, telítettség, lejtőszög, árnyékzóna stb.) révén szabályozza a felmelegedés-kiszáradás, talajerózió-lerakódás mértékét és helyét.

A talajvíz hatása, amelyet a földtani és domborzati tényezők közösen szabnak meg, akkor domináns, ha a talajvíz szintje 4 m-nél nincs mélyebben (láposodás, tőzegesedés, szikesedés) és érvényesül a kapillaritás.

A talajok korának figyelembe vételét a talajok ún. abszolut és relatív kora indokolja. Ez azt jelenti, hogy a Föld felszínén különböző időpontokban indult meg a talajképződés. Míg a sarki övezetekben ill. az északi féltekén a talaj képződése csak a jégtakaró visszahúzódása után indulhatott meg, addig az egyenlítőn a talajképződést a tengerek visszahúzódása indította el. A két terület talajai között tehát abszolút korukat illetően több évmilliónyi különbség lehet. Ismeretes a talajok relatív kora is. Ez azt jelenti, hogy ugyanazon idő alatt a talajok fejlődési állapota eltérő lehet, azaz a talajképző tényezők összhatásában mutatkozó

különbségek azonos idő alatt összetettebb vagy egyszerűbb talajok kialakulásához vezethetnek.

A biológiai tényezők fizikai és kémiai jellegűek, döntő szerepük van a talaj biológiai aktivitásának és termékenységének alakulásában. Az élőlények életük folyamán hatással vannak a talaj szerves és szervetlen alkotórészeire. Az egyes növény- és állatfajok nem külön-külön fejtik ki hatásukat, hanem egymás létének előfeltételei. Ezek dinamikus egyensúlya szabja meg azokat a folyamatokat, amelyeket együttesen a talaj biológiai aktivitásának nevezünk. A fizikai hatások a növényzet föld feletti részének nedvesség- és hőmérsékletviszonyokat szabályozó funkcióinak és a szél fizikai hatásainak (hűtés, párolgás, anyagszállítás-leülepedés, koptatás stb.) befolyásolása révén érvényesülnek. A növény gyökérzete önmagában is lazító-szellőző hatással rendelkezik (gyökerek nyomóereje, gyökérjáratok sűrűsége stb.). A kémiai hatásokat a talajon élő növényzet és a talajlakó állatok anyagcsere és bomlástermékei idézik elő.

Az emberi tevékenység tudatosan, vagy anélkül lényegesen módosíthatja a talaj fejlődését, megváltoztatja környezetét. Ez a hatás annál jelentősebb, minél „fejlettebb” a társadalom. Sajnos, manapság az ember akár irreverzibilis módon is képes átalakítani a környezetét. A bioszféra és a környezet megóvása érdekében olyan ésszerű, környezetbarát életmódot kell(ene) folytatni, amely nem sérti a biológiai egyensúlyt.

A talajok kialakulását un. steril mállás előzi meg. A steril mállás a kőzetek aprózódását és kémiai átalakulását, vagyis a fizikai és a kémiai mállási folyamatokat jelenti.

A fizikai mállás során a kőzetek felaprózódnak. Az aprózódás csak addig megy végbe, ameddig a képződött szemcse tömege és ennek következtében mozgási energiája fedezi az ütközés során a hasadáshoz szükséges energiát (0,01 mm szemcseátmérő). A fizikai mállás energiája származhat a rétegnyomás csökkenéséből, a kőzetalkotó ásványok egymástól eltérő hővezető képességéből és hőtágulásából, az anyagban meglévő belső feszültségekből, a gyökérzet hatásából, a hézagokba beszivárgott víz/jég repesztő erejéből. A sókristályok növekedéséből származó erők kőzetaprózódó hatása elsősorban száraz, sivatagi éghajlat alatt fekvő talajokban és kőzetekben jut érvényre. A víz, a jég és a szél koptatja, szállítja és osztályozza a törmeléket.

A kémiai mállás a kőzetek illetve a kőzetalkotó ásványok alkotórészekre történő bontását, kémiai átalakulását jelenti. Az intenzívebb fizikai mállás a reakció felület megnövekedése miatt kedvezőbb feltételeket teremt a kémiai mállási folyamatok számára. A folyamat során

az anyag kémiai és ásványtani felépítése is átalakul. A kémiai mállási folyamatokat külön-külön vagy együttesen több részfolyamat határozza meg. Az oldódási folyamatok hatására a vízben könnyen oldódó anyagok kioldódhatnak a kőzetekből. A kőzetre ható oldatok elsavanyodása fokozza a mállás intenzitását az alábbi modell reakcióegyenlet szerint:

$$CaCO_3 \downarrow + H_2CO_3 = Ca(HCO_3)_2$$

Víz jelenlétében a vízben jól oldódó sók hidrolízise gyorsan végbemegy. A kismértékben oldódó szilikátok mállása a felületen indul meg a H^+- és az OH^--ionok hatására a következő modell reakcióegyenlet szerint:

$$\underset{ortoklász}{KAlSi_3O_8} + HOH \rightarrow \underset{alumokovasav}{HAlSi_3O_8} + KOH$$

A redoxi folyamatok a vegyértékváltó elemeket tartalmazó mállási folyamatokban játszanak jelentős szerepet. Ezek közül a Fe- és a Mn-tartalmú szilikátok a legfontosabbak.
Alapjában véve a biológiai mállás során is fizikai ill. kémiai változások következnek be azzal a különbséggel, hogy a CO_2 valamint a különböző szerves savak biológiai tevékenység révén keletkeznek. A folyamatok irányát és hatását a felszínen élő növények vegetációs igényei is befolyásolják. A biológiai mállás során tehát a komplexképző anyagok hatására az oldhatósági viszonyok módosulnak, s a növényi tápelemek nagyobb mennyiségben maradnak vissza a mállás helyén. A biológiai mállás tehát a talajképződés nagyon lényeges eleme, mert megszabja a talajok tápanyagkészletének alakulását.

6.1.3 A talajok szerkezete

A talaj szilárd fázisát alkotó részecskék a különböző erők hatására kisebb-nagyobb halmazokká rendeződnek, amely a talajok többségének jellemző szerkezetet biztosít. A talaj szerkezete, morzsalékossága befolyásolja a talajnedvesség és a gázok által való átjárhatóságot, a talaj vízállóságát és szellőzését. A talaj szerkezete alapvetően befolyásolja a növény életterét. A növény gyökere hasonlóan lélegzik, mint föld feletti része. Egy szárazföldi növény gyökerének tápanyagokra, vízre, levegőre és szilárd támasztóközegre van szüksége. A támasztóközegnek ráadásul olyannak kell lennie, amely lehetővé teszi a növény

gyökerének növekedését összenyomhatósága, viszonylagos képlékenysége által. Bármelyik tényező ezek közül hiányzik, vagy ezek nem az adott növénynek megfelelőek, a növény elpusztul. A talaj pórusos szerkezete lehetővé teszi e funkciók ellátását: a pórusokon keresztül vizes oldatok, légnemű anyagok áramolhatnak többé-kevésbé szabadon a gyökerek irányába, vagy onnan el. A szemcsék adhéziója megfelelő támasztóhatást biztosít a gyökereknek, azonban a pórusok csökkentésével utat enged a növekedő gyökércsúcsoknak és a vastagodó gyökereknek, száraknak.

A talaj szilárd fázisát alkotó részecskék különböző erő hatására halmazokká rendeződnek, ezért a talajok többségének jellemző szerkezete van. A talaj szerkezetét alapvetően a szilárd ásványi szemcsék mérete és térbeli elrendezése, illetve a szerves anyagok mennyisége és minősége szabja meg. A 2 mm-nél nagyobb méretű szemcsék a szerkezeti egységek vázát adják, a kolloidok pedig a ragasztóanyag szerepét töltik be.

A **talajszerkezet kialakulása** során a talaj kolloidrészecskéi külső hatásokra összetapadnak, koagulálódnak és elsődleges halmazokat, **koagulumokat** alkotnak. A **mikroaggregátumok** az úgynevezett vázrészekből alakulnak ki, melyeket a kolloidok ragasztóanyagokként kapcsolnak össze. A ragasztóanyagként szereplő kolloidok lehetnek agyagásványok, szerves anyagok, vas-, alumínium-hidroxidok, szénsavas mész ($CaCO_3$, $CaMg(CO_3)_2$), élő mikroszervezetek, talajlakó állatok ürüléke vagy talajkondicionáló szerek (pl. akrilsav – $CH_2 = CH - COOH -$ származékok). Az **aggregátumok** mikroaggregátumokból képződnek a fizikai erőbehatások (fagyhatás, gyökerek nyomó hatása) segítségével.

6.1.4 A talaj kolloidkémiai tulajdonságai

A kolloidok a talaj szilárd fázisának legaktívabb komponensei. Ez nagyon fontos abból a szempontból, hogy **oldott, mozgékony állapotukban is rendelkeznek felülettel**, ahol a különböző felületi, elsősorban adszorpciós folyamatok lejátszódhatnak. Fontos szerepük van az ionok, molekulák megkötésében és a talajszerkezet kialakításában, ezért hatással vannak a talaj tápanyag-, víz- és hőgazdálkodására, a talajszennyezések felhalmozására és transzportjára is.

A kolloid rendszerek homogén közegből és abban eloszlatott részecskékből állnak, mely részecskék vagy vázelemek mérete 1-1000 nm közötti mérettartományba esik. A kolloidok méretüket tekintve a **homogén** és a **heterogén** anyagi rendszerek között foglalnak helyet. A homogén rendszerek makroszkóposan egységesek (pl. a valódi oldatok). A heterogén

rendszerek valamilyen szempontból eltérő makroszkópos kiterjedésű homogén fázisokból állnak. A talajokban méretük alapján ide sorolhatók ásványszemcsék és a humuszanyagok. Talajkémiai szempontból azok a kolloidok a legjelentősebbek, melyek nagy felülettel rendelkeznek, ezért a felületen zajló reakciók számottevőek.

A kolloid rendszerek csoportosítását különböző szempontok szerint tehetjük meg.

Alaki megfontolások alapján fibrilláris (egy dimenziós méretnövekedés, szálak), lamináris (2 dimenziós méretnövekedés, korongok) és korpuszkuláris (3 dimenziós méretnövekedés, gömbök, szemcsék) kolloidokról beszélhetünk. A lamináris és a fibrilláris kolloidok difformálással keletkeznek, a korpuszkulárisak diszpergálással.

A kolloid részecskék felépítése szerint a kolloidok lehetnek makromolekulás, asszociációs és diszperziós kolloidok. A molekulakolloidok és az asszociációs kolloidok diszperz rendszerei az anyag folyadékban történő spontán oldódásával alakulnak ki. Diszperziós kolloidokat tartalmazó diszperz rendszerek pedig különböző minőségű anyagokból keletkezhetnek.

Felületi tulajdonságaik alapján a kolloidokat poláros és apoláros csoportokra oszthatjuk. Polárosak azok a kolloidok, amelyek felületén ionok, gyökök és poláros molekulák vannak, a felületen külső hatás nélkül is elektromos erőtér, elektromos töltés keletkezik. Az apoláros kolloidok felületén külső hatás nélkül nincs elektromos töltés.

Méreteloszlásuk alapján homodiszperz, vagy azonos méretű, valamint polidiszperz vagy különböző méretű kolloid rendszerekről beszélhetünk.

Anyagi eredetük alapján a szervetlen vagy ásványi kolloidokhoz tartoznak az agyagásványok (szilikátok mállástermékei), a kovasav valamint a Fe- és Al-hidroxidok és ásványtörmelékek. A szerves kolloidok csoportjába sorolhatók a szerves-ásvány komplexek kolloidjai és a humuszanyagok. A szerves anyagok és az ásványi komponensek között létrejött erősebb-gyengébb kölcsönhatások eredményeként organo-minerális komplexek vagy adszorpciós komplexumok jönnek létre. Például az agyagásványokat valamint a Fe- és Al-hidroxidokat részben vagy egészben különböző vastagságú humuszhártya veszi körül. Az agyagásványok felületén kovasav Fe- ill. Al-hidroxid bevonat is képződhet.

A kolloid részecskék vagy **micellák** szerkezetileg két részre bonthatók. A szilárd fázist micellamagnak, az ezen kialakult nagy töltéssűrűséggel rendelkező réteget **szovátburok**nak nevezzük. A micellák között elhelyezkedő folyadék fázis az **intermicelláris folyadék, vagy más néven a talajoldat**. A kolloid mag negatív töltésű helyei kötik meg a szolvát réteget.

Vizes szuszpenzióban a kolloidok felületén adszorbeált kationok és a folyadék fázis kationjai között dinamikus egyensúly jön létre. Egyensúlyi állapotban a szolvát réteg kation koncentrációja nagyobb, mint a talajoldaté.

Az aktív felülethez legközelebb eső kationok erősebben kötődnek, mint a távolabbiak, vagyis **az első réteg erősebben kötődik, mint a második vagy n-edik réteg.** Ezért a felület közelében a részecskék viszonylag nagy koncentrációban, és térben rendezett módon helyezkednek el. Ezt az erősebben kötődő, rendezetten elhelyezkedő réteget **Stern réteg**nek nevezzük. A felülettől távolabb az ionok kinetikus energiája a kötőerő csökkenése következtében megnövekszik, az eloszlás kevésbé rendezett lesz, úgynevezett **diffúz réteget** alkotva.

6.1.5 A talajkolloidok határfelületén végbemenő folyamatok

A szilárd és folyékony határfelületen lejátszódó adszorpciós- és ioncsere folyamatok nagy jelentőségűek elsősorban a talaj tápanyag-, víz- és hőgazdálkodása, pufferképessége, a szerves- és ásványi komponensek kapcsolódása, az öntözés és a trágyázás hatékonysága szempontjából. Fontos kiemelni a talajt ért szennyeződések megkötődési és transzport folyamatai során játszott szerepüket is.

Az adszorpciót létrehozó erők nagysága, jellege és a megkötődés mechanizmusa különböző lehet. A van der Waals erők és a hidrogénhíd kötések fizikai adszorpciót, az elektrosztatikus erők ioncserét, koordinációs és egyéb kémiai kötések kemoszorpciót illetve komplexképződést eredményeznek a felületen. **A fizikai adszorpciót** tehát **a kis- és közepes hatótávolságú, az ioncsere adszorpciót pedig az ion-ion kölcsönhatásra jellemző nagyobb hatótávolságú Coulomb-erők teszik lehetővé**.

6.1.6 A talaj kémhatása. A protolitikus folyamatok kolloidkémiai háttere

A különböző oldatok és szuszpenziók savas, bázikus vagy semleges karakterét (*kémhatását*) a disszociált hidroxónium (H_3O^+) és hidroxid (OH^-) ionok aránya határozza meg. A kémhatás kifejezésére a $[H^+]$ koncentráció mólban kifejezett értékének 10-es alapú negatív logaritmusát használjuk, melyet pH-nak nevezünk. A talajok vizes közegében mért kémhatása (pH_{H_2O}) a talajoldat mindenkori egyensúlyi disszociált $[H^+]$ illetve $[H_3O^+]$

koncentrációjára jellemző. Értéke módosulhat a talaj vízoldható só- és CO_2-tartalma következtében.

A talajokat a pH_{H_2O} értékük alapján az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

<4,5 pH	erősen savanyú talajok;
4,5-5,5 pH	savanyú;
5,5-6,8 pH	gyengén savanyú;
6,8-7,2 pH	semleges;
7,2-8,5 pH	gyengén lúgos;
8,5-9,0 pH	lúgos;
>9,0 pH	erősen lúgos talajok.

A talaj savanyúságát okozó hidrogénionok részben külső forrásból származnak, részben belső forrásokból, a talajban lejátszódó protontermelő folyamatok során keletkeznek. A légkörből főként szennyezőként, SO_2, SO_3, CO_2, NO_2, H_2SO_4, és HNO_3 formájában kerülhet a talajba.

A talaj protonmérlegét az alábbi egyenlet szerint írhatjuk föl:

$$\left[H^+_{Belépő}\right]+\left[H^+_{Képződő}\right]\Leftrightarrow\left[H^+_{Kilépő}\right]+\left[H^+_{Megkötődő}\right]$$

A **talaj savanyúságának** mennyiségi mérésére a sóoldatok hatásán alapuló jelenségeket használjuk fel. A sóoldat minősége szerint megkülönböztetünk úgynevezett. aktív- és potenciális (vagy rejtett) savanyúságot. Az **aktív savanyúság** a vizes talajszuszpenzióban mért mindenkori egyensúlyi állapotnak megfelelő $[H^+]$-koncentrációt jelenti. Savanyú talajokban a H^+- és az Al^{3+}-ionok többsége a kolloidok felületéhez kapcsolódva található. A körülmények változásával azonban ezek az ionok megjelenhetnek a talajoldatban **potenciális vagy rejtett savanyúság** formájában, növelve annak savanyúságát. A potenciális savanyúság meghatározásakor valamilyen alkalmas sóoldattal kezeljük a talajt.

A potenciális savanyúságon belül megkülönböztetünk kicserélhető és hidrolitos savanyúságot. A kicserélhető savanyúságot a kolloid felületen adszorbeált Al^{3+}- és H_3O^+-ionok okozzák, hidrolitos savanyúság gyakorlatilag a 8,2 pH-jú kalcium-acetát Ca^{2+}-ionja által a kolloid felületről leszorított H^+-ionok koncentrációját jelenti.

A **talajoldat lúgos kémhatását** a lúgosan hidrolizáló sók túlsúlya és/vagy a kicserélhető Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ és K^+ oldatba jutása idézheti elő. A lúgosan hidrolizáló sók ($CaCO_3$, $MgCO_3$,

$CaMg(CO_3)_2$, Na_2CO_3) oldódása a víz disszociációja révén keletkezett protonok megkötésével jár. A szikes talajok kémhatását alapvetően a kolloidok Na-telítettsége, a talajoldat sótartalma, az oldat kation- és anion összetétele, valamint a CO_2 parciális nyomása szabja meg.

A talaj adszorpciós és ioncserélő tulajdonságai miatt a talajoldatba kerülő kémiai anyagok koncentrációjában bekövetkező változásokat csökkenteni igyekszik, vagyis pufferolja a rendszert. **Az oldatoknak vagy szuszpenzióknak azt a tulajdonságát, amely sav vagy lúg hatására bekövetkező pH változást tompítani igyekszik, puffer hatásnak nevezzük.** A puffer-oldatok gyenge savakat, valamint a gyenge savak erős bázisokkal képzett sóit együtt tartalmazzák. A talaj is egy puffer rendszer, mivel benne mind a gyenge savak (szénsav), mind pedig ezeknek sói megtalálhatók.

6.1.7 A talajok vízgazdálkodása

A talaj vízgazdálkodása a talajban tárolt víz mennyiségével, annak mozgékonyságával, felvehetőségével és a vízmozgással kapcsolatos jellemzőkre vonatkozik, ezért hatással van a talaj termékenységre. A **talaj nedvességtartalma** a talajban levő víz mennyiségét jelenti, melyet tömeg-, vagy térfogatszázalékban szokás megadni (néha mm-ben fejezzük ki). Mérésére **gravimetriás** eljárást használunk: a légszáraz és a 105°C-on szárított talajminta tömegének különbségét 100g mintára vonatkoztatjuk.

A talaj nedvességtartalma térben és időben jelentős mértékű változást mutat, melyet több tényező befolyásol. Ezek közül a legfontosabbak a **meteorológiai tényezők** (csapadék, hőmérséklet, szél), a **geomorfológiai, geológiai és hidrológiai tényezők** (domborzat, talajvízszint), a **talajtulajdonságok és az emberi beavatkozások** (agrotechnika, öntözés, melioráció). A **talajnedvesség** legfontosabb komponensei a vízoldható szerves anyagok, tápsók, vízoldható nátrium-sók, valamint az oldott CO_2.

A pórusviszonyoktól függően a talajvíz gravitációs-, kapilláris-, adszorpciós-, és ozmotikus erővel kötődik a talaj szilárd fázisához. Az **erősen kötött víz** a talajrészecskék által megkötött vízburok, és a kémiailag kötött szerkezeti víz. A növények ezt a vízformát nem képesek hasznosítani. A **lazán kötött víz** a talajszemcsék felületén és az aggregátumok hézagaiban helyezkedik el. Már oldja és szállítja a sókat, de a növények számára még nem hozzáférhető. A **kapilláris víz** a növények számára nagyobb részben felvehető. Adott talaj esetében a kapilláris vízmozgás sebessége a nedvességtartalom és a talajszerkezet függvénye. A

kapilláris-gravitációs víz a 10-50 μm átmérőjű kapilláris rendszerben helyezkedik el, a növények számára hozzáférhető. A **gravitációs víz** az 50 μm-nél nagyobb pórusokban található, gyorsan szivárog lefelé és a **talajvíz** a talaj pórusait teljesen kitölti.

A talajok vízgazdálkodási jellemzői a vízelnyelésből, víztartó képességből és a száradási feltételekből tevődnek össze. Azt mutatja meg, hogy a talaj mennyi vizet képes tartalékolni és ebből mennyit képes a növényzet rendelkezésére bocsátani. Vízgazdálkodási szempontból a talajok típusokra oszthatók. A **kilugzásos típus** esetében a talaj felszínére jutó víz egy része a talajvízbe jut és a lefelé irányuló vízmozgás következtében a kilugzási folyamatok dominálnak. Az **egyensúlyi típusú** a talaj felszínére jutott víz az úgynevezett beázási rétegben migrációs mozgást végez a talajok oldott alkotórészeivel együtt (vagyis nem éri el a talajvizet). A **párologtató típusú** talajok felszínére jutó víz és a talajvíz együttesen párolog. A talajszelvényben a felfelé irányuló vízmozgás és a felhalmozódási folyamatok dominálnak. A talajok vízgazdálkodása időszakos nedvességvizsgálatokkal követhető.

A vízgazdálkodás fogalmát az úgynevezett **vízkapacitás értékkel** szokás kiegészíteni, mely a talaj **vízvisszatartó képességével** hozható összefüggésbe. A **szabadföldi vízkapacitás** az a vízmennyiség, melyet az átázott talaj a gravitációval szemben vissza tud tartani. Alapvetően a szerkezet, szemcseösszetétel, rétegezettség és a talajvízszint függvénye. A **maximális vízkapacitás** a talaj maximálisan befogadható vízmennyiségét jelenti. Az a vízvisszatartó képesség, amikor a talajvíz már nem játszik szerepet a vizsgált talajréteg vízkészletének alakulásában. A **kapilláris vízkapacitás** a talajvíz fölött közvetlenül elhelyezkedő réteg nedvességtartalmát fejezi ki. A különböző összetételű talajok vízgazdálkodási tulajdonságait nagymértékben befolyásolja a vízelnyelés és a vízáteresztés is. A nem homogén összetételű talajok vízáteresztő képességét mindig a legkevésbé vízáteresztő réteg határozza meg.

A talajok vízfelvétele duzzadással, vízvesztése zsugorodással jár. Ez utóbbi kisebb-nagyobb repedéseket okoz a talajban. A zsugorodás mértéke a talaj kötöttségétől, pórustérfogatától és a nedvességtartalmától függően változik. A zsugorodás számszerűsítésére szabványosított eljárások használatosak.

A különféle talajok a mechanikai összetétel, a szerkezet, a tömöttség, a repedezettség és a pórusviszonyok, a talajszelvény felépítése és a kémiai tulajdonságok alapján **vízgazdálkodási csoportokra** oszthatók. Ezek szerint az alábbi csoportosításról beszélhetünk:

- igen nagy vízbefogadó képességű, gyengén víztartó talajok,

- nagy befogadó képességű, közepes víztartó talajok (pl. vályogos homok),
- jó vízbefogadó képességű, jó víztartó talajok (pl. csernozjom talajok),
- közepes befogadóképességű és jó víztartó talajok (pl. agyagos és agyagos-vályog talajok),
- közepes befogadóképességű, erősen víztartó talajok (pl. agyagos és agyagos-vályog talajok),
- rossz befogadóképességű, erősen víztartó talajok (pl. szolonyeces talajok), és
- igen rossz vízbefogadó képességű, igen erősen víztartó talajok (pl. szoloncsák szolonyecek).

6.1.8 A talajok levegő-, hő- és tápanyag gazdálkodása

A talaj pórusaiban levő víz és a talajgázok egyensúlyban vannak. **Az adott talaj, nedvesség állapota tehát a pórustér levegő vagy talajgáz tartalmát is meghatározza.** Ahhoz, hogy a levegőgazdálkodásról pontos képet kapjunk, a szántóföldi vízkapacitásig vízzel telített talaj levegőkészletét meg kell meghatározni. **A talajok levegőgazdálkodását** a talajlevegő összetétele, a talaj és a levegő kölcsönhatása és a pórusokban lévő levegő mennyisége befolyásolja. A talaj levegőtartalma a talajszerkezet függvénye, pl.: homoktalajokban 30-40 %, vályogtalajokban 10-25 % és az agyagtalajokban 5-15 % a levegő mennyisége. Ha a talaj térfogatának levegőtartalma kevesebb, mint 13 %, a növények nem fejlődnek megfelelően. A rossz szerkezetű, tömött talajok levegőgazdálkodását szerkezetjavítással, altalajlazítással, mélyműveléssel lehet illetve szükséges javítani.

A növényi fejlődés megfelelő hőmérsékletet is igényel. A talaj hőmérséklete nemcsak a magasabb rendű növények magvainak csírázását, növekedését és fejlődését szabja meg, hanem befolyásolja a talajban élő mikroorganizmusok életét, ezen keresztül a tápanyagforgalmat is. A hőmérséklet szerepet játszik a talajban végbemenő mállási folyamatokban is. Összefoglalva megállapítható, hogy **a talajok víz-, levegő-, tápanyag és hőgazdálkodása egymástól elválaszthatatlan fogalmak és együttesen határozzák meg a talaj termékenységét.**

Az agrokémiai gyakorlatban a tápanyag ellátottság egyaránt jelenti a talaj és a növényzet tápanyagokkal történő megfelelő ellátását. A talaj akkor tudja jól ellátni a növényzetet tápanyaggal, ha megfelelő intenzitással, hosszú ideig tud tápanyagot szolgáltatni. Ehhez megfelelő tápanyagtartalom mellett nagy **tápanyag potenciálra** (felvehető tápelem

mennyiségre) van szükség. A trágyázás növeli a tápanyag ellátottságot, de a trágyázás előtti tápanyag ellátottságtól függően növeli, csökkenti vagy nem befolyásolja a termés nagyságát.

6.2 A talaj károsításának formái

6.2.1 Erózió és környezeti károk, a mezőgazdaság egyensúlyi eltolódása

A talajképződés, valamint a talajok fejlődése nem töretlen folyamat. A víz és a szél munkája jelentős talajpusztulást okozhat, a visszamaradó talajrészek tulajdonságait és a termékenységet alapvetően befolyásolhatja. A talajpusztulás folyamatainak és ezek hatásainak ismerete nélkül a talajok termékenysége nem értékelhető, a termékenység fokozásának helyes módja nem megválasztható. **A talajpusztulást okozó tényezők értékelése során alapvető különbséget kell tennünk a természeti folyamatok és az emberi tevékenység hatására bekövetkezett talajpusztulás között.** A természeti folyamatok által okozott talajpusztulások általában kis sebességűek, így a hatások hosszú idő múlva észlelhetők, úgynevezett **geológiai talajpusztulást** okoznak. A szél, a víz, az erdőirtások és a szántóföldi gazdálkodás, valamint a nem megfelelő állattartás gyors talajkárosodást, úgynevezett **gyorsított talajpusztulást** idéznek elő.

A **talaj pusztulását kiváltó tényezők** a talaj elmozdításához és szállításához szükséges közeget és energiát szolgáltatják. A **talajpusztulást befolyásoló tényezők** ezeknek az energiáknak a talajra gyakorolt hatását növelik vagy csökkentik.

6.2.2 Talajpusztulás: erózió és defláció

A víz által okozott talajpusztulás az erózió. A **jelenséget kiváltó tényezők a terep adottságai** (lejtők alakja), **a csapadék formája** (hó vagy eső), a cseppek nagysága, hevessége, a csapadék időtartama, mennyisége, továbbá hó esetében az olvadó hó mennyisége és az olvadás körülményei szerint nagy változatosságot mutatnak. **A befolyásoló tényezők között a talaj nedvesség állapota, vízgazdálkodása, szerkezete és a növényzettel való borítottsága számottevő.**

A csapadék hevessége, mennyisége csak ott okoz eróziót, ahol **felületi lefolyások** képződnek. Hó csak olvadáskor válthat ki eróziót abban az esetben, ha a talaj fagyott marad és az olvadékvíz felületi lefolyásokat képez. A lejtőviszonyok meredekségükkel, hosszúságukkal, alakjukkal (egyenes, domború vagy homorú), kitettségükkel (tájolásukkal) befolyásolják az erózió mértékét. A talaj víznyelő és víztartó képességének növekedésével, valamint a talaj nedvességtartalmának növekedésével az erózió (különösen a csepperózió)

veszélye csökken. Mivel a jó szerkezetű talajok vízgazdálkodása is jó, erodálhatóságuk kisebb mértékű. A növényzettel való borítottság a csapadékhatás mérséklésén keresztül szintén fékezi az eróziót. Az eróziós folyamatok különböző formákban jelennek meg.

1. A **felületi rétegerózió** hatására a felszínen egyenletes talajelhordás, vagy a szántott réteg vastagságát meg nem haladó sűrű, sekély vízhálózat alakul ki. Ezek sekély talajműveléssel már megszüntethetők. A felületi rétegeróziónak három fajtáját szokás megkülönböztetni:
2. A kiszáradt talajszemcséket ért hirtelen nedvesség **csepperóziót** okoz, mely a talajrögök apróbb részekre való robbanásszerű szétesésében nyilvánul meg. Az esőcseppek mechanikai ütőhatása sem elhanyagolható.
3. A vízkapacitáson túl telített talajt ért újabb csapadék elfolyósítja a talajfelszínt és a talaj legfelső vékony pépszerű rétege a lejtőn lefelé elmozdul. Mivel a talajfelszín közel összefüggő rétegben egyenletesen mozog, a jelenség szemmel nem, vagy nehezen érzékelhető. Ezért az ilyen típusú eróziót **rejtett erózionak vagy mikroszoliflukciónak** nevezzük.

A lepelerózió a felületi lefolyás hatására nagy területen, lepelszerűen, egy időben elmozduló víztömeg segítségével szállított talajrészek által jellemezhető.

A **barázdás erózió** a kisebb vízerek nagyobb vízfolyásokká való egyesülésekor, lejtős területen fejti ki hatását. Képződésüket sokszor keréknyom vagy helytelen sáncolás segíti elő. Fontos hangsúlyozni, hogy a felszínt nem egyenletesen, hanem vonalasan érinti, úgynevezett **vonalas eróziót** okozva.

A **vízmosásos erózió** a vonalas erózió erőteljesebb formája. Keresztmetszetük V vagy U alakot vehet fel az elhordott talaj mennyiségének függvényében. A vízmosások képződését az emberi tevékenység jelentősen befolyásolja különösen a legeltetés idézhet elő jelentős vízmosásos talajpusztulást.

A **padkásodás** a sík szikesekre jellemző talajpusztulási forma. Az erózió hatására néhány dm mély, meredekfalú mélyedések alakulnak ki. A padkatetőt gyep takarja, a padka fenekén porszerű kovasav gyűlik össze. Itt csak só- és szárazságtűrő, gyér növénytakaró tud megtelepedni. A padkásodás a meredek padkaperemek pusztulásával indul el. A talajpusztulás közvetlen kiváltó oka a zárt növénytakaró megszűnésében (állat csordák vagy dűlőutak által) keresendő.

A lejtőkről lepusztult talajrészek a felületi lefolyások energiájának csökkenésével leülepednek. A lerakódás helyén az eredeti növényzet elborításával, **szedimentációjával vagy eliszapolódásával** jelentős kárt okoznak. Az eliszapolódás jelentős kárt okoz akkor is, ha közlekedési utakat érint.

Az erózió folyamatát és megjelenési formáit **eróziós fokozatokkal** szokás jellemezni. Az erózió fokozata olyan állapot, melyet a talajpusztulás folyamata elért. A különböző eróziós formákat a talajpusztulás fokától függően gyenge, közepes és erős kategóriákba szokás sorolni.

A szél által okozott talajpusztulást deflációnak nevezzük. A jelenség nemcsak a homoktalajokat, hanem minden fizikai féleségű talajt érintheti, ha a szél energiája megfelelően nagy a talajrészek méretéhez és tömegéhez viszonyítva. **A deflációt kiváltó tényezők a szél sebessége és örvénylése. A jelenség hatásfokát a talaj tulajdonságai** (szemcseösszetétel, szerkezetesség, szevesanyag tartalom), **valamint a terepviszonyok** (terület nagysága, a felszín érdessége és nedvessége, növényzettel való borítottsága) **mint befolyásoló tényezők határozzák meg.**

A szélviszonyok hatása elsősorban a szélsebességgel jellemezhető. A talajfelszín közelében a legkisebb a szélsebesség, és a magassággal logaritmikus arányban nő. Ez a sebesség gradiens megszabja a szél hatását is. A talajpusztulás szempontjából definiálható egy úgynevezett **küszöbsebesség érték**, amely mellett az adott talajra ható szél a talaj szemcséit elmozdítja. **A deflációs terület hossza a szél akadálytalan mozgásában, a szemcseösszetétel a szél által való könnyebb hordhatóságban, a szerkezetesség a szemcséket összetartó erők csökkenésében, a nagyobb szervesanyag tartalom a kisebb fajsúlyban és a könnyebb mozgékonyságban érvényesíti hatását**. Az érdesebb talajfelszín mindössze cm nagyságrendű szintkülönbségeket jelent, de ez a különbség elegendő ahhoz, hogy a magasabban fekvő talajrészek a széláramlás örvénylő rétegeibe jussanak. A mélyebben levő részek felé való elmozdulásuk során a felfelé irányuló légmozgás felkapja a talajszemcséket és tovaviszi. A nedvesség a térfogatsúly és a szemcséket összetartó tapadóerő növekedésének következtében csökkenti a szél talajpusztító erejét. A növényi borítottság szintén jelentős mértékben csökkentheti a deflációt azáltal, hogy megköti a talajszemcséket, lecsökkenti a szél erejét a talajfelszín közelében, valamint a talajfelszín beárnyékolásával csökkenti a kiszáradás veszélyét.

A szél talajmozgató hatása következtében megnyilvánuló **deflációs formák** a talajok termékenységét jelentősen lecsökkenti, új felszíni formák, szélfodrok, szélbarázdák, garmadák és buckák képződnek.

A **szélfodrok** nagysága mindössze néhány cm, a szél irányára merőleges, a vízfelszín fodrozatához hasonlatos jelenség.

A **szélbarázdák** nagysága már néhány m is lehet. Hossztengelyük a szél irányával párhuzamos. A jelenség könnyen felismerhető arról, hogy a barázdák fenekén nagyobb szemcsézettségű talajtakaró van, esetenként kavicsok és mészkiválások is láthatók.

A szél által képződött nagyobb lerakódások **garmadákat, dűnéket** képeznek, melyeket összefoglaló néven **homokbuckáknak** nevezünk. Ezek nagysága esetenként néhány métertől 10-20 m szintkülönbségig terjedhet. Alakjuk torzult paraboloid, hossztengelyükkel az uralkodó szélirányt követik.

A **lepelhomok** a szél által szállított homok lerakódás. A valamikor felszínt alkotó talajszintet laza, szél hordta homok borítja. A felszín általában sík, jelenlétéről csak a talaj mélyebb rétegeinek feltárását követően lehet tájékozódni.

A szél talajpusztító hatásában résztvevő folyamatok közül a talajszemcsék mozgásának is jelentős szerep jut. Általában elmondható, hogy minél hosszabb úton érvényesül a szél hatása, annál nagyobb a valószínűsége az elsodort talajszemcsék egymással való ütközésének és aprózódásának.

A talajfelszínen rendszerint nem a középpontjában éri a szemcsét az ütközés ereje, ezért azok **elfordulását, gördülését** eredményezi. Ez általában a 0,5-2 mm nagyságú tömör homokszemeket, vagy az ennél nagyobb méretű porózus talajmorzsákat jellemzi.

A 0,05-0,5 mm méretű tömör homokszemcsék és a valamivel nagyobb szemcseméretű apró talajmorzsák jellegzetes mozgásformája a **pattogó mozgás.** Lényege az, hogy a felszínt elhagyó talajszemcsék hosszabb-rövidebb utat tesznek meg a levegőben, visszaesnek a felszínre, majd az ütközés törvényei szerint újból a magasba pattannak, esetleg a talaj felszínén a mozgási energiájuk csökkenésével gördülő mozgást végeznek.

Ha a talajfelszín közelében felfelé áramló örvények alakulnak ki, a többnyire finom porrészecskéket az örvénylő légáramlat felemelheti, lebegtetheti esetleg nagyobb távolságra is elszállíthatja. A **lebegésre** képes szemcsék kialakulását kisebb mértékben a gördülő, nagyobb mértékben a pattogó mozgásforma is segítheti. A szélhatás vonalának növekedésével egyre több szemcse kerül mozgásba, nagyobb a valószínűsége a szemcsék

aprózódásának a gördülő és pattogó mozgásformák hatása erősödik, a szemcsék kinetikus energiája egyre több szemcsét mozgat meg.

A halmozott hatásokat **lavinahatásnak** nevezi az irodalom. Minél hajlamosabb egy talaj a deflációra, minél több feltétel segíti a defláció érvényesülését, annál nagyobb a talajpusztulás lavinaszerű növekedésének üteme.

A defláció okozta talajpusztulás fokozatait az eróziós fokozatokkal ellentétben nagyon nehezen lehet megállapítani. A deflációs talajpusztulás ugyanis sokszor nem jelenkori folyamat és erősségében a geológiai közelmúlt hatása is érvényesül, vagyis a geológiai és a „gyorsított" defláció hatásai összegződnek. Ezért a deflációs fokozatok megállapításánál csak a fiatalabb talajpusztulás nyomait értékelhetjük (pl. vetések elborítása, gyepes területek felmagasodása). A gyengén, közepesen vagy erősen fejlett fokozatok behatárolásánál a frissen szállított homok mennyiségét, valamint az általa elborított terület nagyságát vehetjük alapul. Sok esetben az erózió és a defláció hatásai együtt jelennek meg. Például a löszdombságok gerince a szélhatás következtében pusztul le, a dombtetőről a völgy felé a víz eróziós ereje pusztít.

A defláció jelentős károkat okoz egyrészt a lepusztult talaj termékenység csökkenésével, másrészt a mozgó homok ütőereje következtében a növényzet károsodik a **homokverés** (levélzet károsodik) vagy a **kifúvás** hatására. A szél ugyanis a növényzet alól kifújja a talajt, így támaszték nélkül a növény eldől, a szél és a nap együttes hatására a gyökérzet kiszáradhat és a növény elhal. A talaj termékenység csökkenése mind a deflációs, mind az eróziós talajpusztulás esetében a talaj víz- és tápanyag gazdálkodásának romlására vezethető vissza. A szerves kolloidokban és tápanyagokban gazdagabb felszíni talajszintek elhordása, lepusztulása után a kis víztartó képességű, kevés tápanyagot tartalmazó alsóbb rétegek maradnak vissza, melyek a növényzet igényeit kevésbé tudják kielégíteni. Ezért az erózió és a defláció elleni védekezés kiemelt fontosságú a termőtalajok megóvása érdekében.

6.2.3 Az erózió és a defláció elleni védekezés

Az erózió elleni hatékony védekezés során a kiváltó tényezők hatásait csökkentjük, a módosító tényezőket pedig úgy befolyásoljuk, hogy a pusztulás mértéke csökkenjen. Alapvetően a talajpusztulás elleni védekezésnek műszaki és agronómiai megoldásai vannak.

A műszaki megoldások a lejtők tagolására és a lefolyó víz energiájának csökkentésére irányulnak. A lejtők meredeksége elvileg megváltoztatható, azonban nagy tömegű föld

mozgatása a gyakorlatban csak nagyon ritkán valósítható meg, elsősorban gazdasági megfontolások miatt. A lejtők hossza azonban befolyásolható, ezzel a felületi lefolyások hossza változtatható. A lejtők tagolását sáncolással, teraszolással és övárkok létesítésével végezhetjük el.

A sánc a lejtőről lefolyó vizet visszatartja, elvezeti és a felületi lefolyás sodróerejét jelentősen lecsökkenti. A sáncban összegyűjtött víz a talajba visszaszivárog, így csökken a felületi lefolyás mértéke és növelhető a talaj vízkészlete. A sáncolást a szintvonalat követve vízszintesen, valamint 3-5‰ eséssel, lejtősen is el lehet végezni. Fontos, hogy határvonalai a lejtő eredeti vonalához törés vagy éles átmenet nélkül csatlakozzanak. A vízszintes sánc az összegyűjtött csapadékot teljes egészében helyben tartja, a víz csak párolgással és a talajba való szivárgással távozik károkozás nélkül. Ezért vízszintes sáncolást ott célszerű készíteni, ahol a sáncfenék vízáteresztő/víznyelő képessége megfelelő. A lejtős sáncban az összegyűjtött víz lassan mozog a mélyebb részek felé, ezért célszerűen gyepes vagy kövezett vízvezetőkbe torkollik, így a fölös víz kártétel nélkül jut a völgybe. Ha a vízszintes, vagy a lejtős sáncokat a vízlevezetőkbe való csatlakozás előtt fél sáncmagasságban gáttal látják el, a sáncok jelentős mennyiségű vizet tartanak vissza. Ezzel biztosítható a talajba való lassú beszivárgás, a fölös víz pedig károkozás nélkül folyik az alacsonyabban fekvő területekre. A lejtőkön 18-50 m-es távolságokban alakíthatók ki sáncok a lejtőszögtől, a növényzet talajvédő hatásától és a talajszerkezettől függően. A gépesített szántóföldi művelés vagy átművelés zavartalan folytatása érdekében kívánatos, hogy a sáncrézsü ne haladja meg a 25%-ot, továbbá szélessége a lejtőszögtől függően 12-20 m között legyen. Az átművelésre alkalmas speciális sánc kialakítására nincs szükség abban az esetben, ha a sánc gyepesítve van, vagy tábla szélén helyezkedik el és cserjésíthető.

A terasz egy tereplépcső, amely a lejtő egy részén jelentősen csökkenti a lejtő hajlásszögét. A teraszlapon a termesztés könnyebben megvalósítható, a rézsű vagy támfal szakasz ugyanis kiesik a termelésből. A teraszok a lejtőkön lefutó víz erejét csökkentik, továbbá a területet alkalmassá teszik a gépi művelésre. Kiképzésük nagyon változatos lehet. **A vízszintes teraszok** a lejtőre merőleges kiképzésűek. A teraszlap lehet víztartó (vagyis lejtőiránnyal ellentétesen lejtő, úgynevezett ellenezésű), vagy vizet nem tartó (a teraszlap vízszintes vagy lejtőirányban dűlő) kiképzésű. A vizet vezető teraszok hosszirányban lejtősek, teraszlapjuk ellenezésű. A teraszlapok rézsűvel vagy támfallal illeszkedhetnek az alacsonyabban fekvő részekhez.

Az övárok lejtőre merőlegesen kialakított árok, végeivel lezárva. A vizet összegyűjti és kialakításánál fogva lehetőséget ad a talajba való visszaszivárgásra.

Az agronómiai talajvédelem az eróziót befolyásoló tényezők megfelelő alakítására helyezi a hangsúlyt. **A művelési ág helyes megválasztása** a termesztett növényi kultúra megfelelő kiválasztását jelenti a lejtő meredekségének függvényében. 40%-nál meredekebb lejtőket például célszerű erdősíteni, a 25%-nál meredekebb lejtőkön pedig szántóföldi művelés már nem folytatható, műszaki védelemmel kiegészített szőlő vagy gyümölcstermelés, esetleg legelő kialakítása javasolt. A dombvidékeken a lejtőirányra merőleges **kisebb táblásítás** a közlekedő utak megfelelő kialakításával jól szolgálhatja az erózió elleni védelmet. A lejtőirányú, vagy meredek utakat meg kell szüntetni. A **talajvédő fasorok, erdősávok, gyepes és cserjés sávok közel szintvonalban való telepítése** utakat, táblákat szegélyezhet, mely a növényborítottság javításával és a talajfelszín árnyékolásával csökkenti az eróziós károkat. A **megfelelő talajművelés** és a **talajvédő növénysorrend alkalmazása** a víz elfolyás csökkentésén és a talaj vízvisszatartásának javításán keresztül mérsékli a talajpusztulást.

A defláció elleni védekezésre is hatékony agrotechnikai módszerek állnak rendelkezésünkre. Ezek közül minden olyan módszer hatásos lehet, mely a szél sebességét, örvénylését mérsékli, a vízháztartást, vagy a talajszerkezetet javítja pl. azáltal, hogy a laza talajfelszínt megköti. A mezővédő erdősávokkal a szélsebesség és az örvénylés csökkenthető. Tervszerű telepítéssel pedig a szélhatás úthossza is lecsökkenthető. A talaj borítottsága növényzettel, magas tarlózással vagy talajtakarással (szalmával és elhalt növényi részekkel) érhető el. A kisadagú esőszerű öntözés a talajfelszín nedvességét biztosítja és fékezi a talajszemcsék mozgékonyságát. A talajvédelmet a helyes vetésforgók alkalmazása, a jó trágyázás és az öntözés, valamint a talaj növényzettel való borítása hatékonyabbá és tartósabbá teszi.

6.2.4 A közlekedés és a települések által okozott talajszennyezés

A talajok összetétele egy hosszabb időintervallum során gyökeresen megváltozhat a természeti folyamatok és katasztrófák, továbbá az emberi tevékenység következtében. A szennyező források közelében akár több száz vagy ezer kg/ha káros anyag akkumulálódhat. Az 1960-as években világszerte felfigyeltek a közlekedési utak mentén a talajban, vizekben, levegőben, növényzetben és az állati szervezetekben végbemenő nehézfém dúsulásra,

különös tekintettel az ólom jelenlétére. A közelmúltig legáltalánosabban használt kopásgátló ólomadalékok (ólom-tertraetil és ólom-tertrametil sók) a motorbenzin kompresszió tűrésének javítására szolgáltak. Ezen kívül égésgyorsítóként más ólom-sókat is használtak (ólom-etil-halogenidek). Ezek az ólom vegyületek a kipufogógázból aerosol, por és szemcsék formájában jutottak ki az utakat szegélyező környezetbe. A járművek ólom emissziója 60-80 mg/km értéket ért el, ennek átlagosan a 3/4-e kerülhetett a környezetbe, 1/4-e pedig a kipufogó rendszerben rakódott le. Bár a környezet terhelése az ólomadalék mértékétől, a jármű üzemi paramétereitől és természetesen a forgalom nagyságától függ, a talajok ólom szennyezettsége és a forgalom intenzitása között jó közelítéssel líneáris összefüggést találtak. A levegő ólom tartalma a forgalom függvényében exponenciális jelleget mutatott. A talaj felső, 10-20 cm rétege extrém módon feldúsult, különösen az útpadkán és annak közvetlen közelében. Óvatos számítások szerint a közlekedési utak menti talajok ólomtartalma 400-1000 ppm, azaz 1200-3000 kg hektáronként! A közvetlen padkán ez az érték többszörösére is emelkedhet! Az ólom tartalmú adalékok mellőzésével a helyzet ugyan javuló az ólom tekintetében, de az autógumi kopásokból az utak menti imissziós környezetet még mindig jelentős nehézfém terhelés éri. Aggodalomra ad okot ugyanis az ólom, cink és a kadmium felvehető mennyiségének ugrásszerű emelkedése. Ezért különösen fontos lenne az utakról elfolyó csapadékvíz összegyűjtése és elkülönítetten történő kezelése, pl. kis tavacskákban, gyökérzónás kezelési eljárással. Átfogó vizsgálatokra lenne szükség továbbá a zöldségellátást biztosító kertek, város körüli talajok és a kertészeti növények szennyezettségét illetően.

A települések elsősorban a csatornázatlan területeken veszélyeztetik a talajok minőségét. A közvetlenül a talajba jutó szennyvizek nemcsak a talajt, de a talajvizet és az ivóvízbázisokat is komolyan veszélyeztetik Ezért a csatornázás, valamint a szennyvíztisztító/kezelő rendszerek kapacitás bővítése, a szennyvizek foszfor és nitrogén mentesítése elsőrendű feladat.

6.2.5 A mezőgazdasági tevékenység talajkárosító hatásai

Világszerte az iparszerű mezőgazdaság használja a legtöbb kemikáliát. A növénytermesztésben használt műtrágyák, növényvédő- és gyomirtó szerek, a hidrokultúrák öntözővíz és tápsó adalékai, valamint az állattenyésztésben alkalmazott gyógyszerek, itatóvíz és takarmány adalékok, továbbá a fertőtlenítő szerek elsődleges imissziós közege a talaj, a talajvíz, valamint a felszíni vizek. Ezeknek a vegyszereknek negatív környezeti hatásait, valamint az élelmiszerek minőség romlására kifejtett hatásait világszerte felismerték a szakemberek, ezért egyre szigorúbb előírások születnek az alkalmazható vegyszerek környezetkárosító tulajdonságainak korlátozására és az alkalmazható dózisokra vonatkozóan. Ezzel párhuzamosan az EU folyamatosan növelni kívánja a környzetbarát ökogazdálkodási formában előállított mezőgazdasági termékek volumenét. Azonban ezzel együtt is kezelni kell a múlt környezetpusztító örökségét: a talajpusztulást és savasodást, biztosítani kell az ivóvízbázisok fokozott védelmét, meg kell állítani az eutrofizációs folyamatokat és ezzel párhuzamosan biztosítani kell a lakosság biztonságos élelmiszerekkel való ellátását.

Magyarországon a műtrágya felhasználás dinamikusan emelkedett az 1950-es évek második felétől és 1975-ig elérte a 1,5 millió tonna körüli hatóanyag mennyiséget. Ezt követően az 1980-as évek végéig lényegében stagnált, majd a 90-es évek fordulóján felére, harmadára esett vissza. Az 1980-as években a magyar mezőgazdaság tényleges felhasználása mindössze 50-60%-ban kötötte le a hazai műtrágyagyárak összes kapacitását. Az alacsony világpiaci műtrágyaárak miatt az export lehetetlenné vált. A gondokat tovább növelte a Szovjetunióval érvényben lévő kereskedelmi egyezmény, amely a magyar növényvédőszer export ellentételezéseként nagy mennyiségű, de gyenge minőségű műtrágya behozatalt eredményezett. Az eladatlan készletek miatt a költségvetés képviselői részéről hatalmas nyomás nehezedett a szakapparátusra a műtrágya felhasználás növelése érdekében.

Kétségtelen, hogy a műtrágyázásnak pozitív hozadékai is voltak. Az agrárszakemberek az 1970-es évek közepéig támogatták a műtrágya felhasználás emelkedését, mert az a talaj termékenységét ugrásszerűen emelte, ugyanis pótolta a talajból hiányzó tápelemeket. A nagy adagban alkalmazott, talajjavítást célzó melioratív vagy feltöltő műtrágyázás eredményeképpen a termésátlagok látványosan nőttek. Az 1980-as évek közepére ez a talajgazdagító trágyázás egyre több talajon eredményezett jó ellátottságot, majd jelentkeztek negatív hatásai is. Művelt területeink nagyobb részén szakmailag semmivel sem indokolható

túltrágyázás folyt. Ez a folyamat különösen nagy problémát okozott a vízbázisok elszennyeződésében, melynek napjainkig érő negatív hatásai vannak.

Az agrárszakemberek véleménye szerint a szakszerűtlen műtrágyázási gyakorlatból adódó túltrágyázás és a vele kapcsolatos környezetszennyezés csupán lokálisan fordul elő, nem általánosítható országos jelenség. A műtrágyázás környezetkárosító hatása a talajok elsavanyodásában, a talajvizek nitrátosodásában és a felszíni természetes vizek eutrofizációs folyamataiban nyilvánul meg. Bár a műtrágyázás drasztikus csökkentésén túlmenően is hatásos megoldások léteznek a káros folyamatok a megszüntetésére, alapvető érdekünk lenne a hatékony élelmiszer termelés és a környezet érdekeinek összehangolása, továbbá a túltrágyázás okozta környezetkárosítás napjainkig érő hatásainak felszámolása.

A jelenleg forgalomban lévő hazai műtrágyák jelentős része (50-65%) vivőanyag. A mindig jelen lévő szabad savak és un. mérgező elemek (kadmium, stroncium, higany, ólom, urán, arzén) természet idegen anyagok, melyek nemcsak a talajban halmozódnak fel, hanem a takarmány-élelmiszer táplálékláncon keresztül az emberre is veszélyt jelentenek. Ha a túltrágyázásra alapozott tápelem bőséget feltételező gazdálkodási módot részesítjük előnyben, sok olyan anyag jut természetellenes formában a talajba, amit az nem képes sem megkötni sem pufferolni, a talaj áteresztővé válik és igen komoly környezet károsítást okoz.

A közelmúlt túlhajtott iparszerű gazdálkodási rendszereinek bukását részben az okozta, hogy a gyakran természetellenes módon kialakított nagy táblákon a monokultúrás termesztés gép-, vegyszer- és energia éhsége szinte kielégíthetetlennek mutatkozott. Az ipari anyagok ill. az energia rohamos drágulásával párhuzamosan jelentkeztek a környezeti problémák, melyek a gazdálkodás egészének hatékonyságát veszélyeztették. A gyakran hosszú hónapokon át fedetlenül hagyott talajokon felgyorsult az erózió, az öntözött területeken előrehaladt a szikesedés és a láposodás. Erősödött az ellenálló gyomflóra, szembetűnővé vált a monokultúrák hatványozott műtrágya igénye és a betegségek iránti érzékenysége. Ezzel együtt csökkent a biodiverzitás, fajokban elszegényedett a környezet, a mezőgazdasági tevékenységet pedig csökkenő általános szakmai műveltség jellemezte. A környezetpusztítást megsokszorozta az is, hogy az iparszerű mezőgazdasági termelés kiszolgáló vegyipart, gépipart valamint a szállítást és az energiatermelést igényelt, ami szintén szennyezett. Hazai viszonylatban ez egyáltalán nem elhanyagolható és nem lesz az a jövőben sem, mert az agrárszféra igényeinek kielégítése bizonyos iparágak számára meghatározó jelentőségű.

A jövő mezőgazdaságával szemben a minőségi követelmények válnak meghatározóvá. Mind a hazai piac, mind az Európai Közösség felé történő export követelményei szükségessé teszik a káros szermaradványoktól, nitrát és toxikus nehézfémektől mentes minőségi mezőgazdasági termények és élelmiszerek előállítását. Az egészséges ivóvíz biztosítása érdekében célszerű a mezőgazdasági művelésre bevont területek zömét vízvédelmi körzetekké nyilvánítani annak érdekében, hogy a mezőgazdasági agrotechnikai beavatkozások ne veszélyeztessék azokat. Ez azért is fontos, mert hazánkban a víznyerés jelentős területeken felszíni és a felszín alatti vízkészletekre épül.

6.3 A talajjavítás lehetőségei

6.3.1 Talajjavítási eljárások

Talajjavítás olyan eljárások összessége, mely az úgynevezett talajhibák megszüntetésével a talaj termékenységének tartós növelését szolgálja. A talajhibák azok a jelenségek, melyek a talajok termékenységét jelentős mértékben csökkentik. Ilyen a szikesség, a savanyúság, láposodás, a mocsarasodás, a gyökérzóna mélységében előforduló mészkőpad és kavicsréteg, vagy a talajszelvény felső 70 cm-es rétegében meglévő glejréteg vagy a tömör talajképző kőzet.

A talajjavítást mechanikai/ fizikai, kémiai és biológiai módszerekkel illetve ezek összehangolásával végezhetünk. A talajjavítás hatása azonban a beavatkozás módjától függetlenül is alakulhat, pl. a fizikai talajjavításnak lehet kémiai következménye és fordítva. A biológiai módszer pedig rendszerint mindkét vonatkozásban érvényesíti befolyását. Megjegyzendő továbbá, hogy a talajjavítási eljárások nem választhatók el élesen a termékenység növelése érdekében alkalmazott más módszerektől, mint pl. a talajműveléstől vagy a trágyázástól.

Fizikai talajjavításnak nevezzük azokat az eljárásokat, amelyek a talajhibák megszüntetését mechanikai hatásokkal érik el. Ide sorolhatók a mélyforgatás, az altalajlazítás, a talajcsövezés (drénezés), lecsapolás, öntözés. Ha az adott talajszelvényben nem találunk megfelelő anyagot, a javítóhatást más helyről szállított anyagokkal végezzük el. Ilyenkor a **homokozás, márgázás és a rónázás** alkalmazható. A **homokozás** során az agyagos talajok felületére homokot terítünk, és bemunkáljuk a szántott rétegbe. A **márgázás** a homokozás fordítottja, vagyis a homoktalaj felszínére agyagtartalmú anyagot terítünk el és bemunkáljuk. A **rónázás** során a hullámos felszínű homoktalaj kimagasló hátainak anyagát a mélyedésekbe hordjuk.

A kémiai eljárások akár a savanyú, akár a szikes talajtípus megjavítását célozzák, ugyanazt az eredményt vagy végállapotot kívánják elérni: nevezetesen a talajkolloidokon adszorbeált kationok közül a kalciumot teszik uralkodóvá. **Savanyú talajokon meszezéssel és altalajterítéssel végezhető talajjavítás**. A **meszezés** a savanyú réti talajokon és az erdőtalajokon alkalmazható. A javítóanyagok szénsavmész-tartalmú termékek. A meszezés hatása igen összetett: megváltozik a talaj kalciumellátottsága, csökken a talaj savanyúsága, javul a szerkezete és a mikroelem-készletének felvehetősége. Az **altalajterítéssel történő javítás** során kibányásszák a talajképző kőzetet, amennyiben az szénsavas lösz vagy márga,

és a felszínen elterítve bedolgozzák a talajba. A folyamat során istállótrágyázást is célszerű alkalmazni. **Szikes talajokon meszezés, altalajterítés, gipszezés, lignitpor terítés és kombinált eljárások alkalmazhatók.** A **szikes talajok meszezésének** fő célja az adszorbeált nátrium kicserélése és a telítetlenség megszűntetése. Ezzel párhuzamosan a talaj fizikai tulajdonságai is javulnak. Az **altalajterítés és a gipszezés** azoknak a lúgos talajoknak a javítására alkalmas, melyek már feltalajukban tartalmaznak szénsavas meszet és vízben oldható sókat. A **kombinált eljárások** a meszezést, az altalajterítést és a gipszezést együttesen alkalmazzák. A **lignitporos talajjavítás** elsősorban lúgos kémhatású szikesek javítására használható.

A biológiai talajjavítás során a talaj kedvezőtlen tulajdonságait termesztett növény(ek) segítségével szüntetjük meg. Ilyen módszer pl. a **zöldtrágyázás**. Ha az erősen meszes, szénsavas mésszel cementált rétegek vagy szikesek a gyökérzónában helyezkednek el, a feltöréséhez **növényi gyökérzetet** alkalmazhatunk. Somkóró, napraforgó vagy lucerna gyökérzete áttöri a javítandó réteget, így az utánuk termesztett növények számára már kedvezőbb feltételeket teremthetünk. Fontos hangsúlyozni, hogy a talajjavítás önmagában nem elegendő, ehhez megfelelő talajművelést és trágyázást is alkalmazni kell.

6.3.2 A talaj és a trágyázás kölcsönhatása:

A trágyázásnak közvetlen hatásai vannak a talaj fizikai és kémiai jellemzőire. A **fizikai hatások** az istállótrágya lazító hatásában, a talaj porozitásának növelésében nyilvánul meg. A porozitás növekedése a levegőzöttséget és a vízelnyelést is pozitivan befolyásolja. A **kémiai hatások** elsősorban a tápanyag ellátottságban és a kémhatás változásában nyilvánulnak meg. A pH megváltozását a trágyák hordozó és kiegészítő anyagai okozzák. Ezért ha helyesen választjuk meg a műtrágyaféleséget, akkor a műtrágyázásnak talajjavító hatása is lehet.

A talaj trágyákra gyakorolt hatását vizsgálva fizikai és kémiai hatásokról beszélhetünk. A **fizikai hatások** kisebb jelentőségűek és gyakorlatilag a trágya-hatóanyagok oldódására korlátozódik. Minél nedvesebb a talaj, annál gyorsabban és jobban oldódnak a műtrágyák vízben oldható komponensei és hamarabb fejthetik ki hatásukat. A **kémiai hatások** a tápanyagok talajkolloidokon történő adszorpciójában nyilvánulnak meg, továbbá a talajoldat pH-ja a trágya-tápanyagok oldhatóságát is jelentősen befolyásolja. A lúgos kémhatású

talajokon bekövetkező ammóniaveszteség például a trágyázás hatékonyságát jelentősen csökkenti.

6.3.3 Rekultiváció

A rekultiváció olyan technikai, biológiai és agronómiai eljárások összessége, amelyek eredményeként a természeti vagy az emberi tevékenység károsító hatására terméketlenné vált földterület alkalmassá válik az újrahasznosításra. A rekultiváció folyamata tehát esetenként kémiai vagy biotechnológiai műveleteket, kárelhárítási technológiákat is tartalmazhat.

A különböző módon károsodott területek rekultivációja a károsodás jellegétől és módjától függően változó, technikai/technológiai és biológiai folyamatú megújítás. A technikai rekultiváció olyan műveletek sorozata, melyek következtében a terület alkalmassá válik a biológiai rekultiváció elvégzésére, egyéb hasznosítási célok esetén a területhasználat céljának megfelelő hasznosítására. Hosszú időre meghatározza a terület használatának lehetőségeit és a táj minőségét. A rekultiváció egymásra épülő folyamatai rendre a következők:

- a kérdéses terület hulladékoktól való megtisztítása;
- a gazdaságosan művelhető terület, táblaméret kialakítása, beleértve az eróziómentes lejtőviszony kialakítását is;
- a terület használatához szükséges közlekedő utak kialakítása, az elfolyások, vízgyűjtők és a terület vízrendszerének kialakításával együtt;
- a humuszos termőréteg visszaterítése;
- a vízmosások és a szakadékok megkötése, a süllyedések és a horpadások megszűntetése, rézsűépítés és partvédelem;
- a terület illesztése a környező területekhez, a ráfolyások megakadályozása.
- a terepen lévő esetleges erőművi zagyterek, iszapkazetták koronavédelme.
- a földes kopárok eróziójának megakadályozása.
- biológiai rekultiváció: olyan agronómiai műveletek sorozata, melyek hatására a károsodott terület talajbiológiai, talajkémiai, vízgazdálkodási tulajdonságai fokozatosan javulnak, alkalmassá válnak a rendeltetésszerű mezőgazdasági, erdészeti hasznosításra.

A környezeti streszhatásnak kitett és erősen szennyezett talajok szennyezés mentesítésére és újrahasznosítására irányuló technikai megoldások kiválasztása során az esetek legnagyobb részében a beavatkozás sürgősségét **a terület érzékenysége, a szennyezők toxicitása, mobilitása, oldhatósága szabja meg. Figyelembe kell venni továbbá a vízbázisok és a potenciális vízbázisok védelmét, a sérülékeny ökoszisztéma veszélyeztetettségét, valamint a szennyező terjedési sebességét. Kevésbé sürgős a beavatkozás akkor, ha a szennyeződés nem veszélyeztet vízbázisokat, mozgékonysága alacsony, vagy távol helyezkedik el a befogadótól.**

7 Víz a jövő kihívása

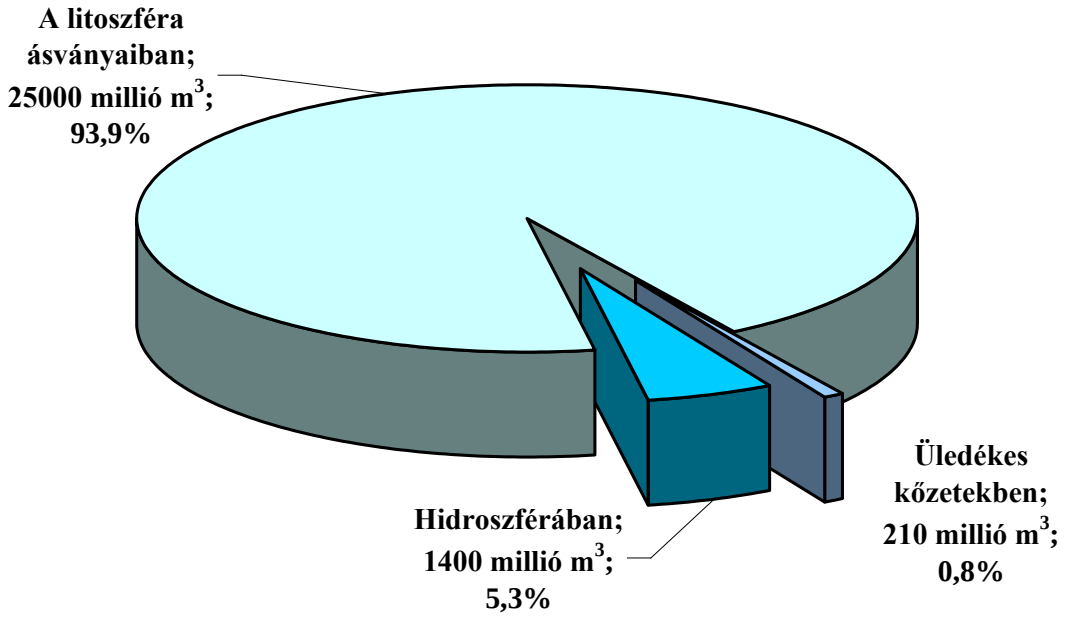
Kovács Zsófia

Thury Péter

7.1 Föld vízkészletének bemutatása

7.1.1 Víz a Földön

A víz a Föld legjellegzetesebb alkotóeleme. Mintegy előkészítette az élet kialakulását, és ma is minden élőlény alapvető építőeleme. A Föld felületét 71%-ban tengerek (az egymással összeköttetésben lévő óceánok és beltengerek), 2 %-ban a szárazföldeken található felszíni vizek borítják (**22. ábra**). A felszíni vízkészlet teljes mennyiségét egyenletesen elosztva mintegy 2700 méter vastag vízburkot kapnánk. Ezt talán azt sugallja, hogy a vízkészletek kimeríthetetlenek, azonban a tény az, hogy a Föld megfelelő minőségű ivóvíz- és iparivíz-készletei igencsak korlátozott mennyiségben állnak az emberiség rendelkezésére.



22. ábra: A Föld vízkészlete

A becslések alapján a földi vízkészlet jelentős része, körülbelül 97 %-a a tengerekben és óceánokban található (**13. táblázat**), amely magas sótartalma miatt közvetlenül nem alkalmas sem ivóvíz-, sem iparivíz-felhasználásra, de még mezőgazdasági célokra sem. A fennmaradó 2-3 % ugyan édesvíz, de ennek nagy része az Antarktiszon jéggé fagyva található. Közvetlen ivóvíz-kitermelésre a földi vízkészlet alig 0,307 %-a alkalmas, amely már tartalmazza a kitermelhető felszíni vizeket, a folyókat, a tavak édesvizét, de még a felső rétegvizeket is.

13. táblázat: A hidroszféra vízkészlete

A víz elhelyezkedése	ezer km^3	%	Újratermelődési idő
Óceánok és tengerek	1380000	97,61	3700 év
Sarki és hegyvidéki jég és hó	29000	2,08	16000 év
Felszín alatti vizek	4000	0,29	300 év
Édesvizű tavak	125	0,009	1-100 év
Sós vizű tavak	104	0,008	1-1000 év
Talajnedvesség	67	0,005	280 nap
Folyóvizek	1,2	0,00009	12-20 nap
Vízpára a légkörben	14	0,0009	9 nap
Összesen	**1413341**	**100**	

A hidrológiai ciklus a víz állandó és folyamatos körforgása (cirkuláció) a légkör (atmoszféra), a kőzetöv (litoszféra) és a vízöv (hidroszféra) között. A körforgás mozgató erői a gravitáció és a nap sugárzása. A hidrológiai ciklus természetes változékonysága felelős a Föld édesvízkészletének mennyiségéért és megoszlásáért.

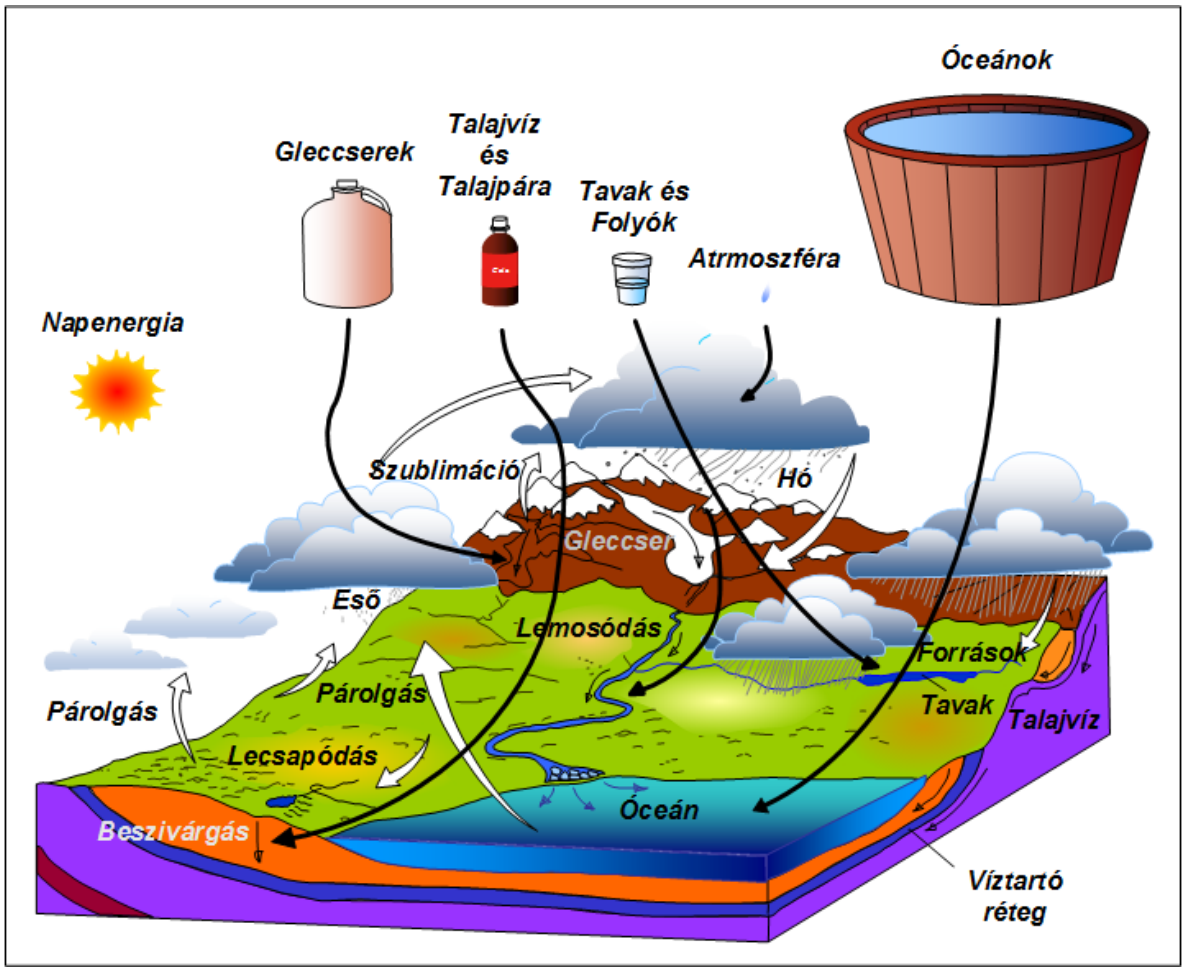
A földi víz körfogását biztosító legfontosabb természetes folyamatok a következők (**23. ábra**):

- Csapadék óceánokba, tengerekbe (világtengerek) hullása;
- Csapadék szárazföldre hullása;
- Csapadék felszíni lefolyása, felszíni vizekhez történő hozzáfolyás;
- Csapadék beszivárgása a talajba, felszín alatti vizekbe;
- Felszíni vizekből beszivárgás a talajba és felszín alatti vizekbe;
- Felszín alatti vizek megcsapolódása felszíni vizekben, források formájában, illetve párolgása révén;
- Felszín alatti vízmegkötés, vízraktározás, vízmozgás;
- Párolgás a világtengerekből, párolgás a szárazföld felszíni vizeiből;
- Párolgás a földfelszínről, illetve talajpárolgás, növényzet párologtatása;
- Az elpárolgott víz kondenzációja és kicsapódása a légkörben.

A nyílt vízfelületekből történő párolgás hatására a víz a légkörbe kerül. A légkörbe került víz a körforgalom szabályozásában fontos szerepet játszik. Ennek megfelelően az óceánok többlet párolgásából származó víz a felsőbb légrétegekben felhőkké egyesül, amelyből a felhők vándorlása következtében mind a szárazföldre, mind a vízfelületekre csapadék hullik. A leeső csapadék egy része a magashegységekben hó és jég formájában akkumulálódik. Ennek alsó rétege igen lassú beszivárgással eléri a talajvizet is. Felső rétege, vagy olvadás nélkül szublimál és visszatér a légkörbe, vagy olvad és felszíni vízfolyások formájában, indul az alacsonyabb magasságok felé. Az így keletkezett patakok (ha a területen a talajvíz szintje alacsonyabban van, mint a patakmeder alja) jelentős mennyiségű vizet jutathatnak a talajvízbe, és a környezeti paraméterektől függően párolognak is.

A szárazföldeken a párolgás nemcsak a nyílt vizek párolgását jelenti, hanem a víz egy része a növényzettel nem borított területekről evaporációval a légkörbe távozik. A légkör másik jelentős tényezője a növényzet transpirációja és a kettőt együtt evapotranspirációnak nevezzük. A talajra esett csapadék, vagy a folyókba jut, amelyek tavakba, vagy tengerekbe torkolnak, vagy a talajba szivárog és a talajvíz készletet, gazdagítja. A lefolyás pótolja vissza az óceánokból a légkörön át a szárazföldekre jutó vízmennyiséget. A lefolyások által az óceánba jutatott vízmennyiség rendszerint kisebb, mint a párolgás, vagy a csapadék mennyisége, de jelentősége nagy, mivel zárja a víz körforgalmát.

Amennyiben geológiai okok indokolják, a folyóvizek a hidrológiai ciklust lényegesen lassító tavakban gyűlnek össze, melyek a talajvízzel állandó összeköttetésben vannak, s kifolyójuk (ha van) biztosítja a tenger felé való összeköttetést. A felszín alatti lefolyás abból adódik, hogy a légköri csapadékkal lehullott vízmennyiségnek csak kis része kerül közvetlenül a vízfolyásokba (kivéve a növényzet által felfogott, illetve a levegőbe újra elpárolgott csapadék). A víz jelentős része a talajba szivárog, ahol, mint talajnedvesség hosszú időt eltölthet, mielőtt a talajvízbe jutna, és a növényzet vízigényét fedezné. A szárazföldi vizeknek nagyon kis része kerül az óceánokba a talajvízből.



23. ábra: A víz körforgása

Az elméleti megfontolások és a gyakorlati tapasztalatok alapján elfogadható, hogy a felszín alatti vízáramlás (kőzet minőségétől függően 10^{-12} cm s^{-1} vagy 2-3 cm s^{-1}) általában sokkal lassúbb, mint a felszíni lefolyás (1m s^{-1}). Ha a talaj telített, akkor a víz a felszínen elfolyik (mivel nem tud a talajba szivárogni), így a víz közvetlenül éri el a patakokat, illetve folyókat. Ha viszont a csapadék telítetlen talajra hullik, akkor mindaddig a talajba szivárog, amíg a talaj vízzel nem telítődik.

Szükséges megemlíteni az emberi tevékenységek vízkészletekre gyakorolt hatását is, hiszen a talajból kitermelt vizet használatuk és tisztításuk után, jellemzően a felszíni vizekbe vezetjük vissza. Ennek következtében a felszíni vízfolyások fokozatosan szennyeződnek, károsodnak és csökken azon felszíni vizek mennyisége, amelyekből egyszerű tisztítási megoldásokkal ivó-, vagy ipari vizek nyerhetők.

A kis- és édesvizű tavak számát a Földön több mint egy millióra becsülik. A világ legidősebb és legmélyebb tava a Szibériában található Bajkál-tó, mely Földünk folyékony

édesvízkészletének mintegy 20%-át tartalmazza. A tavak nagy része felszíni (például Balaton), vagy felszín alatti lefolyással rendelkezik. Vannak azonban lefolyástalan tavak is, mint a nagy kiterjedésű Kaszpi-tó, Aral-tó és a Nagy-Sós-tó. Ezek vize általában jóval több oldott és oldhatatlan anyagot tartalmaz, mint a lefolyással rendelkező tavak vize.

A **14. táblázat** látható, hogy a tó kiterjedése nem feltétlenül jelent nagyobb vízmennyiséget. A világ legnagyobb tava − mind területileg, mind térfogatilag − az óriási és sós Kaszpi-tenger, amelyet csak mérete és sótartalma miatt neveznek tengernek, valójában a világ legnagyobb sóstava. Partjain 5 ország Oroszország, Azerbajdzsán, Irán, Türkmenisztán és Kazahsztán osztozik. Ezt követik a sorban az Egyesült Államokban található Felső-tó és a Kelet-Afrikában található Viktória-tó. A Balaton összehasonlítva a felsorolt nagy tavakkal világosan látható, hogy a sekély tavak osztályába sorolható.

14. táblázat: A Föld tíz legnagyobb tavának és a Balatonnak a legfontosabb adatai

Tó	Szárazföld	Felszín (km^2)	Max. mélység (m)	Víztérfogat (km^3)
Kaszpi	Ázsia	371400	995	79319
Felső	É-Amerika	82414	397	12000
Viktória	Afrika	68880	79	2700
Aral	Ázsia	66500	68	970
Huron	É-Amerika	59586	229	4600
Michigan	É-Amerika	58016	281	5760
Tanganyika	Afrika	34000	1470	18940
Bajkál	Ázsia	31500	1637	23000
Malawi	Afrika	30800	706	8400
Nagy-Rabszolga-tó	É-Amerika	28930	614	700
Balaton	Európa	596	10,2	1,9

A legkevésbé ismertek a kontinentális sós tavak, amelyek majdnem annyi vizet tartalmaznak, mint az édesvizű tavak. Megkülönböztethetőek a kissé sóstól egészen a magas sótartalmúak is. Néhányuk sósabb, mint a tengervíz. Legtöbbjük nagy kontinensek belsejében alakult ki az édesvíz elpárolgásával. Ilyen például az Egyesült Államok Utah államában található Nagy Sós tó (Great Salt Lake). A sós tavakban, amelyeket athalassohalinoknak nevezünk, a Ca^{2+},

Mg^{2+}, SO_4^{2-}-ionok bepárlásából származó sók vannak túlsúlyban. Néhány sós tó − beleértve a legnagyobbat is -, tengermaradvány. Legnagyobb mennyiségben Na^+ és Cl^- -ionokat tartalmaznak.

7.1.2 A vízkészlet osztályozása

A Föld vízkészletének csak elenyésző hányada vesz részt a természeti körforgásban. Ez a dinamikus, vagy megújuló vízkészlet. A másik hányad, amely nem részese a körfolyamatnak, az állandó, vagy statikus vízkészlet.

A víz természeti körforgása során előforduló vízféleségek felosztása:

- csapadékvíz,
- felszíni víz:
  - folyóvíz (patak, folyó, folyam),
  - állóvíz (tó, kisebb tavak, mocsár, láp),
- felszín alatti víz:
  - talajvíz,
  - parti szűrésű víz,
  - rétegvíz,
  - karsztvíz.

A csapadékvíz a levegő páratartalmából, a fizikai tényezők megváltozásának hatására jön létre. Főleg a felszíni vízkészletet gyarapítja, de a felszín alatti víz utánpótlása szempontjából is jelentős. A csapadékvíz keletkezése pillanatában már gázokat old ki a levegőből. Nemcsak a levegő megszokott komponenseit oldja, hanem a levegő egyéb szennyezéseit is magába veszi. Lakott települések és főként ipari területek környékén a levegő mindig tartalmaz füstgázokat, kormot, pernyét, port sőt mikroorganizmusokat is. A csapadékvíz, miután a föld felszínére hullott, részben beszivárog a talajba, részben újból elpárolog a levegőbe, vagy felszíni vízként folyik tovább.

A folyóvíz elnevezés alatt a vízfolyások minden előforduló formáját a keskeny erecskétől egészen a széles folyamokig értjük. Ezeket, a vízfolyásokat közvetlenül a csapadékvíz, közvetve a talajvíz vízkészletének egy részét a felszínre hozó források, hidegebb és magasabb vidékeken gleccserek táplálják. Valamennyi vízfolyásnak közös tulajdonsága kialakult mederben való folyás, valamint a víznek a magasabb pontokról az alacsonyabb pontok felé áramlása és a vízhozam kisebb-nagyobb mérvű ingadozása (Padisák 2005). A folyók fontos

tulajdonsága, hogy zárják a víz körforgalmát, a szárazföldekre a légkörön átkerülő óceáni eredetű vizet visszaszállítják a tengerekbe. A folyóvíz oldott és lebegő szerves és szervetlen anyag tartalma elsősorban a vízgyűjtőterület geológiai felépítésétől, a növényzet minőségétől és mennyiségétől, a társadalmi tevékenységtől, így a földművelés módjától, a befogadott szennyvizek terhelésétől függ.

Minden szárazföldi mélyedésben elhelyezkedő, oldalról zárt, álló víztömeget, amely a tengerrel nincs közvetlen összeköttetésben, állóvíznek nevezünk. Ez a meghatározás nem utal a víztömeg nagyságára, de az állóvíz nagysága fizikai-, kémiai és biológiai folyamatait jelentősen befolyásolja. Az állóvizek a víz körforgalmában különleges helyet foglalnak el. Bennük a víz tartózkodási ideje hosszabb, mint a folyókban, így a ciklusra lassító hatással van. A Föld minden állóvize időszakosnak tekinthető, mert a feltöltődési folyamatok miatt születése pillanatában pusztulásra ítélt.

A tó olyan állóvíz, amelyben a nyílt vízfelület dominál, a szegélynövényzet egy keskeny part menti részre korlátozódik. Amennyiben a nyílt vízfelület csökken, a parti növénytársulások szélesek, s az alámerült hínárnövényzet nagyobb állományai megjelennek, akkor fertőről beszélünk (pl. Fertő-tó, Velencei-tó). Ha a nyílt víz már csak foltokban jelenik meg mocsárról, és ha a vízi növényzet annyira elszaporodik, hogy a vizenyős felületen csak kis tocsogókban csillog a víz, akkor lápról beszélünk. A növények által előállított szerves anyag a tóban marad és a környezeti körülmények hatására a tó szerves anyagban, egyre gazdagodik és eutrofizálódik. A növényi tápanyagok tisztított és tisztítatlan szennyvizekkel, valamint talajerózióból származó bemosódással kerülnek a befogadóba. A civilizált környezet ezt a folyamatot befolyásolja, gyorsítja és megteremti a mesterséges eutrofizálódás folyamatát.

A tengervíz a tengerekből, vagy óceánokból származó víz. Legismertebb tulajdonsága az édesvíznél lényegesen nagyobb sótartalma. A tengerek felszín közeli rétege általában oxigénben túltelített a fitoplankton szervezetek fotoszintézise következtében. Ez az oxigéntermelés légkörünk oxigénpótlásának tekintélyes része, a globális környezetvédelem egyik legnagyobb feladata, ezt veszélyeztetik napjainkban az egyre gyakoribb olajszennyezések.

A felszín alatti vizek esetében megkülönböztethetők a:

- Partiszűrésű vizek, amelyek átmenetet alkotnak a felszíni és a felszínalatti vizek között. A felszíni vizek közelében fúrt kutak az üledékes kőzet által megszűrt felszíni vizet csapolják meg.

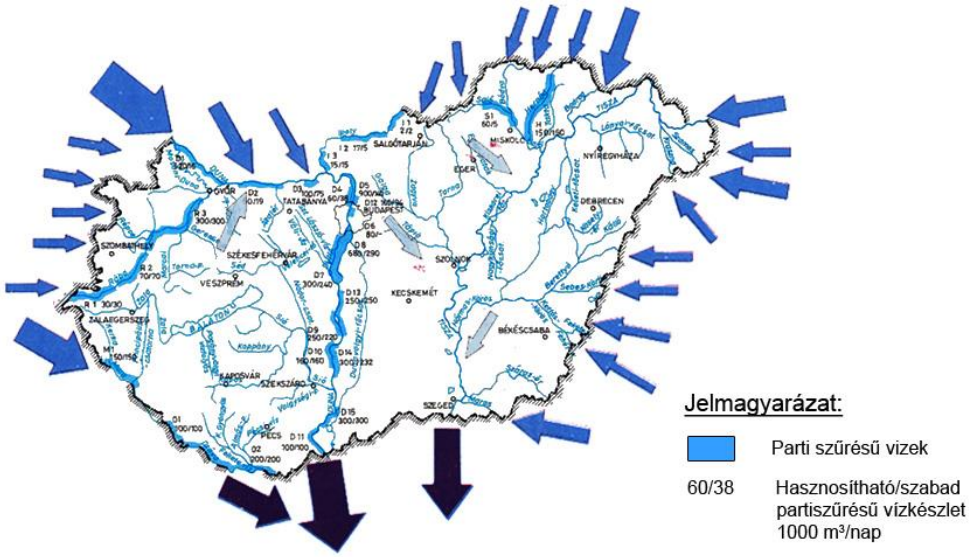
- A talajvíz a vizet át nem eresztő vízzáró kőzetrétegek és a felszíni talajréteg között helyezkedik el, az úgynevezett talajvíz tartó rétegben, amelyre számottevően hatnak a meteorológiai viszonyok, s ezért hőmérséklete, kémiai összetétele változó. Porózus és hasadékos kőzetben egyaránt előfordulhat. Ha nagy vastagságú áteresztő összletet találunk a talajvíz alatt, akkor a tulajdonképpen együttdolgozó rendszerből a felső 20 m-ben tárolt vizet nevezzük talajvíznek.
- Rétegvíz (artézi víz) a rétegvizek, ill. rétegvíz medencék kialakulásának feltétele, hogy a vizet raktározó réteget alulról és felülről is vízzáró réteg vegye körül. Mélységi elhelyezkedése igen változatos. A talajvíz alatti, általában 20 m mélységtől több ezer méter mélységig található meg. A két vízzáró réteg között elhelyezkedő és nyomás alatt álló rétegvizet – ha nyomása elég nagy ahhoz, hogy a vizet a felszín fölé juttassa kútfúrás esetén − artézi víznek is nevezik. Az artézi vizek Magyarország fontos ivóvízbázisát képezik, kémiai összetételük miatt sok köztük a gyógyvíz (pl. Harkány, Püspökladány), a termálvíz (Budapest-Városliget, Hévíz).
- Karsztvíz a víztartó alapján elnevezett felszín alatti víztípus. A víztartó mészkő, vagy dolomit, amelyben a tektonikai hatásokra repedések, hasadások keletkeznek, ezek a leszivárgó víz oldó hatására tágulnak, így kialakul egy összefüggő víztartó vízvezető rendszer, a benne tárolt víz a karsztvíz.

7.2 Magyarország vízkészlete

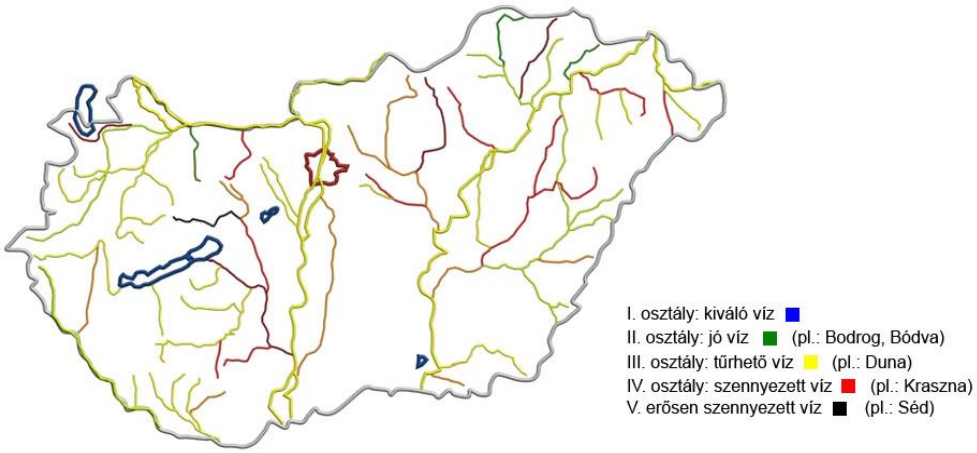
Magyarország a vízben szegény országok közé tartozik, miután a természetes körforgásban kevesebb mint 1000 m^3/fő/év csapadék jut az ország területére. Az ország felszíni vízkészletének több, mint 90 %-a külföldről származik (**24. ábra**), vizeink alvízi jellegűek, így folyóink vízminőségét és mennyiségét sincs módunk szabályozni. Miközben a vízkészleteink egyelőre fedezni képes az ország vízigényét, problémát jelent, hogy míg a vízkészletek körülbelül 85 %-a a Duna és 15 %-a a Tisza vízrendszeréhez kötődik, addig a felhasználási igények 59 %-a kötődik a Duna és 41 %-a a Tisza vízrendszeréhez. Így különösen aszályos időszakokban a Tisza térségében vízellátási gondok jelentkezhetnek.

A vizek terheléséhez nemcsak a háztartások járulnak hozzá szennyvizükkel, hanem az iparterületek is jelentős mértékben fokozzák azok elszennyeződését. Nem is beszélve, hogy országunk folyói ki vannak téve hazánkkal szomszédos országokból érkező szennyezések káros hatásainak. Gondoljunk például a 2000 évi Tiszai ciánszennyezésre. A **25. ábra** látható, hogy a Magyarországi felszíni vizek nem kimondottan jó minőségűek sőt a nyári időszakokban rendszeresen előfordul, hogy egyes Dunai szakaszokon hatóságilag még a fürdést is megtiltják.

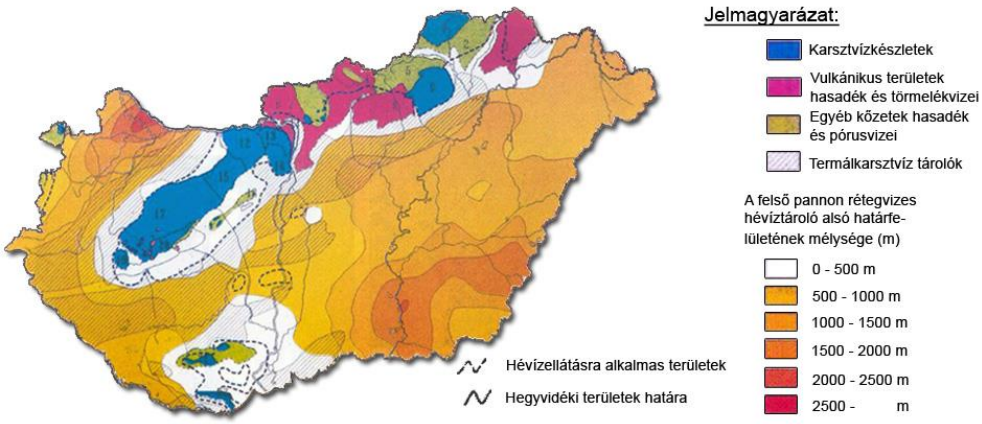
A teljes magyarországi vízkivétel körülbelül 15%-a felszín alatti vizekből származik ezen belül a mélységi víztartó rétegekből (40%), parti szűrésű kutakból (30%), karsztos kőzetekből (20%), illetve sekély rétegvizekből (10%). Ezek a vízkivételek elsősorban az ivóvíz, a mezőgazdasági és ipari vízszükségletet fedezik. Az ivóvízigényt körülbelül 95%-ban felszín alatti vizekből elégítik ki a felszíni vizek, pedig az ipari vízhasználatok körülbelül 98%-át adják.



24. ábra: A magyarországi vízfolyások és a parti szűrésű víek kivételi helyei



25. ábra: A magyarországi vízfolyások vízminősége



26. ábra: A víztartó kőzetek magyarországi megoszlása

A magyarországi egy főre jutó éves vízfogyasztás 600 m^3 (ipar vízigényét is beleszámolják), ami nagyjából egyenlő az OECD (Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet) európai átlagával (580 cm^3). Az 1970 és 1992 között tapasztalt háromszoros növekedést követően az összes éves vízkivétel 7 milliárd m^3 1996-ra 6 milliárd m^3-re esett vissza az ipari termelés csökkenése, a szerkezetváltás, a háztartási fogyasztás visszaesése és az öntözött területek nagyságának zsugorodása következtében. Az utóbbiak a háztartási ivóvíz és öntözővíz árának emelkedésével magyarázható. Ma az emelkedő árak következtében a lakossági vízhasználat még mindig folyamatosan csökken, azonban a csökkenés üteme lelassult. Magyarországon a vízkivétel körülbelül 70 %-át az ipar és az energetika igényli, elsősorban az erőművi hűtővízhasználatra. A vízkivételek közel 18 %-át a mezőgazdaság (halastavak, kisebb mértékben öntözés), a fennmaradó 12 %-ot pedig ivóvízként használják fel. A feldolgozóiparon belül a kohászat a legnagyobb vízfelhasználó, ezt az élelmiszeripar és a vegyipar követi.

7.3 Vízszennyezés

A felszíni, illetve rétegvizek a vízgyűjtő területtől függően különböző összetételűek lehetnek. A vízben található oldott és lebegő szennyeződések a felhasználás szempontjából lehetnek semlegesek, illetve károsak.

A természetben található "tiszta" vizek is tartalmaznak több-kevesebb idegen anyagot. Vízvédelmi szempontból azok az anyagok minősülnek szennyezőknek, amelyek valamilyen oknál fogva veszélyeztetik a vizek öntisztuló képességét. A szennyezések csoportosításának egyik lehetséges módját mutatja a **15. táblázat.**

15. táblázat: A víz szennyező anyagok csoportosítása

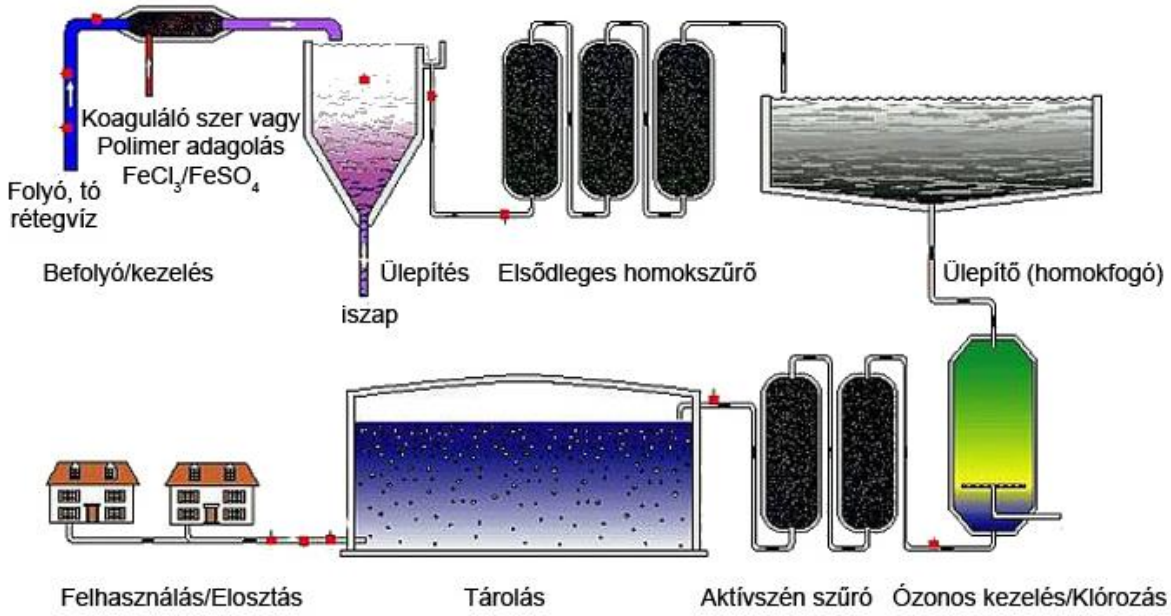
Szennyezés jellege	A szennyezőanyag jellemző káros hatása
Fizikai	íz, szag, szín, zavarosság, magas hőmérséklet, lebegő anyag
Kémiai	szerves és szervetlen vegyületek
Biológiai	mikroorganizmusok

A háztartásokban és az iparban felhasználásra kerülő „nyers" vizet először a felhasználási területnek megfelelően megtisztítják. Ez egy ipari hűtővíz esetén jelenthet egy egyszerű szűrést és vízlágyítást is, de például az ivóvíz esetén a fémektől, toxikus, vagy íz, illetve szagrontó anyagoktól és a patogén mikroorganizmusoktól is meg kell szabadulni (**27. ábra**). Az előbbieket általában derítéssel, ülepítéssel, aktívszenes adszorbcióval a mikroorganizmusok elpusztítását, pedig klórozással, vagy UV jelenlétében történő ózonizálással oldhatják meg.

A vízszennyezők közül erősen számolnunk kell a háztartásokból, illetve az iparból származó szennyezésekkel. Általában a kommunális szennyvizek a C, N, P tartalma illetve ezek aránya, nem kielégítő a teljes biológiai szennyvíztisztítás igényeinek. A fenti tápanyagok teljes eltávolítására ugyanis több biológiai úton bontható C forrásra van szükség a szennyvízben, mint amennyit az tartalmaz. Sajnos ez a mikroorganizmus tápanyagarány a szennyvízben adott, bár egyes esetekben a területi különbségek miatt a tápanyagok aránya kismértékben eltérő lehet.

A lakossági szennyvízkibocsátás egyik káros tényezője a mosogatáshoz, mosáshoz használt szerek, amelyek a tisztítókban habzást okozhatnak, csökkenthetik a felületi O_2 diffúziót, ami által csökkenhet a víz oldott oxigén tartalma. Kisebb mennyiségben a lakossági szennyvízbe

kerülhetnek veszélyes anyagok is, mint például festékek, le nem bomlott hormontartalmú gyógyszerek, stb., amelyekkel a biológiai szennyvíztisztítás technológiája nem tud mit kezdeni, így ezek változatlan formában a befogadóba kerülnek, vagy a szennyvíziszapban halmozódnak fel.



27. ábra: Egy ivóvíztisztító üzem elvi folyamatábrája

Egy átlagos háztartásban a **16. táblázat** található szennyező forrásokkal és szennyezőanyagokkal kell számolni.

16. táblázat: A háztartások szennyező forrásai és szennyezőanyagai

Forrás	Szennyező anyag
Ivovíz, főzés, mosogatás	szerves anyagok (C, N, P), mikroelemek, detergensek
WC öblítés	
Széklet	szerves C, N, P, mikroelek, patogén mikroorganizmusok
Vizelet	szerves N, sók, gyógyszerhatóanyagok
Fürdés, mosdás	detergensek, lebegő szerves-, szervetlen anyagok
Mosás	detergensek, lebegő szerves-, szervetlen anyagok
Locsolás	-
Autómosás	detergensek, szénhidrogének
Kertészkedés	N, P, K, sók
Trágyázás	peszticidek, insekticidek, fungicidek, stb.
Permetezés	

Ipar szennyezése az iparág tevékenysége szerint igen sokrétű lehet. Általános jellemzőjük, hogy a legtöbb esetben a szennyvizek tápanyagaránya nem kielégítő a megfelelő minőségű biológiai tisztításhoz és sok esetben a tisztítást végző mikroorganizmusok számára toxikus anyagokat is tartalmaznak. Az ipari szennyvizeket ezért a legtöbb eseten nem tisztán biológiai kezelésnek vetik alá, hanem előzetesen valamilyen kémiai eljárás alkalmazásával növelik meg az azt követő biológiai tisztítás hatékonyságát.

7.3.1 Felszín alatti vizek szennyezése

Az ötvenes évek eleje óta a gazdák hússzorosára növelték a nitrogén tartalmú műtrágyák használatát a termés növelése érdekében. A nagyobb mennyiségű tápanyagot azonban a növények gyakran nem tudják teljes mértékben felhasználni. A felhasznált nitrogénműtrágya harmada-fele sokszor kárba vész. A fel nem használt nitrát a felszínre hulló vízzel keresztülszivárog a talajon az alatta fekvő víztároló rétegbe.

A nitrátot nagy koncentrációban tartalmazó víz methemoglobinémiát okoz, amely különösen a kisbabák, terhes anyák és idősebb korosztályok esetén veszélyes. A gyomor-bél rendszer savassága a csecsemő emésztési rendszerében a nitrátot nitritté alakítja, ami blokkolja vérének oxigénszállító képességét és így, fulladásos halált okoz. 1945 óta a világon mintegy 3.000 esetet jelentettek – ezeknek közel fele Magyarországon történt-, ahol a magán kutakban különösen nagy a nitrát koncentrációja. A túl sok nitrát a növény immunrendszerét is gyengítheti, ezáltal érzékenyebbé teszi a betegségekre és a fertőzésekre.

A műtrágyázás alapvető célja a terméseredmények, talaj borítottságának növelése a víz és talajerózió csökkentése. Magyarországon az ötvenes évek második felétől 1975-ig a műtrágya felhasználás emelkedett és elérte az 1,5 millió tonnát. 1975 után az 1980-as évekig a kiszórt műtrágyák mennyisége gyakorlatilag nem változott, majd hazánkban is jelentősen mérséklődött.

A növények igényeinek megfelelően a műtrágyák nitrogént, foszfort és káliumot tartalmaz. A csapadék víz így a földekre kiszórt anyagokból ammónium -, kálium-, és foszfátionokat old ki. Ezek az ionok befolyásolják a talaj kémiai folyamatait, a savasodást, nitrifikációt és a denitrifikációt.

A termés növelése érdekében az ember nem csak műtrágyákat alkalmaz, hanem a káros gyomoktól, illetve rovaroktól is szeretne megszabadulni. Erre a célra gyom- (herbicidek), illetve rovarirtó (peszticid)-szerek szolgálnak. Ezek általában bonyolult szerves, többségében

klórozott szénhidrogének. Tudjuk hogy a rovarirtók is bemosódnak a talajba és még sokkal azután, is megtalálhatók ott, hogy a vegyületet már nem használják. A DDT (diklór-difenil-triklór-etán: $(ClC_6H_4)_2CH\text{-}CCl_3$), egy szerves klórvegyület például még mindig kimutatható az Egyesült Államok felszín alatti vizeiben, holott használatát 30 évvel ezelőtt betiltották (**17. táblázat**).

Azokon a helyeken, ahol a szerves klórvegyületek még mindig széles körben, használatban vannak, a kockázat továbbra is nő. India egyes államaiban a DDT koncentrációja a talajvízben több ezerszerese az elfogadható értéknek. A szerves klórvegyületek különösen veszélyesek, mert felhalmozódnak a test zsírszöveteiben, így amint a táplálékláncban egyre feljebb jutnak, koncentrációjuk megsokszorozódik.

17. táblázat: A talajvíz szennyezései

Szennyező anyag	**Szennyező forrás**	**Hatás**	**Legszennyezet-tebb régiók**
Nitrátok	Műtrágyázás Állattartás Hulladékkezelő rendszerek	Methemoglobénia csecsemőknél Rákos daganatok Algavirágzás, eutrofizáció	USA Kína India Kelet-Európa
Peszticidek	Mezőgazdaság Szeméttelepek Vegyigyárak	Idegrendszer és reproduktív szervek károsodása Rákos daganatok	USA Kína India
Petrolkémiai anyagok	Föld alatti tartályok Közlekedés	Rákkeltő Oxigén felvételét gátolja	USA UK Oroszország
Klórozott oldószerek	Elektronikai ipar Vegyipar tisztítóipar	Rák Szaporodási rendellenességek	Kalifornia Kelet-Ázsia
Arzén	Természetes előfordulás, más szennyezők hatására szabadul fel	Idegrendszeri és májkárosodás Bőrrák	Banglades Nyugat-Bengál India, Nepál, Tajvan

Szennyező anyag	Szennyező forrás	Hatás	Legszennyezet-tebb régiók
Más nehézfémek	Bányászati feltáró anyagok Szeméttelepek	Idegrendszeri és vesekárosodás Anyagcsere összeomlása	USA Közép-Amerika Kelet-Európa
Radioaktív anyagok	Nukleáris kísérletek Atomerőművek Orvosi hulladék	Rákos daganatok Születési rendellenességek	USA Volt SZU
Fluorid	Természetes	Fogászati problémák Csontozat károsodása	Kína, India Thaiföld, Srí-Lanka Kelet-Afrika
Sók	Tengervíz behatolása	Használhatatlanná válik vízivásra, öntözésre	Partvidékek

7.3.2 Vízszennyezés a légkörből

A légszennyezettség és a vízminőség kapcsolata a víz fölötti levegő minőségével és tisztulási folyamataival áll szoros összefüggésben. A levegőbe kerülő különféle anyagok sorsa és koncentrációja nagymértékben függ az atmoszféra szállító rétegeiben uralkodó meteorológiai viszonyoktól és a szállító folyamatok jellegétől. A szállítás és az eloszlás folyamatai több, egymást követő fázisra oszthatók: a szennyező anyag forrásának jellemzőire és az emisszió kialakulásának kezdeti fázisára, az elkeveredésre és felhígulásra a hosszabb távú szállítás folyamán, a közben lejátszódó kémiai reakciókra, majd a kitisztulás folyamataira, vagyis a kimosódásra és a száraz kiülepedésre. A vizeket ezekből természetesen az utóbbi kettő érinti közvetlenül, de nagy szerepük van a levegőben végbemenő fotokémiai folyamatoknak is. A legtöbb veszélyes légszennyező anyag a főként ipari és városi forrásokból származó reaktív gázok közé tartozik, ilyenek a kén-dioxid, a nitrogén-oxidok, a fluoridok és a szénhidrogének. A kémiai tisztulás folyamatai csökkentik a gázok koncentrációját és növelik a kémiai reakciók termékeinek mennyiségét a levegőben.

Az egyik legfontosabb kémiai reakció a légkörben a kén-dioxid oxidációja, aminek eredményeként szulfátrészecskék és kénsav cseppek keletkeznek. A másik kémiai átalakulási folyamat, amely a kén-dioxid légkörből való kiválasztásában nagy szerepet játszik, a kén-dioxid diffúziója a légköri folyadékcseppekbe.

A fotokémiai reakciók másik fontos folyamata a nitrogén-oxidok és a szénhidrogének jelenlétében vezet az egyre több helyen előforduló szmogjelenség kialakulásához, amelyben ózon és más oxidáló hatású gázok keletkeznek, és a levegőben lévő sok egyéb, apró, szilárd részecskével együtt az igen káros hatású „füstködöt" alkotják.

Ezek valójában másodlagos, magában a légkörben létrejövő szennyező anyagok, amelyek a levegő megtisztítása mellett a szárazföldi és a vízi szervezetekre, de az élettelen tárgyakra is komoly veszélyt jelentenek, elsősorban savas kémhatású száraz és nedves kiülepedések formájában.

A savas eső az előzőekben ismertetett folyamatok hatására jön létre, különösen olyan meteorológiai körülmények között, amelyek a légtömegek lassú mozgatásával és kifejlett magas nyomású rendszerként jellemezhetők. Olyan helyeken alakulnak ki, ahol a levegőben különösen sok, a folyamatokat elindító kén-dioxid és/vagy nitrogén-oxid. Utóbbiak együttes jelenléte fokozza a veszélyt, mert a kén-dioxid oxidációja megbontja a nitrogén oxidációja során a gáz alakú salétromsav és az aeroszol-nitrátok között kialakult egyensúlyt, és a nitrátokat mintegy „belöki" a gáz fázisba, ezzel is fokozva a savas hatást.

A savas esők savasságának kialakulásában az előzőeken túl számolni kell a magas sótartalmú szén, a PVC, vagy a klórozott oldószerek elégetéséből származó és a levegőbe kerülő sósavval is, de ez leginkább jól meghatározható helyi forrásokhoz kötődik.

A savas esők és a száraz kiülepedések savasságát okozó légszennyező anyagoknak a felszíni vizek minőségére gyakorolt hatása a nyilvánvaló káros következmények ellenére nem mindig és korántsem egyforma mértékben jelentkezik. A hatás alapvetően attól függ, hogy a szennyezésnek kitett víz milyen geológiai kőzettel van kapcsolatban, és hogy milyen a víz semlegesítő kapacitásának a túlterhelése. Például nem fordul elő a természetes vizek savasodása a mészkőben gazdag területek vizeiben, de gyakran tapasztalható homokos, kvarctartalmú alapkőzeten kialakult vízgyűjtőkön, még viszonylag kis túlterhelés esetén is.

A felszíni víz lúgossága, vagy (helyesebben) savsemlegesítő képessége a kulcsa a víz savasodás iránti érzékenységének. Annak ellenére, hogy a felszíni vizek pH-jának az elmúlt évtizedekben tapasztalt csökkenése (is) meggyőző evidenciának számít, és sok helyen jól

korrelál az esők összetételében beállt változással, nagyon nehéz pontosan meghatározni, hogy ez a savasodás mennyire írható a savas esők számlájára.

Az erős savasság főként kétféleképpen hat a vízi életre. Egyrészt megváltoztatja az egyes fajok toleranciáját más hatásokkal szemben, másrészt felborítja a fajok között kialakult dinamikus szukcessziót és a kölcsönhatásokat.

A savanyú vizes tavak és folyók vizében a fonalas algák és moszatok erőteljes elszaporodása figyelhető meg. Az ilyen vizekben a klorofill szénhez viszonyított aránya alacsony, ami arra utal, hogy az algák nagy része fotoszintézis szempontjából inaktív, ezért az egységnyi klorofillra szénasszimiláció csökkenése tapasztalható a produktivitás csökkenésével együtt. Az alacsony pH mellett előforduló alga akkumuláció a gerinctelen vízi szervezetek csökkenő „legelési" aktivitásának és a lassabb lebomlásnak lehet a következménye. Savas vizű tavakban a szerves anyag lebomlása igazoltan csökkent mértékű, és a tófenekén összegyűlő szerves detrituszt gyakran a gombafonalak sűrű rétege borítja. A vízi szervezetek mineralizációs képessége a savas vizekben korlátozott, ezért heterogén anyagok halmozódnak föl a tófeneken, elősegítve a mocsarasodás folyamatát. A kialakuló sűrű, zselatinszerű gombafonal réteg megakadályozza az oxigén odajutását és ezzel együtt az aerob lebomlást is. A légzés, vagyis az oxigénfogyasztás csökken, és redukálódik a foszforforgalom is, amelynek nagy szerepe van a tó produktivitásában.

Mindezek következtében csökken az elsőrendű termelő szervezetek és a halak közt közvetítő szerepet betöltő gerinctelen fajok száma, ami jelentős hatással van a vízi ökoszisztéma energiaáramlási folyamataira. A víz 4,5 pH-értéke alatt Crustaceák, a csigák és a kagylók sem találhatók meg a vízben, és a fontosabb halfajok sem képesek megélni.

Számtalan tényező és abiotikus faktor ismert, amely elfedi, vagy megnöveli a víz savasságának hatását, így az (alacsony Ca^{2+}-ion koncentráció, a nagy nehézfémtartalom, a hőmérséklet, az átlátszóság). A savas vízgyűjtőn lévő tavakban az alumínium, amely nagy mennyiségben oldódhat ki a savanyúvízzel a talajból, különösen veszélyes, toxikus hatású, mert az alumínium puffer rendszer lép a normál körülmények között működő bikarbonát puffer rendszer helyébe, és a víz pH 5-értéke körül, a megnövekvő alumíniumkoncentráció ilyen helyeken erős halpusztulást okozhat. A hosszan tartó savas hatás végül a tavak biológiai halálát okozza, míg folyóvizekben legtöbbször csak igen erős pontszerű savas szennyezés nyomán észlelhetők káros jelenségek. A savas csapadék az áramló vízben rendszerint gyorsan felhígul és semleges irányba tolódik el.

7.3.3 Vizek hőszennyezése

Egy kevésbé látványos, ám nagyon veszélyes felszíni vízszennyezési mód a hőszennyezés, amely a víz hőmérsékletének mesterséges megváltoztatásával, általában növelésével káros következményeket okoz, korlátozza a vízhasználatot és megzavarja a vízben végbemenő életfolyamatokat. A természetes felszíni vizeket érő hőhatás, a hőmérsékletemelkedés önmagában nem szennyeződés, csupán hatásaiban válik azzá. A hatására bekövetkező jelentős fajsúlykülönbség hőcsóva kialakulását idézi elő, hőmérsékleti rétegződés jöhet létre és stabilizálódhat, így a hidegebb befogadó vizében a meleg szennyvíz hosszú időn át a felszínen elkülönülve áramolhat és az elkeveredés csak hosszabb út megtétele után mehet végbe. Mivel az oxigén oldhatósága, a víz hőmérsékletének fordítottan arányos, a melegedő vizek élővilága a kevésbé oxigénigényes fajok irányába tolódhat el. Ez pedig, különösen állóvizek esetén, könnyen az egész ökoszisztéma összeomlását okozhatja.

Ha például a felmelegedett hűtővíz bebocsátása tavakba, vagy tározókba történik, a vízi élővilág aktivitása nő és ez fokozza az oxigénelvonást, a felszínen elterülő melegvíz viszont az oxigénfelvételt akadályozza. A fokozott párolgás és az oldhatóság növekedése miatt a hőszennyezés állóvizekben az összes sótartalom növekedését okozza.

Legszemléltetőbb módon jelentkezik a hőmérséklet-emelkedés káros hatása a vízben lévő mérgező, vagy szennyezőanyag jelenlétében, mert az emelkedés egyrészt közvetlenül befolyásolja a vízi élőlények anyagcseréjét, például az oxigénfelvétel sebességét; közvetett módon, pedig a szennyező, vagy toxikus anyag oldhatóságát növeli.

A hőszennyezés potenciálisan a legkritikusabb vízszennyező hatások, közé tartozik. A népesség és az ipari termelés növekedésével egyre növekszik a szennyvízkibocsátás mértéke, de amíg a szennyvizek kellő mértékben tisztítva vannak a BOI-, a toxikus komponensek mennyisége csökkenthető, de a hőszennyezés monoton növekedést mutat. Az erőművek, különösen a nukleáris fűtőanyaggal működők, egyre nagyobbak lesznek és a nagy hőtartalmú használt vizek hűtése a szükséges és előírt szennyvíztisztítási módszerekhez fog tartozni. A nukleáris energiával működő erőművek azért okoznak speciálisabb szennyezést, mint a fosszilis energiával működők, mert ezek fölös energiája nem a kéményen, hanem a hűtőkörökön (hőcserélőkön) távozik.

7.3.4 Mikroszennyezők

A technológiai forradalom óta a szennyezőanyagok egyre nagyobb mértékű megjelenése vizeinkben a vízhasználatokat korlátozza. Ezek a korlátok elsősorban íz- és szagrontó hatásukkal, szervezetben akkumulálódó mérgezőanyag, esetleg rákkeltő tulajdonságukkal jelentkeznek. Sajátos szennyező anyagok az úgynevezett kontaminánsok, amelyek abban a formában, ahogy az ember ezeket a környezetbe juttatja, még nem szennyezők, de átalakulásuk, helyváltoztatásuk során szennyezőkké válnak. Mivel ezek az anyagok viszonylag kis mennyiségben is kifejtik káros hatásukat, ezeket gyűjtőszóval mikroszennyezőknek nevezzük. Megkülönböztetünk szervetlen és szerves mikroszennyezőket.

A szervetlen mikroszennyezők közül kiemelendőek a vas, a mangán és a cink, melyek elsősorban organoleptikusan (a víz érzékszervekkel észlelhető tulajdonsága) jelentkező káros hatásokat váltanak ki. A víz ízét természetes úton, vagy szennyezéssel bekerülő anyagok befolyásolják. A kationok közül a vas, a mangán, a magnézium, a kálcium, cink, réz, az anionok közül a klorid, a szulfát, hidrokarbonát befolyásolják jelentős mértékben.

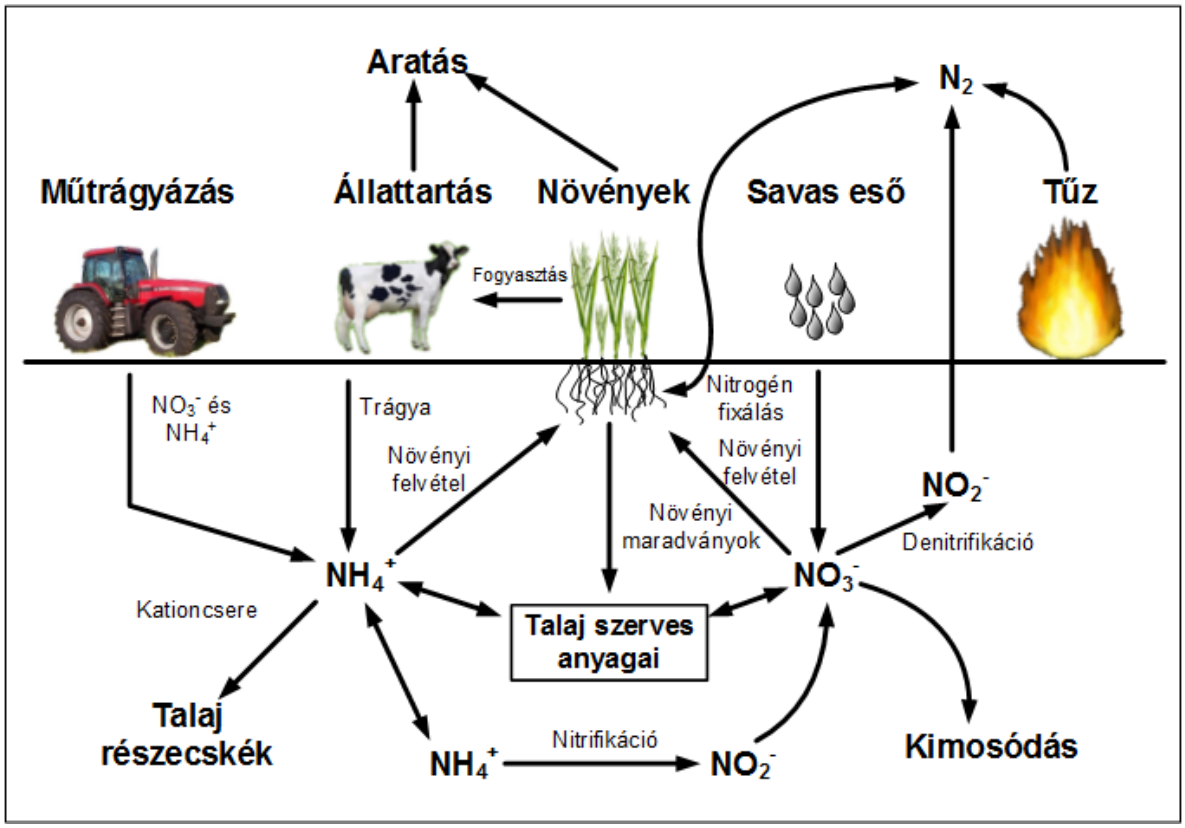
A vas életfontosságú nyomelem. A vízben, kis mennyiségben íz rontó nagyobb mennyiségben máj és vesekárosító lehet. Hiányában vérszegénység, fáradékonyság, az ellenálló képesség csökkenése, fokozott fertőzésveszély lép fel.

A mangán életfontosságú nyomelem. A mangánhiány elhúzódó véralvadást, növekedésbeli elmaradást, szénhidrát- és zsíranyagcsere-zavart okoz. A vízben rövid idejű expozíció esetén tüdőkárosodásra hasonlító kórkép alakul ki (köhögés, váladékozás, tüdőgyulladás) hosszabb idő esetén központi idegrendszeri tünetek alakulnak ki (Parkinson-szerű kórkép, gyengeség, fáradtság, fejfájás).

A cinkhiány mértékétől függően bőrgyulladás, hajhullás, immunológiai rendellenességek, növekedésbeli elmaradás, étvágycsökkenés, a nemi mirigyek csökkent működése lép fel. A vízben egyes vegyületei mérgezők, rákkeltők nagy cinkbevitel rézhiányt, hányást, hasmenést okozhat.

Az arzén természetes eredetű szennyező az ivóvízben. Az Alföld keleti és déli részén a megengedett 10 $\mu g\ l^{-1}$ ivóvíz koncentrációnál általában több van. A vízben, kis mennyiségben íz rontó, hosszú időn át arzénes (200 $\mu g\ l^{-1}$) ivóvizet fogyasztva megnövekedik a bőrrák kialakulásának veszélye és nyálkahártya gyulladásai, étvágytalanság, szőrhullás jelentkezhet.

A foszfor- és a nitrogén-vegyületek (**28. ábra**) is a biológiai túl produkció jelenségén keresztül íz rontó hatást fejtenek ki. Ezek koncentrációját tavakban, tározókban 2 mg l^{-1} TN (totál nitrogén) és 0,04 mg l^{-1} TP (totál foszfor) alatt kell tartani.



28. ábra: Nitrogén körforgás

A túlzott mértékű mű- illetve szerves trágya használat során a talajba kerülő tápanyagok a különböző vizekbe bemosódva ott a vízi növényzet túlzott elburjánzását, algavirágzást okozhatnak. A növények túlzott elszaporodása következtében jelentős mértékben lecsökken a víz DO (oldott oxigén) koncentrációja, ami a vízi élőlények pusztulásához vezethet. A növények elpusztulása után a hatalmas mennyiségű szerves anyag, amely növényi formában van jelen, ami további oxigént vonhat el a már amúgy is oxigénszegény víztől, így fokozva a problémát. A nem megfelelő trágyázás káros hatásait tovább növelheti a szennyvízkezelés hiánya is, hiszen a szennyvizek nagymennyiségű könnyen bontható C forrás mellett, ami gyorsan csökkenti a DO-t jelentős mennyiségű N és P is, tartalmazhat.

A toxikus elemek közül különös figyelmet igényel a higany és a kadmium. A táplálékláncban feldúsulnak, és a toxikus hatása a vízi életre már µg l^{-1} nagyságrendben jelentkezik. Japánban tömeges tragédiához vezetett a táplálékkal felvett kadmiumból az „ITAI-ITAI-kór”, a

higanyból a „MINAMATA-kór", ugyanis a kérdéses határkoncentráció, amely a melegvérűekre káros, a növényeknél és a hidegvérűeknél nem okozott fiziológiai problémát. A kadmium a cinkcsoport tagja, ám a cinkkel ellentétben igen mérgező. A kadmium felhalmozódik a vesében, és a csontképzési folyamat enzimjeit gátolja. Csontlágyulást és nyálkahártya-károsodást okoz. Az emberi szervezetből csak 10 év alatt ürül ki. A kutatások szerint a kadmium a fehérjékkel stabilis komplexet képezve gátolja azok hatását. A kadmium élettani hatását Japánban fedezték fel, a kadmiummal szennyezett bányavíz jutott rizsföldek közelébe a Jinzu folyó árterébe, és a rizs által bejutott az emberek szervezetébe. A kadmium által okozott betegséget Itai-itai kórnak nevezzük (japánul azt jelenti: nagyon fáj).

A kadmiumhoz hasonlóan a higanynak sincs biológiai szerepe, mérgező hatását többek között annak tulajdonítják, hogy könnyen kötődik tiol (-SH) csoportokhoz és alapvető biokémiai reakciókat gátol. A higany idegméreg, a halak és a tengeri emlősök testében feldúsul, így bejuthat az emberi szervezetbe is. A higany élettani hatását is japánok derítették fel, a Minamata öbölbeli szennyezés nyomán.

A Chisso vegyigyár éveken keresztül vezette a magas higanytartalmú szennyezését (higany-szulfát formájában) a Minamata-öbölbe. A higany-szulfát a vízben rosszul oldódik és a feltevés az volt, hogy az üledékben „örökre" eltemetődik. A vizsgálatok kimutatták, hogy ez a vegyület még rosszabbul oldódó higany-szulfiddá redukálódott, amit azonban az üledékben található baktériumok erősen toxikus metil-higany kationná alakították át. Ez utóbbi anyag a vízben oldódva később a táplálékláncba is bekerült. A higany a nyersen fogyasztott hallal és kagylóval került be az emberek szervezetébe, és súlyos szervi elváltozásokat, mozgásszervi problémákat, vakságot és az agysejtek elhalását, okozta. Az emberekben felhalmozódott higany következtében 3.000 ember halt meg és évek múltán is világot láttak torzszülött csecsemők. Általános gyakorlati szabály lehet az, hogy a nehézfémek összes koncentrációja ne haladja meg a 0,5 mg/l-t. Fontos tudni: sok nehézfém nem a szennyvizekből, hanem a leülepedő porból kerül a vizeinkbe. A mederfenéken leülepedett fémvegyületeket egy árhullám, vagy egy pH-csökkenés mobilizálhatja, és ami veszélyesebb, oldott formába viszi.

A szerves mikroszennyezők közül az olajat és kísérőanyagait a leggyakrabban előforduló mikroszennyezők közé kell sorolni. Már a hetvenes években megállapítást nyert, hogy 1 μg/l olajtartalom is kellemetlen íz hatást kölcsönöz az ivóvíznek, sőt a vízben nevelkedett halak és kacsák íze is élvezhetetlenné válik. Az olaj természetes úton is kerülhet a környezetbe, de antropogén olajszennyeződések általában nagyobb lökésszerű problémaként is

jelentkezhetnek (például Exxon Valdez olajszállító tanker zátonyra futott Alaszkánál 1984-ben). A vízbe kerülő olaj, ha nem ütközik akadályba, gyorsan szétterül, és vékony filmszerű réteget alkot, majd körülbelül 1 mm vastag olajfedettség alakul ki. Tiszta vízben ez a fedettség terjed és fokozatosan 0,2 mm-nél kisebb vastagságú hártyává alakul. Az olaj már kis mennyiségben lezárja a víz felszínét, és ezzel gátolja, mind a természetes oxigén felvételt a légkörből, mind pedig, a képződő gáznemű anyagcsere termék távozását a légkörbe. Ezek a termékek a vízben maradnak, és a reverzibilis biokémiai folyamatokat káros irányba tolják el. A vízbe bekerült olaj a mikroszervezetekre tapadnak, ezzel részben kémiai, részben fizikai úton ezek pusztulását okozza (

18. táblázat).

Olajkároknál azonban azt a veszélyt is figyelembe kell venni, hogy a magasabb rendű élő szervezetek lakó és költő helyét is tönkreteszi, és ezzel a biológiai lánc zavartalanságát befolyásolja. Az olaj kisebb koncentráció esetén toxikus hatásánál fogva fejt ki káros hatást. A vízben oldott, vagy diszpergált olaj már 10 mg l^{-1} koncentrációban a fitoplanktonra és a zooplanktonra káros, a halakra és a haltáplálékra 30 mg l^{-1}-nél kezdődik a letális koncentráció értéke.

Amennyiben olaj került a felszíni vízbe, az olaj továbbterjedését meg kell akadályozni. Ez úszó olajzárakkal lehetséges, melyek általában 20-30 cm mélyen merülnek a vízfelszín alá.

18. táblázat: Kőolajszennyezéskor kialakuló úszó olajréteg jellemzői

Olajréteg vastagsága (mm)	Olajréteg térfogata ($l\ km^{-2}$)	Észlelés
0,00004	40	Éppen csak látható színes foltok
0,00008	80	Ezüstös, összefüggő réteg
0,00015	150	Gyengén szivárványos, összefüggő foltok
0,0003	300	Erősen szivárványos, összefüggő foltok
0,001	1000	Színek sötétednek, összefüggő foltok
0,002	2000	Erősen sötét színek, összefüggő foltok

Detergensek (tenzidek) a korszerű ipari technológiákból és háztartásokból kerülnek egyre nagyobb mennyiségben vizeinkbe. Kémiai szerkezetük szerint háromféle detergenst különböztetünk meg, anionaktív, kationaktív és nem ionos detergenseket.

Más osztályozások szerint feloszthatók: biológiai úton nem bontható, biológiai úton bontható, valamint foszfortartalmú és foszformentes mosószerekre. A háztartásban használt szappanok, mosószerek fő hatóanyaga egy olyan felületaktív vegyület (tenzid), amelynek molekuláiban, vagy ionjaiban vízkedvelő (hidrofil) és víztaszító (hidrofób) csoportok is vannak. Ez a magyarázata annak, hogy ezek a vegyületek mind vizes, mind olajos (szerves apoláros) fázisban oldódnak.

Ha a felületaktív vegyület koncentrációja meghalad egy bizonyos – a rendszerre jellemző – értéket, az úgynevezett kritikus micellakoncentrációt, gömbszerű képződményeket, azaz micellákat alkot. Egy-egy micella hatvan-száz molekulából áll, s az átmérője nem haladja meg a 10 nm-t, tehát a kolloid részecskék mérettartományába esik. Az ilyen rendszereket összefoglalóan asszociációs kolloidoknak nevezik.

Lényegében minden nedvesítő-, tisztító- és mosószer, amely szintetikus, szerves felületaktív anyagot tartalmaz, s amely csökkenti a nedvesítés, tisztítás-mosás energiaigényét és növeli annak hatékonyságát. Vizekbe kerülve diszperzió, illetve emulzió képződését segíti elő. Az úgynevezett lágy detergensek biológiailag lebonthatók, ellentétben a nem lebontható, úgynevezett kemény detergensekkel (biodegradáció, biológiai lebonthatóság).

A detergenseknek vízgazdálkodási szempontból a következő tulajdonságaik kiemelendők. A detergensek habbal vonják be a felszíni vizek felületét és így a felületi levegő-, illetve az oxigéndiffúziót megakadályozzák. Igen káros tulajdonságuk, hogy emulgeáló hatásuknál fogva megakadályozzák számos mikroszennyező, nemegyszer rákkéltő anyag kicsapódását, kiülepedését és így ezek oldatban maradva a vízművek szűrőjén átjutnak, ezúton az ivóvízbe kerülve közvetlenül veszélyeztetik az embert. Az eleveniszapos szennyvíztisztító berendezéseknél esetleg olyan mértékű habzást okoznak, hogy a nagy értékű eleveniszap kifolyik, illetve nem tudja betölteni funkcióját. A P-tartalmú mosószerek szükségtelenül növelik a vizek foszfortartalmát, mely eutrofizációhoz vezethet.

A tenzidekkel kapcsolatban az azonban világos, hogy korunkban az ember sem a háztartásokban, sem a gyártási technológiákban, de még a környezetvédelmi technológiákban sem tudja nélkülözni őket.

A „peszticid” szó gyűjtőfogalom, amely magában foglal minden olyan vegyületet, amelyet a nem kívánatos, vagy káros élő szervezetek pusztítására használnak. Ide tartoznak például a rovarirtók (inszekticidek), a gyomirtók (herbicidek), a gombairtók (fungicidek). Jelenleg több száz vegyületet használnak növényvédelmi célokra. Növényvédő szerek közül a

legnagyobb publicitást kapó DDT-t emeljük ki. A DDT neve (diklór-difenil-triklórmetil-metán) amely a klórozott szénhidrogének csoportjába tartozó, legrégebben ismert inszekticid hatású növényvédőszer-hatóanyag. A természetben lassan bomlik (perzisztaneia), s nyomai megjelentek (szermaradék) az élelmiszerekben is. Ugyanakkor használatuk során a rovartörzsek egy részénél rezisztencia lépett fel. Mára már a DDT használatát a legtöbb országban korlátozták, vagy betiltották (Hiba! A hivatkozási forrás nem található.).

19. táblázat: DDT a környezetben

	DDT koncentráció (ppb)
vízben	0,001-0,005
zooplankton	2-20
kis halak	20-200
nagy halak	500-1000
halevő madarak	5000

A lassú biológiai lebonthatósága következtében a DDT mind nagyobb mértékben halmozódik fel a tápláléklánc felsőbb fokain álló élőlényekben és fejti ki káros hatását. Ennél az egyszerű láncnál a vízben, nagy mennyiségben de kis koncentrációban található vegyszer a tápláléklánc csúcsán álló madárban már 10 milliószoros koncentrációban is jelen lehet.

7.3.5 Mikrobiológiai szennyezők

A betegséget okozó ágensek körébe tartoznak a patogén baktériumok, vírusok, protozoák, illetve paraziták, mint a tífusz, kolera, dizentéria, fertőző májgyulladás és egyéb, betegségeket emberre átvivő férgek (**20. táblázat**). Ezek a kórokozók a fertőzött személyek székletén, illetve vizeletén keresztül és az állatok közbeiktatásával kerülnek a vízbe. Fő források lehetnek még a túlterhelt emésztőgödrök kezeletlen szennyvizei és a túlterhelt szennyvízhálózatok.

20. táblázat: A kórokozók által okozott betegségek és hatásaik

Kórokozók	Betegség	Hatás
Baktériumok	Tífusz	Hasmenés, hányás, láz, fejfájás
	Kolera	Hasmenés, hányás, kiszáradás
	Dizentéria	Hasmenés, erős gyomorfájás
Vírusok	Enteritisz	Gyomorégés, hányás, hasmenés
	Fertőző májgyulladás	Sárgaság, májnagyobbodás, étvágytalanság
	Gyermekparalízis	Izomfájdalom, remegés, lábak karok bénulása

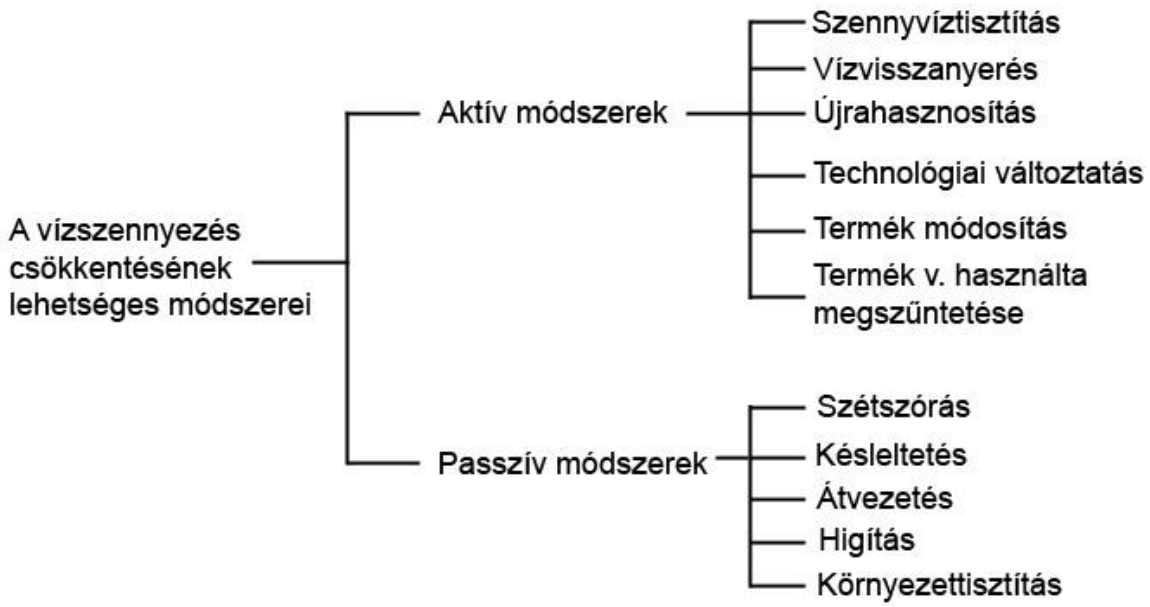
Ha a felszíni víz ezekkel, a szennyező anyagokkal túlterhelt, akkor a hirtelen elszaporodó aerob szervezetek olyan mértékben fogyasztják az oldott oxigént, hogy a halak és a rákfélék a fulladás következtében elpusztulnak. A teljes oxigénhiány valamennyi oxigénigényes élőlény pusztulásához vezet, és az oxigén hiány eredményeként az anaerob baktériumok szaporodnak el. Ennek következménye lehet, hogy a baktériumok a szerves anyagok levegőtől elzárt anaerob lebontásával toxikus és kellemetlen szagú anyagokat termelnek, úgymint a kénhidrogén, ammónia, és metán, melyek buborékok formájában a felszínre kerülhetnek.

7.3.6 A vízszennyezés csökkentésének lehetőségei

A vízi környezet védelme szempontjából aktív és passzív beavatkozások különböztethetők meg abban a tekintetben, hogy az eljárás az emissziót csökkenti, vagy csak az immisszió nagyságát mérsékli. Az aktív védelem fontos szerepet betöltő módja az újrafelhasználás, ami a vízkibocsátás egy részének, vagy teljes mennyiségének az első használatával azonos, vagy

más célú újrahasznosítását jelenti. Ez a módszer egyrészt a szennyvízbevezetések számát és a szennyezőanyag-terhelés nagyságát, másrészt a vízkivételek számát és mennyiségét csökkenti. Az újrafelhasználás elsősorban az ipari vízellátás, valamint különféle mezőgazdasági vízhasználatok vízigényét elégíti ki, esetleges tisztítási eljárások közbeiktatásával. Mivel a környezeti ártalmak nagy részét az ipar okozza, ezért a környezetvédelem egyik fontos feladata, hogy a termelési technológiák továbbfejlesztésével, változtatásával csökkentsék a szennyezőanyag-kibocsátást. Az üzemi vízgazdálkodásban a vízvisszaforgatás megoldásával a frissvíz-igény nagymértékben lecsökkenthető

A passzív módszerek közül a szennyvizek szétszórását, a befogadóktól való távoltartását (szennyvíztározás) és a hígítást alkalmazzák leggyakrabban. Ezek az eljárások azonban a kibocsátott szennyezőanyag mennyiségét nem csökkentik, csak a befogadók viszonylagos tehermentesítését szolgálják, ezért lehetőség szerint valamely aktív módot kell alkalmazni.

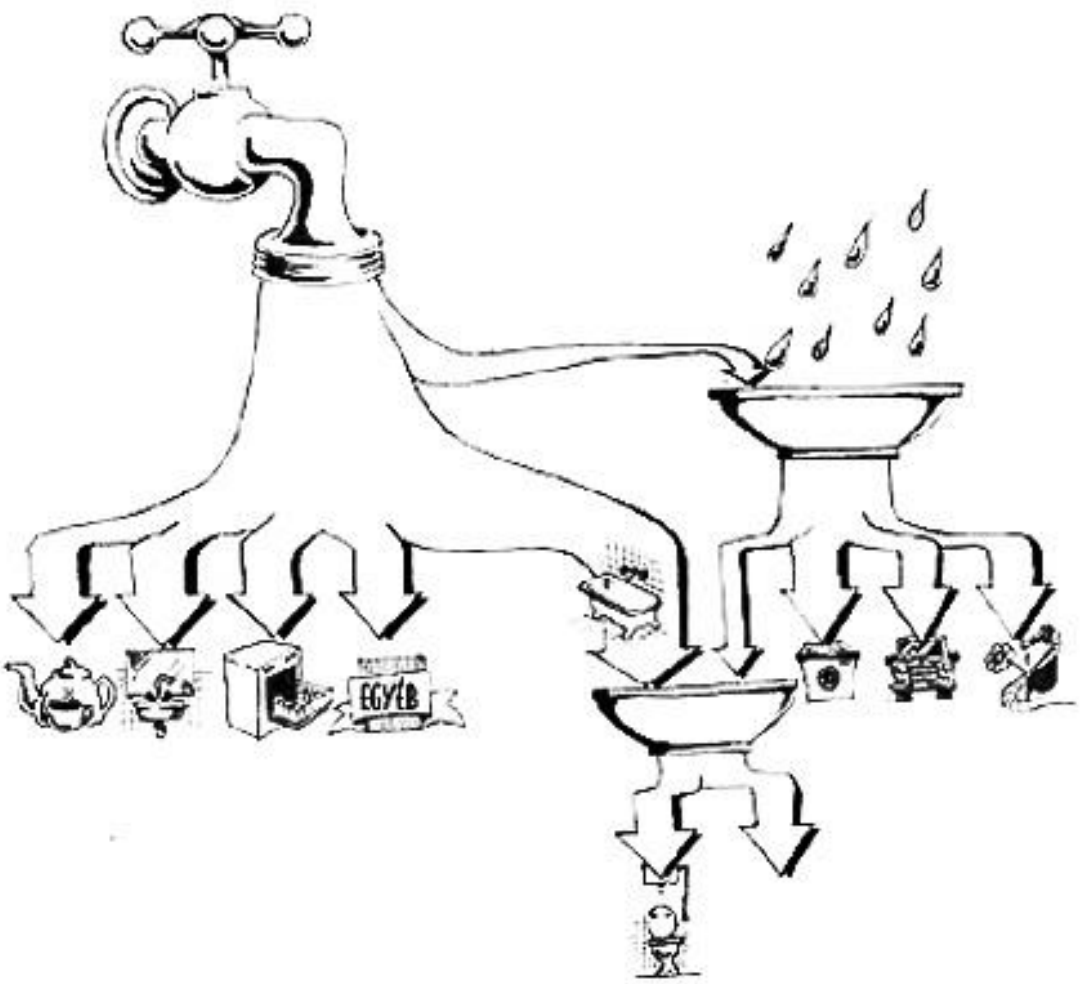


29. ábra: A szennyvizek csökkentésének lehetséges módszerei

A jövőben a legfontosabb és leglényegesebb módszer a szennyvizek mennyiségének csökkentésére az új, környezetkímélő technológiák bevezetése, melyeknél a termelés során hulladékok, szennyezések egyáltalán nem keletkeznek, vagy azok a keletkezés helyén jól elkülöníthetők, esetleg felhasználhatók.

Egy háztartás a vízszennyezését legegyszerűbben a takarékoskodás irányában tudjuk csökkenteni, amit a folyamatosan emelkedő víz és szennyvízdíjak is ebbe az irányba terelnek.

A vízfogyasztás mennyiségének csökkentése azonban egy bizonyos határon túl a tisztítás szempontjából nem jó megoldás. Ekkor a lakosság által a csatornába engedett szennyvíz kritikus esetekben a csatornában dugulásokat a szennyvíztisztítókban, pedig a működés zavarait okozhatják. Jó megoldást jelenthetne a csapadékvíz háztartási felhasználása is, amelye egy lehetséges megoldását a **30. ábra** szemléltet.



30. ábra: Az esővíz felhasználása a háztartásokban

7.4 Szennyvíztisztítás lehetőségei

Az emberi tevékenység akaratlanul is veszélyes hulladékokat juttat a felszíni és felszín alatti vizekbe egyaránt. Mivel egy-egy vegyület gyakran csak hónapok, vagy évek múlva jut a felszínről a talajvízbe, a víztartó rétegekben okozott kár talán csak évtizedek múlva derül ki. A világ számos részén csak most kezdik felfedezni azokat a szennyezéseket, amelyeket 30, vagy 40 évvel ezelőtti tevékenységek okoztak. Ha egy szennyeződés egyszer bejutott a

talajvízbe, akkor ott általában meg is marad. A víztartó rétegek többnyire kevesebb oldott oxigént, ásványi anyagot, mikrobát és szerves anyagot tartalmaznak, mint a talaj – ezek a körülmények nem kedveznek a kémiai lebomlásnak.

A felszíni vizek utóbbi évszázadban tapasztalt fokozatos elszennyeződésének növekedésében a különböző ipari üzemek és a lakosság tisztítatlan, résztisztításon átesett vízei is növelik. Természetesen napjaink szennyező forrásai esetén nem szabad elfeletkezni a már biológiailag (vagy más módszerrel) megtisztított vízek környezetterheléséről sem, azonban a szennyvíztisztítók gondos tervezése, megvalósítása és üzemeltetése esetén a terhelés minimalizálható.

A szennyvíztisztítás célja, hogy a szennyvizeknek a befogadóra nézve veszélyes anyagait eltávolítsuk, vagy átalakítsuk, illetve, hogy megteremtsük az újrafelhasználás minőségi feltételeit. Az ideális az volna, ha minden felhasználó a visszaadott vizet a befogadó természetes vízminőségének megfelelően juttatná vissza.

A szennyvíztisztítás gyakorlatában alkalmazott lakosegyenérték (LEÉ) kifejezés jelenti az egy lakos által kibocsátott szennyező anyagok mennyiségét illetve a vízhasználatot (**21. táblázat**). Ezen fajlagosok világszerte kisebb-nagyobb mértékben eltérnek egymástól. Legnagyobb különbségek a használt víz mennyiségében adódnak. A LEÉ paramétert felhasználva tervezik a szakemberek a különböző szennyvíztisztító rendszereket.

21. táblázat: A jellemző hazai LEÉ-ek:

Komponens	LEÉ (g/fő*nap)
Kémiai oxigénigény (KOI)	120
Biológiai oxigénigény (BOI)	60
Lebegő anyagok	70
Összes foszfor	1,8
Ammónium-nitrogén	9
Összes nitrogén	11

A **21. táblázat** adataiból könnyen belátható, hogy a kibocsátott szennyvíz mennyisége országonként, sőt még régiónként is változik. Ennek megfelelően a különbzö régiók szennyvízének minőségében, a szennyezőanyagok koncentrációjában nagy eltérések lehet. A világ szerencsésebb részén, ahol a fogyasztók több vízet használnak, használhatnak ott a szennyvízek hígabbak mint a világ kevésbé szerencsésebb részein. Számos esetben azonban

előfordul, hogy a különböző országokban ugyanazt a tisztított víz minőséget várják el a tisztítóktól. Ebből belátható az, hogy a töményebb vízeket tisztító telepektől nagyobb hatásfokú tisztítást várnak el, amely számos esetben csak az üzemelési költségek növekelésével, vagy pótlólagos beruházásokkal oldhatók meg.

A mesterséges szennyvíztisztítás három fokozatban történhet, melyek a mechanikai, biológiai és a kémiai tisztítást foglalják magukban. A mechanikai tisztítás során a durva szennyeződések, az ülepedő anyagok, valamint a lebegő anyagok egy része távolítható el. A jól működő mechanikai tisztítólépcső tehermentesíti a második tisztítási fokozatot, valamint a fölös iszap mennyiségének csökkentésével növeli a szennyvíztisztító telep gazdaságosságát. Ez az elsődleges tisztítás a szennyezőanyagoknak csak mintegy 30-34 %-át távolítja el, így különböző szerves és szervetlen kolloidális lebegőanyagok, valamint oldott anyagok maradnak még a szennyvízben. Ezek közül elsősorban a szerves szennyezőanyagok jelentik a legnagyobb problémát, mivel nagymértékben hozzájárulnak a vizek eutrofizációs folyamatának felgyorsításához.

A biológiai szennyvíztisztítás során ezen szerves anyagok lebontását mikroorganizmusok végzik. A biológiai tisztítás aerob és anaerob körülmények között mehet végbe aszerint, hogy a közreműködő mikroorganizmusok a tápanyag-lebontó tevékenységükhöz igényelnek-e oxigént vagy sem. A kommunális és ipari szennyvizek kezelésének jelenleg az aerob tisztítás a legelterjedtebb módszere, de − különösen a nagy szervesanyag-terhelésű szennyvizek esetén egyre inkább felmerül az anaerob tisztítás szükségessége is, mivel az előbbinek a nagy oxigénbevitel miatt igen jelentős az energiaigénye.

A biológiai szennyvíztisztítás legfontosabb eredménye, hogy hatására a BOI (biológiai oxigén igény) jelentősen csökkenthető és ezzel a víz oldott oxigén koncentrációja elérheti a magasabb rendű élő szervezetek, pl. a halak számára szükséges értéket.

A biológiai módszereket csoportosíthatjuk a tisztítás hatásfoka alapján is: teljes tisztítás esetén a szerves anyagok eltávolítási hatásfoka 90 % feletti, a részleges tisztítás ennél kisebb hatásfokú, így még a második tisztítási fokozaton átjutott szennyvíz is tartalmaz sok növényi tápanyagot és egyéb oldott anyagokat. Ilyen megfontolásból ma már a biológiailag tisztított szennyvizeket sem engedik pl. a Balatonba vezetni.

A felszíni vizeket az utóbbi időben egyre több mikro-szennyezőanyag és növényi tápanyag terheli. Ezeknek, az anyagoknak a kívánt mértékű eltávolítására kifejlesztett eljárások alkotják a harmadik fokozatot, a kémiai tisztítást. A vegyszeres kezelést, vagy a biológiai

tisztítás előtt, vagy az után lehet alkalmazni. Ha a szennyvízben toxikus anyagok fordulnak elő, akkor célszerű a biológiai tisztítás előtt elvégezni, különben azok gátolhatják a mikroorganizmusok működését.

Azt, hogy a biológiai tisztítást megelőzően szükség van-e kémiai tisztításra, a KOI (kémiai oxigén igény) és a BOI (biológiai oxigén igény) összehasonlításával döntik el. Amennyiben a természetes vízi fauna működését és így a víz öntisztuló képességét akadályozó például toxikus anyagok, vannak a vízben, akkor a KOI magasabb szerves anyag koncentrációt jelezhet, mint a BOI. Ez esetben a biológiai tisztítást a víz toxicitásának kémiai úton történő csökkentése kell, hogy megelőzze.

Egyébként a kémiai, vagy harmadlagos tisztítást csak indokolt esetben végzik el, mivel az a tisztítás legköltségesebb eljárása.

A kémiai vízkezelés célja esetenként nem a szennyezések ártalmatlanítása, hanem a speciális célokra alkalmas (például kazántápvíz) vízminőség előállítása. A kémiai kezeléssel általában a víz vas- és mangántartalmát, illetve keménységét szokás csökkenteni. Egyes esetekben a rétegvíz természetes körülmények között olyan anyagokkal lehet szennyezett (pl. arzén), amely miatt ivóvízként nem használható. Ez esetben szintén kémiai beavatkozással teszik a vizet ihatóvá.

A természetes vizek védelme érdekében a szennyvíztisztítók számát és teljesítményét is növelni kell, hiszen jelenleg a világon évente kb. 500 milliárd m^3 tisztítatlan szennyvizet, bocsátanak az élővizekbe. Hazai vizeink legnagyobb terhelője is a tisztítatlan szennyvíz. A szükséges szennyvíztisztító kapacitások kiszámításánál természetesen figyelembe kell venni, hogy a növekvő vízdíjak következtében a vízfelhasználás és így a fajlagos szennyvízkibocsátás is csökken. Emiatt Nyugat-Európa néhány országában már az a jellemző, hogy jelentős szennyvíztisztító kapacitások állnak kihasználatlanul.

A szennyvíztisztítás fontos eleme a keletkezett iszap kezelése. Az iszap kezelésének, illetve ártalmatlanításának megvalósításához szükséges technológiai költségek a szennyvíztisztító berendezés üzemeltetési költségeinek akár 30%-át is kitehetik. A szennyvíziszap elhelyezésének egyik módja a mezőgazdasági hasznosítás, melynek során az iszappal szemben támasztott követelmények a következők: alacsony szennyezőanyag-tartalom (például nehézfémek); állandó összetétel; nagy tápanyagtartalom; megfelelő kihordhatóság; csíramentesség.

Amennyiben a szennyvíziszapot a nehézfémtartalom, a magas szállítási költségek miatt, illetve vevő hiányában, a mezőgazdaságban nem lehet értékesíteni, úgy az előkezelt iszapot hulladéklerakóra történő elhelyezéssel, vagy égetéssel lehet ártalmatlanítani.

Az aktív védelem másik fontos szerepet betöltő módja az újrafelhasználás, ami a vízkibocsátás egy részének, vagy teljes mennyiségének az első használatával azonos, vagy más célú újrahasznosítását jelenti. Ez a módszer egyrészt a szennyvízbevezetések számát és a szennyezőanyag-terhelés nagyságát, másrészt a vízkivételek számát és mennyiségét csökkenti. Az újrafelhasználás elsősorban az ipari vízellátás, valamint különféle mezőgazdasági vízhasználatok vízigényét elégíti ki, esetleges tisztítási eljárások közbeiktatásával. Mivel a környezeti ártalmak nagy részét az ipar okozza, ezért a környezetvédelem egyik fontos feladata, hogy a termelési technológiák továbbfejlesztésével, változtatásával csökkentsék a szennyezőanyag-kibocsátást.

A legfontosabb és leglényegesebb módszer a szennyvizek mennyiségének csökkentésére az új, környezetkímélő technológiák bevezetése, melyeknél a termelés során hulladékok, szennyezések egyáltalán nem keletkeznek, vagy azok a keletkezés helyén jól elkülöníthetők, esetleg felhasználhatók.

A passzív módszerek közül a szennyvizek szétszórását, a befogadóktól való távoltartását (szennyvíztározás) és a hígítást alkalmazzák leggyakrabban. Ezek az eljárások azonban a kibocsátott szennyezőanyag mennyiségét nem csökkentik, csak a befogadók viszonylagos tehermentesítését szolgálják ezért lehetőség szerint, valamely aktív, a környezet védelmét aktívan szolgáló módot kell alkalmazni.

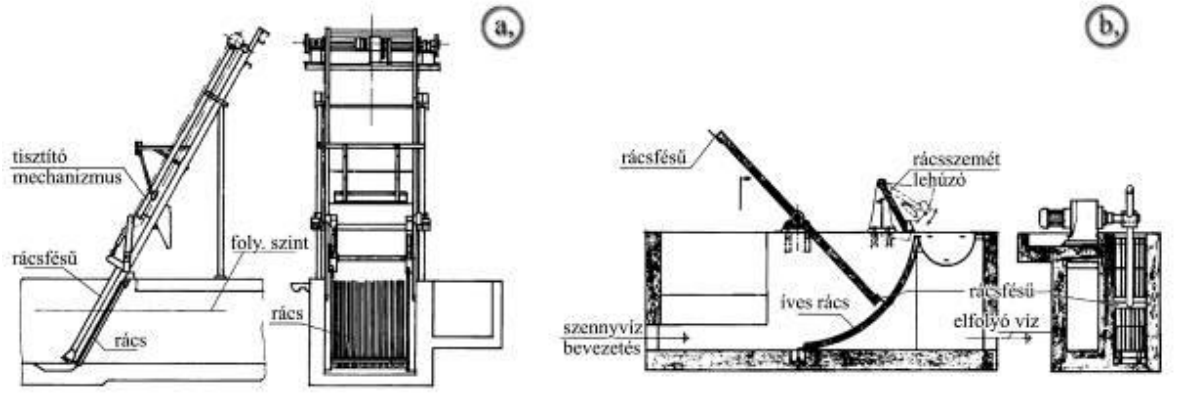
Az aktív módszerek kedvezőbben hatnak, de nagyobb „energiabefektetést” igényelnek a részünkről. Természetesen a passzív módszerek is igényelnek szakmai hozzáértést, beruházást, de a mai modern környezetvédelemnek az aktív védelem fejlesztése irányába kellene elmennie.

Egy háztartás vízszennyezését legegyszerűbben a takarékoskodás irányában tudjuk csökkenteni, amit a folyamatosan emelkedő víz és szennyvízdíjak is ebbe az irányba terelnek. Egy bizonyos határon túl azonban ez sem jó megoldás, hiszen az általunk a csatornába engedett szennyvíz kritikus esetekben ott dugulásokat okozhat a tisztító teleptől, pedig ugyanannak a kifolyó paraméternek való megfelelés esetén nagyobb hatásfokú működést kíván meg.

7.4.1 Fizikai módszerek

Szűrés

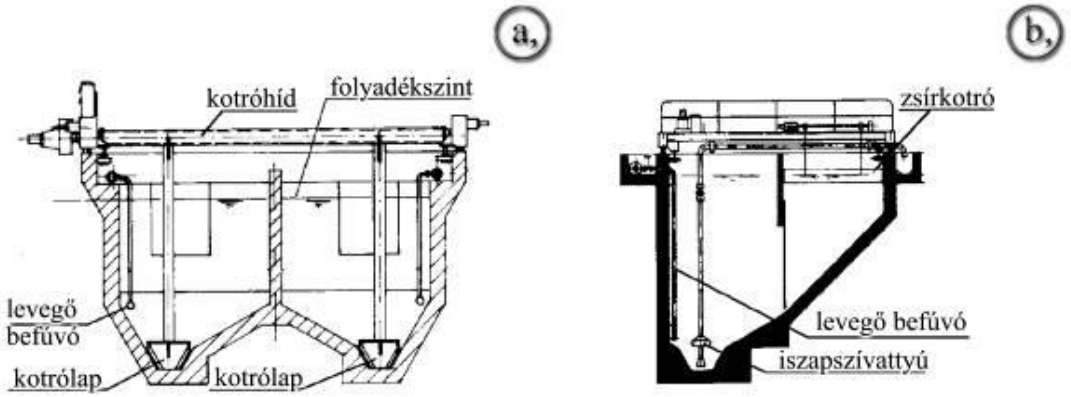
A mechanikai tisztítás általában előkezelésként használatos nagyobb hatékonyságú tisztító eljárások előtt. Elsődleges célja a technológiai sorban az azt követő műtárgyak védelme (pl. szivattyúk, vezetékek dugulása) a nagyobb méretű darabos lebegő anyagrészektől, másrészt kemény szemcsésanyagoktól, melyeknek jelentős a koptató hatása. E célokra régóta használatos eszközök, a rácsok (**31. ábra**), sziták, valamint a homokfogók. Ezekkel, a műtárgyakkal a kommunális szennyvizeknél körülbelül 5-7 % KOI csökkenés is elérhető.
A rácsokat különböző típusokba sorolhatjuk: kézi és gépi tisztításúak, finom (5-20 mm) és durvarácsok (20-100 mm).



31. ábra: A szennyvíztisztításban általánosan alkalmazott rácstípusok a) mechanikusan tisztított rács; b) íves rács

Homokfogás

Homokfogókkal (**32. ábra**) főleg szervetlen szemcsés anyagokat távolítanak el (homokmaradványok, esetleges fémszemcsék) a szennyvízből. A homokfogók feladata a szennyvíz homok és kisebb kavicstartalmának kiülepítése, ami így az átemelő és a gépi berendezések élettartamát jelentősen meghosszabbítja. A műszaki, és gazdaságossági követelményektől, és a helyszíni adottságoktól függően megkülönböztethetünk: vízszintes-, függőleges és légbefúvásos homokfogót.



32. ábra: Homokfogó műtárgyak a) vízszintes átfolyású homokfogó; b) levegőztetett homok- és zsírfogó

Zsírfogás

A zsírfogók feladata a szennyvízben lévő zsír-, és olajtartalom kiválasztása és eltávolítása. Bevett gyakorlat, hogy a leválasztást elsődlegesen a képződés helyén kell elvégezni (gyárak, iparterületek belső hálózata, tisztítói), azonban mégis előfordulhat olajos szennyeződés kis koncentrációjú megjelenése a települési szennyvizekben, amely zavarja a további tisztítást. Az eredményes leválasztáshoz, a homokfogóhoz hasonlóan kis átfolyási sebességű műtárgy üzemeltetése szükséges.

Ülepítés

A különböző geometriai kialakítású ülepítők feladata a víznél nagyobb fajsúlyú szerves, vagy szervetlen lebegőanyagnak a szennyvíztől való elválasztása. Alkalmazhatják: önálló mechanikai tisztító berendezésként illetve elő- és utóülepítőként. Az ülepítők jellegzetessége, hogy a lebegőanyag eltávolításuk hatásfokát a lebegőanyag minősége mellett a terhelésük ingadozása is jelentősen befolyásolja, ezért üzemeltetésük és tervezésük nagy gondosságot igényel. Kialakításukat és üzemvitelüket a zagyjellemzőkhöz illeszteni kell. Különböző medencegeometriájú ülepítők lehetnek:

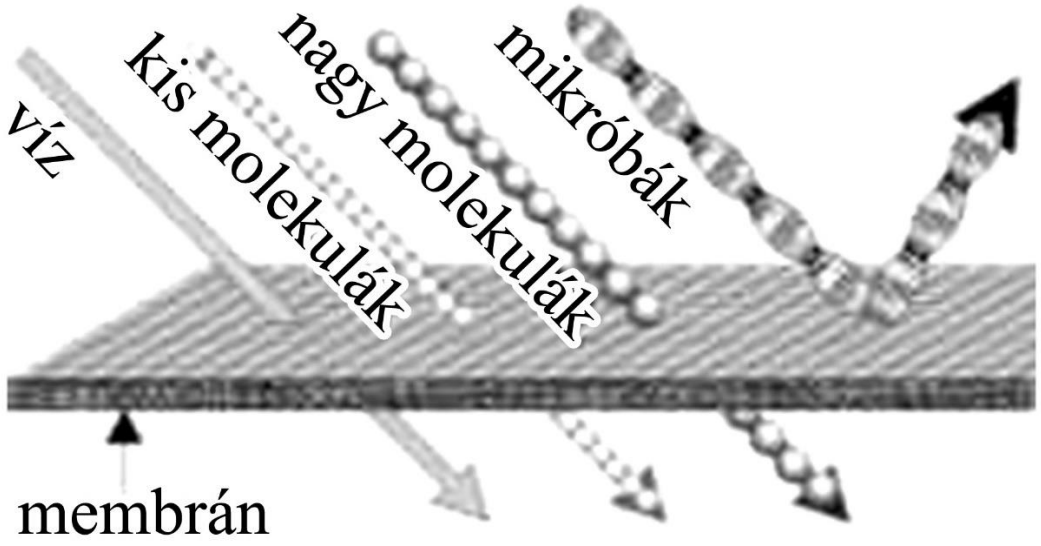
- hosszanti, vízszintes átfolyású, négyszög alaprajzú ülepítők gépi iszapkotró berendezéssel,
- sugárirányú, vízszintes átfolyású kör alakú ülepítők, gépi iszapkotró berendezéssel,
- függőleges átfolyású kör, vagy négyzet alaprajzú tölcséres ülepítők.

Membrán eljárások

Az egyes membrános módszereket a membránok permeabilitása, azaz az áteresztő képessége és bizonyos molekulákkal szembeni szelektivitása, továbbá a membránon az áthatoláskor működő hajtóerők (nyomás-, aktivitás-, elektromos potenciál különbség) alapján is megkülönböztethetik egymástól. A 70-es évek elején kezdték el a gyakorlatban is alkalmazni a membrános eljárásokat, s azok közül is leginkább a mikroszűrést (MF), ultraszűrést (UF), fordított ozmózist (RO).

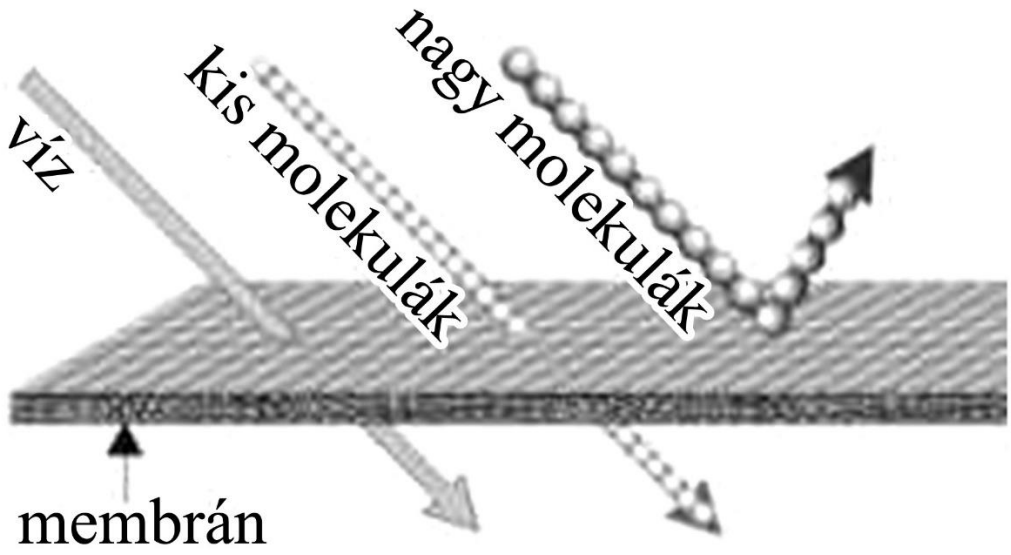
Napjainkra a membrán szeparációs műveleteket előnyös tulajdonságaik révén (kíméletesek, nem képződnek veszélyes hulladékok, energiaigényük kicsi, jellemzően alacsony hőmérsékleten működnek) előszeretettel alkalmazzák az ipar egyes területein. A kommunális, ipari szennyvíztisztításban és a víztisztításban jellemzően használt szűrési eljárások a következők:

A mikroszűrés, nagyon hasonlít a hagyományos szűréshez. A mikroszűrés emulziók, szuszpenziók szétválasztására alkalmazott technológia. A membrán két oldalán 1-3 bar nyomáskülönbséget hoznak létre, melynek hatására – a mikrobákat kivéve – minden oldott és lebegő anyag áthatol a membránon. Mikroszűréssel eltávolítható az ivóvizekből és oldatokból a baktériumok és egyéb mikroorganizmusok nagy része, de például a sört is mikroszűréssel csírátlanítják.



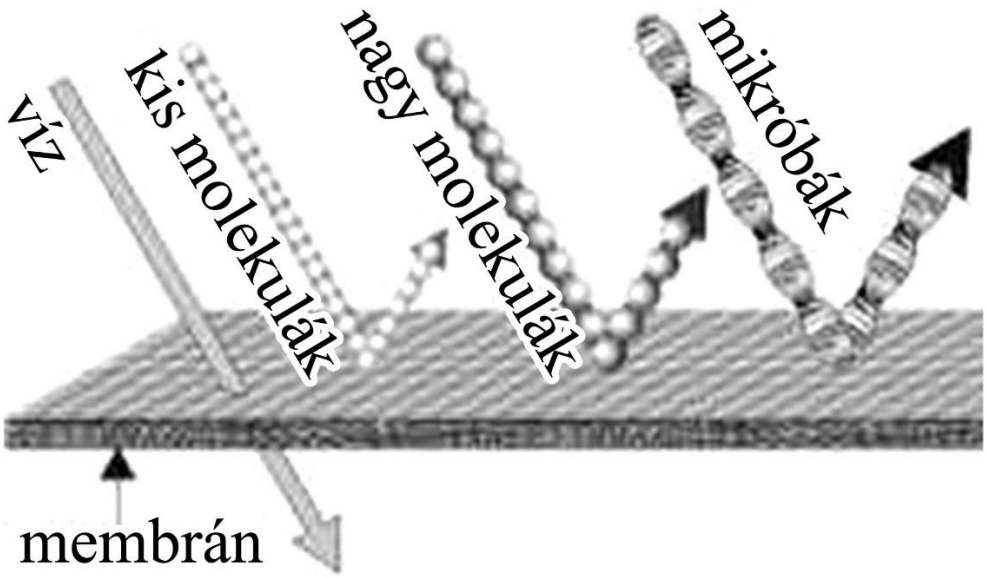
33. ábra: Mikroszűrés

Az ultraszűrés a mikroszűrés és a nanoszűrés közötti mérettartományban használható membrános eljárás. Az ultraszűrő membránok pórusmérete 500 nm és 1 nm közötti lehet. Az ultraszűrést általában makromolekulák és kolloidok leválasztására alkalmazzák. A mikroszűrő membránokhoz hasonlóan az ultraszűrő membránok is pórusosak, amelyeknél a visszatartást elsősorban az oldott részecskék, anyagok mérette és az alakja határozza meg.



34. ábra: Ultraszűrés

A fordított ozmózisos szűrésben a membrán két oldalán akkora nyomáskülönbséget hoznak létre, amely nagyobb, mint az elválasztandó oldat ozmózisnyomása. Az eljárást a papíripari és kisebb sótartalmú galvanizációs szennyvizek esetében alkalmazzák eredményesen. Az emberiség számára létfontosságú technológia, a tengervíz gazdaságos sótalanítása is a fordított ozmózis jelenségen alapul.



35. ábra: Fordított ozmózis

7.4.2 Kémiai módszerek

A környezetbarát biológiai tisztító rendszerek mellett sokszor elkerülhetetlen a kémiai vegyszeres tisztítás megvalósítása is. A vegyszeres kémiai kezelést gyakorlatban a következő területeken alkalmazhatják:

- ipari szennyvizek tisztításánál,
- ha akár lúgos, akár savas a szennyvíz,
- ha előnyösen kicsapható anyagokat tartalmaz,
- ülepedési tulajdonságok befolyásolására,
- iszap felfúvódás megakadályozására,
- nehézfém-szennyezések eltávolítására,
- foszfor eltávolítására.

Fémszennyezés eltávolítása

Elve, hogy az oldott fémionokkal nehezen oldódó vegyületet (hidroxidokat) képeznek, és azt kiülepítik. A kicsapás érdekében az oldat pH-ját bázikus irányban kell eltolni. Később azonban nagy pH értéknél visszaoldódás is felléphet. A gyakorlat szempontjából, mivel a kicsapószerek különféle fémeknél eltérőképpen hatásosak, számos kicsapószer került forgalomba.

A víztisztításban jellemzően használatos kicsapószerek:

- vas-sók ($FeCl_3$, $FeCl_2$, $Fe_2(SO_4)_3*3H_2O$, $FeSO_4*7H_2O$),
- mészhidrát ($Ca(OH)_2$)
- alumíniumszulfát ($Al_2SO_4)3*18H_2O$).

Foszforszennyezés csökkentése

A biológiai szennyvíztisztítás megoldására kialakított egyes technológiák nem képesek a biológiai többletfoszfor eltávolítására ezért határértéket meghaladó mennyiségű oldott foszfor is maradhat a tisztított szennyvízáramban. Ezt célszerű alumínium-, vas sók, vagy $Ca(OH)_2$ segítségével oldhatatlan állapotba vinni és kiülepíteni. A kémiai foszforeltávolításnál oldhatatlan vegyületet, eredményező kicsapást végeznek, így oldhatatlan foszforvegyület kerül az üledékbe. Belátható, hogy a megoldások közös jellemzője az ülepítő igény. A foszforeltávolítás gyakorlata szerint megkülönböztethetünk elő-, szimultán-, vagy utókicsapatást is. Az előkicsapatás előnye és hátránya ugyanabból a tényből ered, mégpedig, hogy a szerves anyagok egy része is kiülepedik az előülepítőben csökkentve a biológiai medencék szerves anyag terhelését, de csökkentve a denitrifikációhoz az anoxikus medencében rendelkezésre álló szerves anyag mennyiségét is. A legegyszerűbben alkalmazható, ezért leggyakrabban alkalmazott szimultán kicsapatás hátránya a nitirifikáció hatásfokának csökkentésében jelentkezik. Az utókicsapatás oldott foszfor csökkentő hatása mellett még egy utóülepítő berendezés meglétét igényelné, amely így már akár gazdaságtalanná is teheti ezt a megoldást.

Kémiai oxidáció a biológiailag nehezen bontható anyagok kezelésére

A kémiai oxidáció a biológiainál jellemzően drágább megoldás. Ennek megfelelően az általános szennyvíztisztítási gyakorlatban biológiailag nehezen, vagy nem bontható szennyezések, eltávolítására jöhet szóba, azonban kivételes esetekben nagy szennyezettségű folyadékok tisztítására is használhatják. Ilyen lehet a veszélyes komponenseket tartalmazó szennyvizek, szennyvíziszapok nedves oxidációja (nagy nyomás és hőmérséklet mellett), valamint a flotálással kombinált elektrolízis, elektrokémiai kezelés és más oxidációs technikák.

A kémiai oxidációs eljárások egyik hatékony megoldása a Fenton oxidáció, amely vas katalizálta H_2O_2-os oxidációt jelent. A folyamat eredményeképp a biológiailag nehezen

bontható, bonyolult szerves makromolekulák akár CO_2 és víz végtermékig, valamint biológiailag már lebontható kis molekulákká oxidálhatók. A hagyományos megoldáson kívül a Fenton oxidációnak még foto- és elektro- változatai is ismeretesek.

Elektrokémiai módszerek

Elektrokémiai oxidációs megoldásnál az oxidálószert legtöbbször víz elektrolízisével állítják elő. Elektrokémiai oxidációnál elektródák között egyenárammal potenciálkülönbséget hoznak létre, mely mobilizálja a töltéssel rendelkező részecskéket. A pozitív ionok (H^+) a katód, a negatív ionok (OH^-) az anód felé vándorolnak. A katódon mindig hidrogén keletkezik, ezzel szemben az anódon, vagy oxigén keletkezése, vagy az anód oldódása játszódik le. Az igazi elektrokémiai oxigénfejlesztés tehát speciális, nem oldódó elektródokkal lehetséges. Az eljárás a különböző szennyezőanyagok oxidációja mellett, fémek eltávolítására is alkalmas. Az elektrokoagulációnál a fémionok szabaddá válása dominál az anódon, amelyből keletkező ionok elektrolitikus destabilizációt, koagulációt, flokkulációt eredményeznek a kolloid rendszerben. Ennek következtében a lebegő, vagy lebegő formába hozott szennyező anyagok a fém csapadékkal együtt szűréssel, vagy ülepítéssel eltávolíthatók a rendszerből. Szerves anyagok emellett közvetlenül az anódon oxidálódhatnak, illetve a katódon redukálódhatnak is. Az eljáráshoz általában Al, Fe, vagy Al/Fe elektródokat alkalmaznak. Az elektrokoaguláció jól bevált technológia fémeltávolításra, lebegő szemcsék, agyagásványok, szerves festékek, olaj, zsír ipari eltávolítására.

7.4.3 Biológiai módszerek

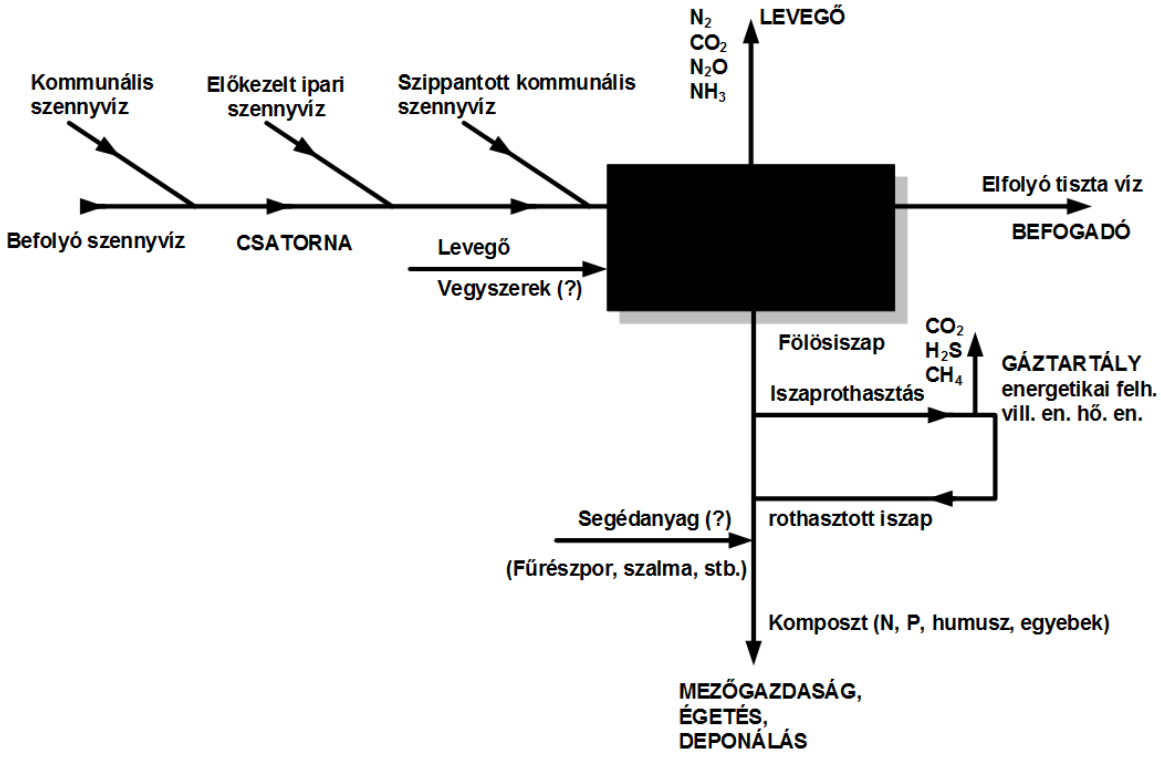
Csepegőtestes szennyvíztisztítás

A szennyvíztisztítás korai időszakában apró kavicsokból és kőzúzalékokból emeltek 2-3 méteres dombokat, amelyeket fentről locsoltak a megfelelő nedvesítés és terheléselosztás érdekében. Ezek a dombok tulajdonképpen a talaj szűrő és tisztító hatását utánozva, biológiai szűrőként funkcionáltak. Az ilyen építmények tekinthetők voltaképpen a mai csepegtetőtestes szennyvíztisztítás előfutárainak. A hordozó anyagon gyorsan kifejlődött a biofilm (fix film), amely megfelelő nedvesítés és oxigénellátás mellett ez a megoldás a szerves anyag jelentős részét eltávolította. A fejlesztés fő irányvonala a levegőztetés javítása és a lehűlés elenni védelem volt. Ennek érdekében a csepegőtesteket zárt oldalfalakkal látták

el, a földbe süllyesztették, majd később ventilátorokkal biztosították a megfelelő oxigénellátást. A csepegtető testek üzembiztonságának megőrzése érdekében fontos volt a csepegőtest eliszaposodásának, eldugulásának kiküszöbölése is. Ezért maximálisan el kellett távolítani a feladásra kerülő nyers szennyvíz lebegő anyag tartalmát, valamint a csepegőtesten felhalmozódott biomasszát időnként le kellett mosni a hordozó felületről.

Eleveniszapos szennyvíztisztítás

A klasszikus csepegőtestek elterjedt használata a múlt század első felére esik, azonban ezt követően a drasztikusan megnövekedő szennyvízterhelések az eleveniszapos szennyvíztisztítás jelentős fejlesztését, fejlődését eredményezték. Ezek a rendszerek nagyobb fajlagos térfogati teljesítményük és jobb szabályozhatóságuk miatt az ’50-es évek közepe óta csaknem teljesen leváltották a csepegtetőtestes tisztítókat.



36. ábra: Teljes biológiai szennyvíztisztítás

Napjainkban az eleveniszapos szennyvíztisztítás a biológiai tisztítási technológiák közül a legelterjedtebb megoldás. Az eleveniszapos szennyvíztisztításban a szennyezőanyagok (szerves C, N, P, S) biológiai átalakítását, eltávolítását a bioreaktorokban lebegő, heterogén mikroorganizmus szuszpenzió (eleveniszap) végzi. Az átalakítás jellemző segédtápanyaga az

oxigén, termékei a széndioxid, szennyvíziszap (C, N, P), NO_3^-(nitrát) és SO_4^{2-} (szulfát). A bioreaktorokban szaporodó eleveniszapot és a tisztított szennyvizet általában utóülepítőkben választják el egymástól. Az utóülepítőben kiülepített iszap egy részét eltávolítják a (fölösiszap elvétel), másik részét recirkuláltatják a bioreaktorokban.

Biofilmes megoldások

Filmes megoldások esetén egy reaktortérben több egymástól különböző életfeltételeket biztosító biofilm rétegről beszélhetünk. A mélyebb rétegekben anaerob tápanyaglebontás folyik, amíg a felszíni, vagy felszínhez közeli rétegekben aerob folyamatok játszódnak le. A filmben kialakuló koncentráció-gradiensek eredményeként strukturáltabb mikroorganizmus együttélés lehetősége biztosítható, amely párhuzamosan lényegesen kisebb fajlagos iszaphozamot, másrészt megfelelő körülmények között a lassabban szaporodó autotróf fajok nagyobb mértékű elszaporodását is biztosíthatja ez a megoldás. Ennek köszönhetően a vastagabb filmekben a szimultán folyamatok aránya is igen számottevő lehet. Mindezeket az előnyöket a „tisztán" filmes, vagy eleveniszapos biofilmes, úgynevezett hibrid rendszerek igyekeznek biztosítani. A leggyakrabban használt biofilmes reaktorok rögzített ágyas kialakítással működnek, azaz a filmet valamilyen rögzített hordozó felületére növesztik. Leggyakoribb példái a lecsurgó filmes, az elárasztott töltetes biofilmes megoldások, illetve a biofilterek, valamint a forgó biológiai kontaktorok (RBC-k).

7.4.4 Vegyes technikájú szennyvíztisztítás

A fent felsorolt eljárások kombinációi jelennek meg a mai modern szennyvíztisztításban. Többnyire a szennyvizek nem megfelelő tápanyag-összetétele, a régen épült szennyvíztisztítók technológiai kialakítása az egyes előírt tisztítási folyamatok megfelelő hatásfokú lejátszódására nem ad lehetőséget. Ekkor van szükség kiegészítő műtárgyak, kémiai kezelések technológiába illesztésére. Egy Magyarországon 2005 évben még egyedülálló kommunális szennyvíztisztító példája egyszerűen szemlélteti a kémiai, fizikai, és biológiai szennyvíztisztítás jövőt idéző kombinálhatóságának lehetőségét, szükségességét. Az oroszlányi kommunális szennyvíztisztítóban a telepre érkező szennyvizet először egy finomrácsra vezetik, ahol eltávolítják a nagyobb szilárd szennyeződéseket. A rács után vas (III)-szulfát oldatot adagolnak a vegyszeres foszforkicsapás érdekében. A víz ezután egy hosszanti átfolyású olajfogóval ellátott, levegőztetett homokfogóba kerül, ahol eltávolíthatók

a nagyobb átmérőjű, nagyobb fajsúlyú szennyeződések. A szennyvíz a homokfogóból a finomszűrőre, majd az a biológiai tisztító sorra kerül. A bioreaktorokban történik meg a szennyezőanyagok biológiai eltávolítása. A fázis-szeparációt a hagyományos Dorr-rendszerű utóülepítő helyett egy membránkazettákat is tartalmazó levegőztetett medencéből, ultraszűréssel (UF) oldják meg. A membrán is ugyanazt a célt szolgálja, mint egy hagyományos például Dorr típusú utóülepítő. Az így nyert tisztított szennyvíz a hatékony fizikai-, kémiai és biológiai kezeléseknek köszönhetően zavarosságmentes, bakteriológiailag kifogástalan minőségű, tehát annak utólagos fertőtlenítésére sincs feltétlenül szükség.

7.4.5 A természetközeli szennyvíztisztítás és a tisztított víz talajban történő elhelyezése

Napjainkra a természet-közeli szennyvítisztítási eljárások széles skáláját alkalmazzák mind a tisztított szennyvízek utótisztítására, mind pedig az eleveniszapos biológiai tisztítás kiváltására. A néhány hazai tapasztalat alapján Magyarországon az eleveniszapos biológiai lépcső kiváltása a gyakorlat, azonban a külföldi példák inkább az utótisztítás megvalósításáról számolnak be.

A természetközeli rendszerek alkalmazása elvben csaknem minden területen elképzelhető és ezek a rendszerek világszerte számos referenciával (ipari és lakossági) is rendelkeznek.

A természet-közeli szennyvíztisztítókban a szervesanyagok lebontását döntően ugyanúgy mikroorganizmusok végzik, mint az intenzív technológiájú szennyvíztisztító telepeken. A szervesanyag oxidálásához szükséges oxigén diffúzióval, a makrofitonok aktív oxigéntranszportjával, vagy az algák fotoszintézise révén jut a rendszerbe. Ez az oxigén utánpótlás azonban lassúbb, mint a mesterséges levegőztetés, ezért a természetes szennyvíztisztítókban hosszabb tartózkodási idő szükséges azonos mennyiségű szennyvíz tisztításához, ezért a helyigényük nagyobb a hagyományos eljárásokénál. Ebből a megállapításból, azonban az ilyen rendszerek legnagyobb hátránya is levezethető amely milyat a természetközeli rendszerek nem alkalmazhatók minden eset megoldásában. Telepítésük komoly előzetes vizsgálatot, adott paraméterek egyidejű jelenlétét igényli.

A természetközeli rendszerek, talán nem alaptalanul a társadalom szemében igen nagy népszerűségnek örvendenek, azonban működtetésük során, hazánk kontinentális éghajlata esetén számos megoldandó problémával kell szembenézni mind az üzemeltetőknek mind

pedig a hatóságnak. A természet-közeli szennyvíztisztítási eljárások terjedését kisebb települések esetében elősegítette az, hogy:

- az eleveniszapos technológiához képest beruházási, működtetési és fenntartási költségük általában kisebb,
- a működtetésük nem igényel különösebb szaktudást,
- csekély az energiaigényük,
- egyes típusaik kifejezetten környezetbe illő, környezetbarát technológiák.

Hátrányuk azonban:

- a nehéz ellenőrizhetőség,
- a kis fajlagos kapacitás,
- a környezeti elemeknek való nagyfokú kiszolgáltatottság,
- nagy területigény.

A természetes tisztítás technológiákra a változatosság, sokszínűség jellemző. A különböző módszerek azonban lényegüket illetően sok tekintetben hasonlítanak egymáshoz. Általában két csoportot szokás megkülönböztetni.

1. szilárd hordozó alapú rendszereket, és
2. vízalapú rendszereket.

A szilárd hordozójú eljárásoknál az üzemi vízszint a felszín alatt van, a tisztítást a hordozón megtelepedett baktériumok végzik. A különbség az eljárások között abból adódik, hogy a tisztításban makrofitonok részt vesznek-e sem, illetve mekkora a megengedhető fajlagos terhelés.

A vízalapú szennyvíztisztító típusoknál az üzemi vízszint a felszín alatt van. A szennyvíztisztításban aktívan részt vesznek vízinövények (algák vagy makrofitonok).

Amint látható, a két fő csoport között folyamatos az átmenet, a vízszintemeléssel eljuthatunk a szilárd hordozójú eljárásoktól a vízalapú eljárásokig. A tisztított szennyvíz minőségének javítása érdekében a tiszta típusok helyett gyakran alkalmaznak kombinált rendszereket.

A teljes, illetve résztisztításon átesett szennyvizek környezetkímélő elhelyezéséről gondoskodni kell. Különösen nehéz feladat ez olyan területeken, ahol természetes, állandó felszíni vizek (folyók, patakok, tavak, stb.) nem állnak rendelkezésre, vagy azok védettsége miatt a tisztított víz azokba be nem vezethető. Ekkor a vizet, vagy gyűjteni kell (jellemzően tisztítatlanul) és elszállítani, egy lehetőség szerint közeli tisztítóba, vagy a tisztított víz valamely természet-közeli szennyvíztisztítási eljárásokon alapuló, azokhoz nagymértékben

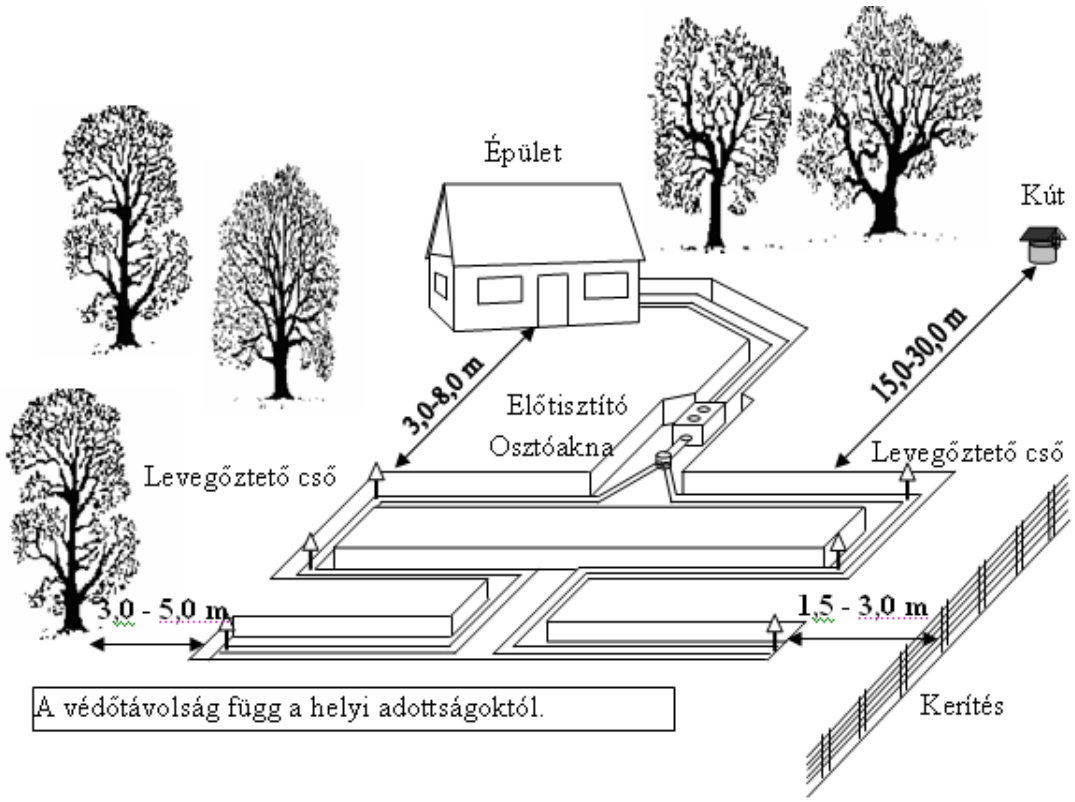
hasonló megoldással a talajba kell elhelyezni. Ezekkel a megoldásokkal a vizek további tisztításon esnek át és nem utolsó sorban az adott területen tartják a jövőben mindinkább felértékelődő természeti erőforrásunkat, a vizet.

A természet-közeli szennyvíztisztítási eljárások korábban már leírt kategorizálásából egyértelműen látszik, hogy a tisztított szennyvizek megfelelő terhelés mellett üzemeltethető, elhelyezése kizárólag a szilárd hordozójú szennyvíztisztítási eljárásokhoz hasonló megoldás lehet.

A jellemző gyakorlatnak megfelelően kialakított elhelyező mezők feladata közös:

- az előkezelt szennyvíz szétosztása a befogadó talajban;
- az előkezelt szennyvíz további tisztítása, a szennyeződések visszatartása és lebontása, fizikai-, kémiai és mikrobiológiai folyamatok révén.

A szűrő-elhelyező mező jellemző kialakítása az ajánlott védőtávolságok megjelölésével látható a **37.**



37. ábra: A szűrő-elhelyező mező jellemző kialakítása

A bemutatott egyedi/helyi szennyvíz-elhelyezési technológiákat hazánknál lényegesen kedvezőbb gazdasági helyzetben lévő, a környezetvédelem terén előttünk járó, fejlett

országokban is elterjedten alkalmazzák. Ezeknek az egyszerű technológiáknak az alkalmazási lehetőségét minden esetben érdemes mérlegelni, amennyiben:

- az elhelyezendő szennyvíz mennyisége kicsi (kistelepülések és önálló településrészek esetén);
- a helyi adottságok (terepviszonyok, talaj- és talajvíz adottságok, telkek mérete) lehetővé teszik;
- a laksűrűség alacsony, a gyűjtőcsatorna fajlagos építési költsége magas.

A hosszú távú elképzelések kidolgozása során azonban nem szabad elfelejtkezni arról, hogy még a megfelelően kezelt szennyvíz is veszélyeztetheti az emberi egészséget és a környezetet. A szennyvíz tisztítása és szakszerű elhelyezése bonyolult biotechnológián alapul, ily módon is kockázatos tevékenység, emiatt a megfelelő szakértelem nélkülözhetetlen, az előkészítés és tervezés, a megvalósítás, az üzemeltetés és üzemellenőrzés folyamatában egyaránt.

8 Levegő

Fülöp Tamás

8.1 A légkör

A Föld légköre az atmoszféra, a globális környezeti rendszer egymással dinamikus egyensúlyban lévő négy részrendszerének egyike, a geoszféra, a hidroszféra és bioszféra mellett. A Föld gravitációs erőtere által a felszínhez kötött gázok és a felszínről párolgó víz különböző halmazállapotú formái alkotják az atmoszférát, amelynek tulajdonságait számos fizikai, kémiai és biológiai kölcsönhatás befolyásol. A dinamikus egyensúly ezen részrendszeren belül éppúgy érvényesül, mint a teljes globális környezeti rendszer esetében. Az atmoszféra összetételét a **22**. táblázat mutatja.

A légkör gáz halmazállapotú komponenseit az atmoszférában való tartózkodási idejük és koncentrációjuk időbeli eloszlása szerint az állandó, ill. a változó komponensek csoportjába sorolhatjuk. Az állandó komponensek tartózkodási ideje az atmoszférában ezer évnél nagyobb, koncentrációjuk időben állandó. E komponensek a nitrogén, az oxigén, a hidrogén és a nemesgázok. Azokat a gázokat, amelyeknek az atmoszférában való tartózkodási ideje 10^2 év nagyságrendű vagy ennél kevesebb, változó komponenseknek nevezzük. Ezen belül erősen változó komponenseknek hívjuk azon gázokat, melyeknek a tartózkodási ideje napokban mérhető. Ezen elkülönítésnek abból a szempontból van jelentősége, hogy egy konkrét légszennyező anyag, milyen léptékű levegőszennyeződéshez képes hozzájárulni. A kis reakcióképességű, vízben kevéssé oldódó gázok nagy tartózkodási idővel rendelkeznek, ezáltal globális méretű légszennyeződést okozhatnak, míg a reakcióképesebb gázok légszennyező hatásukat lokális, legfeljebb regionális léptékben képesek kifejteni.

A gázok mennyisége az atmoszférában különböző koncentrációegységekben adható meg. A fő komponensek (N_2, O_2, Ar) koncentrációját térfogatszázalékban szokás megadni, amely koncentrációegység azt jelenti, hogy 100 térfogategységnyi levegőben hány térfogategység a kérdéses komponens mennyisége. A kisebb mennyiségben az atmoszférában lévő anyagok koncentrációját μg szennyező anyag/m^3 levegő vagy ppmv, esetleg ppbv egységekben adhatjuk meg. A ppmv (parts per million volume) koncentrációegység azt fejezi ki, hogy egymilliónyi térfogat levegőben hány térfogat a kérdéses komponens koncentrációja.

22. táblázat: Az atmoszféra összetétele

	Komponens	Vegyjel, képlet	Koncentráció		Tartózkodási idő
			tf %	ppmv	
ÁLLANDÓ ÖSSZETEVŐK	Nitrogén	N_2	78,08		6 millió év
	Oxigén	O_2	20,95		4500 év
	Argon	Ar	0,934	9340	
	Neon	Ne		18,18	
	Hélium	He		5,24	
	Kripton	Kr		1,14	
	Hidrogén	H_2		0,50	
	Xenon	Xe		0,09	
VÁLTOZÓ ÖSSZETEVŐK	Vízgőz	H_2O		0,1-30000	10 nap
	Szén-dioxid	CO_2		375,00	4 év
	Metán	CH_4		1,70	7 év
	Dinitrogén-oxid	N_2O		0,31	200 év
	Szén-monoxid	CO		0,19	70 nap
	Ózon	O_3		0,04	5 nap
	Ammónia	NH_3		0,004	3 nap
	Nitrogén-dioxid	NO_2		0,001	3 nap
	Kén-dioxid	SO_2		0,001	2 nap
	Nitrogén-monoxid	NO		0,0005	1 nap

A szén-dioxid (CO_2) jelenlegi koncentrációja az atmoszférában 375 ppm (50 évvel ezelőtt 290 ppm volt), ami azt jelenti, hogy 1 m^3 levegőben levő szén-dioxid átlagos mennyisége 350 cm^3.

$$1ppm = 1cm^3 / 10^6 cm^3 = 1cm^3 / m^3$$

A ppb koncentrációegység a ppm 10^{-3}-szorosa (parts per billion volume, 1 ppmv = 103 ppbv). Így például a dinitrogén-oxid jelenlegi koncentrációja az atmoszférában 310 ppbv (0,31 ppmv).

A μg szennyező anyag/m^3 levegő és a ppm koncentrációegységek között az átszámítás a kérdéses komponens molekulatömege, illetve a nyomás és a hőmérséklet ismeretében a következőképpen végezhető el:

$$c = \frac{pXM}{RT}, \qquad (1)$$

ahol c - a komponens koncentrációja (μg/m^3),

p - a légköri nyomás (Pa),
X - a komponens koncentrációja ppmv egységben,
M - a komponens molekulatömege (g/mol),
R - a gázállandó (J/mol.K),
T - a hőmérséklet (K).

A számításból láthatóan a μg/m^3 egységben kifejezett koncentráció függ a mindenkori nyomás és hőmérséklet értékétől, szokás emiatt e koncentrációt normál állapotú levegőre vonatkoztatni (p=101.325 Pa, T=273,2 K) és μg/Nm^3 egységben megadni.

Az atmoszféra hőmérséklete mind a Föld felszínével párhuzamosan (horizontális hőmérséklet profil), mind arra merőlegesen, a magassággal (vertikális hőmérséklet profil) is változik. A horizontális eloszlás oka az, hogy az egyenlítői területeket több napsugárzás éri mint az északi és a déli pólust. A sugárzó energia egyenlőtlen eloszlása eredményezi a különböző területek közötti éghajlati eltéréseket.

Az atmoszféra vertikális hőmérséklet-eloszlása alapján az atmoszférát különböző zónákra különíthetjük el. A troposzféra átlagos magassága 10 km, az Egyenlítő felett 12 km, a sarkok felett 8 km magas. A földfelszín hősugárzás útján bekövetkező melegítő hatásának csökkenésével a hőmérséklet e szférában a magassággal csökken, a vertikális hőmérséklet gradiens -6,5 °C/km. A troposzférában játszódnak le a meteorológiai jelenségek.

A következő légköri zóna a sztratoszféra, melyet a troposzférától a tropopauza választ el. A tropopauza izoterm zóna. Hasonló izoterm zóna helyezkedik el a sztratoszféra és a mezoszféra között, melyet sztratopauzának, illetve a mezoszféra és a termoszféra között, melyet mezopauzának nevezünk.

A sztratoszféra 15 és 45 km magasságok között elhelyezkedő légköri zóna. A hőmérséklet a magassággal növekedik -60 °C-ról 0 °C-ra. A sztratoszféra jelentősége abban rejlik, hogy ebben a zónában található az ózonréteg, ami abszorbeálja a Napból érkező ultraibolya sugárzás élő szervezetekre káros hullámhossz tartományának jelentős részét. A hőmérsékletnövekedést a sztratoszférában az ultraibolya sugárzás abszorpciója okozza.

Az 55 és 80 km magasságok közti légköri zóna a mezoszféra, benne a hőmérséklet-gradiens a sztratoszféra melegítő hatásának csökkenésével ismét negatív.

A termoszféra alsó határa 90 km-es magasságban húzódik. A termoszféra a légkör tömegének csak igen kis hányadát képezi, benne mindössze néhány nitrogén és oxigén molekula található, melyek a Napból érkező legrövidebb hullámhosszú sugárzást abszorbeálják, mely abszorpció eredményeként 500 km-es magasságban a hőmérséklet eléri az 1200 °C-ot.

8.2 A légszennyeződés forrásai

A **22**. táblázat adatai ún. „tiszta levegő”-re vonatkoznak. A tiszta levegő fogalma fizikai, kémiai szempontból nehezen definiálható, mert összetétele helytől és időtől függően változik Például tengerek és szárazföldek felett más a levegő összetétele, valamint e tulajdonság a magasság emelkedésével is változik (a **22**. táblázat adatai átlagértékeket mutatnak). Meghatározható azonban a tiszta levegő fogalma biológiai és egészségügyi szempontból is: tiszta levegő az, amelyben a légszennyező anyagok koncentrációja nem haladja meg a kísérleti úton megállapított, s a vonatkozó jogszabály által előírt egészségügyi határértéket. Az egészségügyi határérték által meghatározott koncentráció hosszú távon való fennállása nem jár egészségkárosító hatással.

A fenti definíció értelmezéséhez meg kell határoznunk a légszennyező anyag fogalmát. E szerint a légszennyező anyag a levegő természetes minőségét hátrányosan befolyásoló olyan anyag, amely természetes forrásból vagy az emberi tevékenység közvetlen vagy közvetett eredményeként kerül a levegőbe, és amely káros vagy káros lehet az emberi egészségre, a környezetre, illetve károsítja vagy károsíthatja az anyagi javakat.

A légszennyező anyagok származhatnak természetes és antropogén (emberi tevékenységből származó) forrásokból. A leggyakoribb természetes eredetű forrásokat, és a belőlük származó légszennyező anyagokat a **23. táblázat** szemlélteti.

23. táblázat: Természetes légszennyező források és légszennyező anyagok

Források	Példa	Légszennyező anyagok
Geológiai folyamatok	Vulkánkitörések; gejzírek; kőzetek eroziója	Kén-dioxid (SO_2), hidrogén-szulfid (H_2S), metán (CH_4), szilárd részecskék
Égési folyamatok	Erdőtüzek; biomassza égése	Szénhidrogének (C_xH_y), szén-monoxid (CO), szén-dioxid (CO_2), nitrogén-oxidok (NO és NO_2), szilárd részecskék
Mikrobiológiai aktivitás	Elhalt szerves anyagok biológiai bomlása; mikrobiológiai, állati, emberi gázcsere folyamatok	Szén-dioxid, metán, ammónia (NH_3), dinitrogén-oxid (N_2O), hidrogén-szulfid
Meteorológiai folyamatok	Napsugárzás; villámlás	Nitrogén-oxidok, ózon (O_3)

A táblázatban látható légszennyező forrásokon kívül megemlíthető még az óceánokból származó sórészecske emisszió, valamint egyes vulkáni eredetű kőzetek metán és radioaktív radon kibocsátása.

Az antropogén eredetű légszennyező források két fő típusa a mobil (mozgó) források, illetve a helyhez kötött források. A mobil légszennyező források közé tartozik a közlekedés valamennyi formája. A helyhez kötött légszennyező források közül a pontforrások közé sorolhatók a kémények, kürtők, fáklyák. A diffúz források nem rendelkeznek konkrét pontforrással, ahonnan az adott légszennyező anyag a légkörbe kerülhet. Épületforrás lehet példaként egy elszívórendszerrel nem rendelkező üzemcsarnok, amelynek légteréből az ott folytatott tevékenység által kibocsátott légszennyező anyagok nyílászárókon, szellőztetőkön keresztül az atmoszférába juthatnak. A felületi források kategóriájába tartoznak a hulladéklerakók, erőművi pernye- és bányászati meddőhányók.

A légszennyező források fenti kategorizálásának jelentősége abban áll, hogy milyen módszerrel tudjuk meghatározni az adott forrás **emisszió**ját. Az emisszió adott légszennyező forrásból időegység alatt a légkörbe kerülő légszennyező anyag tömegét jelenti. SI mértékegysége [kg/s], gyakran adják meg [kg/h] vagy [kt/év] egységekben. Pontforrás esetén az emisszió a következőképpen számítható:

$$E = Q \cdot c\,, \qquad (2)$$

ahol E − a pontforrás emissziója (kg/s),

Q – füstgáz térfogatárama (Nm^3/s),

c − az adott légszennyező anyag koncentrációja a füstgázban (kg/Nm^3).

Pontforrás esetén, pl. egy adott geometriai méretekkel rendelkező kémény esetén a füstgáz térfogatárama és a füstgázban az adott légszennyező anyag koncentrációja megmérhető. Az emisszió pontforrás esetén tehát méréssel meghatározható. Diffúz források közül épületforrás esetén a tevékenység légkörbe irányuló emissziója anyagmérleg készítésével határozható meg. Az anyagmérleg a tömegmegmaradás elve alapján valamely elhatárolt egységbe (amely lehet egy teljes termelési technológia, de akár annak egy műveleti egysége is) belépő és a belőle kilépő anyagáramok tömegének egyenlege. Az anyagmérleg bevételi oldalán a tevékenység végrehajtásához időegység alatt felhasznált nyers- és alapanyagok, energiahordozók és víz tömege áll, míg a kiadási oldalon fel kell mérni a keletkező termék, melléktermék, szilárd hulladék, és szennyvízzel távozó anyagok mennyiségét. A légkörbe irányuló emisszió értékét a bevételi és a kiadási oldal egyenlege adja. Felületi forrás esetén

viszont mérésre nincs lehetőségünk (nem tudjuk megmérni pl. egy pernyehányóról a szél által elhordott szilárd részecskék mennyiségét). Az elmondottak tükröződnek az egyes forrásokból származó légszennyezés után fizetendő bírság kiszámításának módjában. Abban az esetben ha az emisszió mérhető a bírság megállapítása a megengedett emisszió túllépésének mértéke után fizetendő, míg felületi forrás esetén a bírság mértékét meghatározó tényező nem az emisszió – hiszen a fentebb leírtak értelmében az nem határozható meg −, hanem légszennyező forrás felületének nagysága.

A környezeti levegő minőségével kapcsolatos következő fontos fogalom a **transzmisszió**, amely a légszennyező forrásokból kibocsátott szennyező anyagok légkörben végbemenő terjedését jelenti. A szennyező anyagok terjedése két fő mechanizmus hatására játszódik le. Konvektív (áramlásos) transzport esetén a szennyező anyagok terjedését az őket magában foglaló levegő mozgása, a szél általi elszállítódás okozza. Konduktív (vezetéses) transzport viszont statikus levegőállapot esetén is lejátszódik, ebben az esetben a szennyezőanyagok terjedésének, mozgásának hajtóereje a kibocsátás helyén és egy másik, a vizsgált helyszínen, az ún. receptorpontban mérhető koncentráció különbsége. Ez utóbbi terjedési folyamatot diffúziónak nevezzük. A transzmisszió folyamatát befolyásolják az időjárási viszonyok, a légkörben lejátszódó fizikai-kémiai folyamatok, a légszennyező anyag talajon való megkötődése (adszorpció), valamint a terület beépítettsége. A transzmisszió folyamata szimulációs modellekkel számítható, ily módon prognosztizálható egy tervezett tevékenységből származó légszennyező anyag kibocsátás várható hatása a levegőminőségre.

Az emisszió és a transzmisszió következtében egy a kibocsátó forrástól adott távolságra lévő ponton a talajközeli légrétegben kialakuló légszennyező anyag koncentrációt **immisszió**nak nevezzük. Mértékegysége: $\mu g/Nm^3$. Egy adott légszennyező forrás környezetében az immisszió értéke két tényezőből tevődik össze: a vizsgált szennyezőforrásból származó légszennyezettségből (c_t) és az egyéb, a vizsgálaton kívüli szennyezőforrások emissziójából (c_a). Ez utóbbit nevezzük alapterhelésnek.

$$c = c_t + c_a . \qquad (3)$$

Amennyiben az így létrejött immisszió értéke akár csak egy komponensre is meghaladja az adott területre érvényes levegőminőségi határértéket, levegőszennyeződésről beszélünk.

8.3 A levegőszennyeződés kiterjedése

A légszennyező anyagok kibocsátó forrástól való terjedésének távolsága alapján megkülönböztetünk lokális-települési, regionális-kontinentális, és globális méretű levegőszennyeződést. A lokális-települési léptékű levegőszennyeződés kiterjedése néhány km, tipikus példái e légszennyeződésnek a füstködök (szmog). A regionális-kontinentális léptékű légszennyeződés kiterjedése több száz km, ilyen típusú légszennyeződés következménye a savas légköri anyagok száraz és nedves kiülepedése, a környezet savasodása. A globális légszennyeződés a Föld teljes légkörére vonatkozóan fejti ki a hatását, e kiterjedésű levegőszennyeződés következményei a globális klímaváltozás és a sztratoszférikus ózonréteg mennyiségének csökkenése. Globális légszennyeződést nem kizárólag azok a gázok okozhatnak, amelyek a légkörben megfelelően nagy tartózkodási idővel rendelkeznek, így kibocsátó forrásuktól nagy távolságokra is elterjedhetnek, hanem azon komponensek is, amelyek kisebb tartózkodási idővel rendelkeznek ugyan, de kibocsátó forrásaik a Föld teljes felszínén eloszlanak, s így az egyes lokális kibocsátásokból jön létre a teljes légkörre kiterjedő levegőszennyeződés. Tipikus képviselői ennek az üvegházhatás, s így a globális klímaváltozás folyamatához hozzájáruló metán (CH_4) és szén-dioxid (CO_2).

8.3.1 Lokális-települési léptékű légszennyeződés

Füstködnek, szmognak nevezzük egyes légszennyező anyagoknak a jogszabály által meghatározott légszennyezettségi határértéket meghaladó huzamos ideig fennálló koncentrációját. Meghatározott határérték (ún. riasztási küszöbérték) fennállása, illetve túllépése esetén szmogról beszélhetünk. A szmog kialakulásában a kibocsátott légszennyező anyagokon túlmenően jelentős szerepet játszanak a meteorológiai körülmények és a domborzati, illetve beépítettségi viszonyok. A füstködök két alapvető típusa a redukáló (London-típusú), illetve az oxidáló (Los Angeles-típusú) szmog. A kétféle szmog főbb jellemzőit a **24. táblázat** mutatja.

A redukáló füstköd megjelenése a középkorra tehető, a szén energiatermelési célú égetésének következményeként. Feljegyzések szerint I. Edward angol király (ur. 1272-1307) felesége, Kasztíliai Eleanor királynő 1257-ben a szén égetéséből származó füst által megromlott levegőminőség miatt költözött el Nottingham-ből. Az ipari forradalom óta számos helyen és alkalommal alakult ki redukáló füstköd, a legnagyobb mértékűek 1930-ban a Meuse-

völgyében (Belgium), illetve 1952-ben Londonban következtek be. A londoni füstködkatasztrófában, amely elsősorban nem ipari, hanem lakossági tüzelés eredményeképpen alakult ki 1952. dec. 4-e és 10-e között csaknem 5000 haláleset történt. A London-típusú füstköd szennyezőanyagai közül a kén-dioxid (SO_2) a szén kéntartalmának elégésekor keletkezik, míg a szén-dioxid (CO) és a korom (elégetlen karbon részecskék) a nem tökéletes égés következményeképpen jönnek létre. A koromrészecskéken kondenzálódik a vízgőz, a létrejövő vízcseppekben a kén-dioxid oldódik, illetve a koromrészecskék katalitikus hatására kén-trioxiddá oxidálódik. Ily módon kénessav és kénsav keletkezik. A meteorológiai és az egyes helyszínek domborzati viszonyai következtében (a redukáló füstköd leginkább folyóvölgyekben jelenik meg) a kibocsátott légszennyező anyagok felhalmozódnak a légkör alsó rétegében, ami határértéket meghaladó koncentrációk és az élő szervezetekre gyakorolt káros hatások kialakulását eredményezi. A halálesetek nagy részét légzőkapacitás csökkenése, tüdőödéma okozta.

24. táblázat: A London-típusú és a Los Angeles-típusú füstköd jellemzői

Jellemző	London-típusú	Los Angeles-típusú
Előfordulás	nov. - jan.	jún. - szept.
Jelentkezési időpont	reggel	délben
Hőmérséklet, °C	0 - 5	24 - 32
Relatív páratartalom	magas, köd	alacsony, tiszta égbolt
Kémiai jelleg	redukáló	oxidáló
Légszennyező anyagok	SO_2, CO, korom	NO_x, O_3, C_xH_y
Elsődleges hatás	Légzőrendszeri irritáció	Szem irritáció

Az oxidáló füstködöt 1943-ban Los Angelesben észleltek először, ennek kiváltó oka az intenzív közlekedés. A gépjárművek kipufogógázával a légkörbe kerül ugyanis a levegő nitrogén és oxigéntartalmából a motorban lejátszódó égés során keletkező nitrogén-monoxid (NO), valamint az üzemanyag nem tökéletes égése miatt jelenlévő elégetlen szénhidrogének (C_xH_y). E komponensek valamint a levegő oxigénje között a napsugárzás hatására olyan kémiai reakciók játszódnak le, amelyek az ún. fotokémiai oxidánsok – ózon (O_3), peroxi-acil-nitrátok, és szerves peroxi gyökök ([RO_2], ahol R valamely szénhidrogén-csoport) – keletkezését eredményezik. E komponensek okozzák a Los Angeles típusú füstködöt,

amelyet – mivel kialakulásában a napsugárzás is szerepet játszik – fotokémiai füstködnek is nevezünk.

Az ózon jelenlétét a troposzférában a sztratoszférából való diffúzió, illetve a molekuláris oxigén atomos oxigénnel való reakciója okozza:

$$O_2 + [O] \rightarrow O_3 \qquad (4)$$

A troposzférában az atomos oxigén nitrogén-dioxid fotolízise révén keletkezik:

$$NO_2 \xrightarrow{h\nu} NO + [O] \qquad (5)$$

A nitrogén-monoxid reakcióba lép az ózonnal:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 \qquad (6)$$

A (6) reakcióban ismét nitrogén-dioxid keletkezik.

Az ózon troposzférabeli koncentrációja a nitrogén-dioxidéval egyenesen, a nitrogén-monoxidéval fordítottan arányos.

A troposzférikus ózonkoncentráció értékének alakításában azonban egyéb komponensek is részt vesznek. Ilyenek pl. a peroxi gyökök, amelyek a (7) egyenlet szerint oxidálják a NO-ot NO_2-dá, ily módon befolyásolva az ózon mennyiségét.

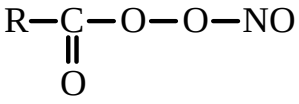
$$NO + [RO_2] \rightarrow NO_2 + [RO] \qquad (7)$$

A peroxi gyökök keletkezése a kipufogógázzal a légkörbe kerülő elégetlen szénhidrogének és a vízgőz napsugárzás hatására bekövetkező fotolízisének termékeként keletkező hidroxilgyök [OH] reakciójának eredménye. Elsőként szénhidrogén gyökök keletkeznek, majd ezek oxigénnel való reakciója eredményezi a peroxi gyökök keletkezését.

$$RH + [OH] \rightarrow [R] + H_2O \qquad (8)$$

$$[R] + O_2 \rightarrow [RO_2] \qquad (9)$$

A nitrogén-dioxid ezen reakciókban való részvétele pedig a peroxi-acil-nitrát vegyületek keletkezését eredményezi. A peroxi-acil-nitrátok a következő szerkezeti képlettel jellemezhetők:



,

ahol R valamely egyenes láncú alkilcsoport (pl. ha R metilcsoport ($-CH_3$) a vegyület a peroxi-acetil-nitrát). 2 ppm és e feletti koncentrációban a szemet irritálják, s kimutatták, hogy fotoszintézist inhibeáló hatásuk van.

A közlekedés légszennyező hatásának csökkentését célozza a gépjárművek kipufogógázának katalitikus tisztítása. A katalizátor jelenlétében a kipufogógáz légszennyező komponensei az alábbi reakciók szerinti átalakuláson mennek át:

Oxidációs folyamatok (CO és 'CH' szén-dioxiddá alakul):

$$C_xH_y + (1+0,25y)\,O_2 \rightarrow xCO_2 + 0,5yH_2O \quad (10)$$

$$CO + 0,5O_2 \rightarrow CO_2 \quad (11)$$

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad (12)$$

Redukciós folyamatok (NOx nitrogénné alakul):

$$(2+0,5y)\,NO + C_xH_y \rightarrow (1+0,5y)\,N_2 + xCO_2 + 0,5yH_2O \quad (13)$$

$$NO + CO \rightarrow 0,5N_2 + CO_2 \quad (14)$$

$$NO + H_2 \rightarrow 0,5N_2 + H_2O \quad (15)$$

A fenti reakciókból láthatóan kipufogógáznak nemcsak azok a komponensei – a nitrogén-oxid és az elégetlen szénhidrogének − ártalmatlaníthatók katalitikus tisztítás révén, amelyek hozzájárulnak a fotokémiai füstköd kialakulásához, hanem a szén-monoxid is, amelynek egészségügyi hatása abban áll, hogy erősebben kötődik a vér hemoglobinjához, mint az oxigén, karboxi-hemoglobin keletkezik, ezáltal a vér nem képes elegendő oxigént szállítani a szövetekbe. A vér csökkenő oxigéntartalma folytán fulladás (anoxémia) áll be.

Megoldásként szolgálhat a kibocsátott szennyezés csökkentésére a fotokémiai füstköd kialakulásának megelőzésére.

8.3.2 Savas ülepedés, a környezet savasodása

Regionális-kontinentális léptékben a legjelentősebb környezeti problémát a Föld felszínére a légkörből kiülepedő savas karakterű anyagok okozzák. A savas ülepedés egyrészt előidézője a nagymértékű erdőpusztulásnak, mely hatással van a földi ökoszisztémákra is, másrészt fokozza az épületek, műemlékek, fémtárgyak korrózióját. A savas ülepedésért főként az atmoszférába kerülő kén- és nitrogénvegyületek felelősek, úgymint a kén-dioxid, a hidrogén-szulfid, a nitrogén-monoxid és a nitrogén-dioxid.

A savas ülepedés kifejezés magába foglalja az aeroszol részecskék száraz kiülepedését, amely 1 μm-nél nagyobb jellemző méretű részecskék esetén gravitációs ülepedést jelent, az ennél kisebb méretű részecskék pedig a légköri mozgások hatására turbulens diffúzióval jutnak a Föld felszínére. Ugyancsak a savas ülepedés kategóriájába tartozik a savas karakterű

anyagok nedves ülepedése is, tehát ezen anyagoknak a csapadékkal való talajra jutása is. Nem beszélhetünk tehát kizárólag „savas esőről", de tény, hogy a savas ülepedésnek ez a formája a leggyakoribb, és ez fejti ki leginkább káros hatását az élő és élettelen környezetre. Valamely vizes oldat savas v. bázikus karakterét a pH-val jellemezzük. A pH az oldat mol/dm^3-ben kifejezett hidrogénion-koncentrációjának tízes alapú negatív logaritmusa:

$$pH = -\lg\left[H^+\right] \qquad (16)$$

A pH értéke 0-tól 14-ig terjedhet. A 7-es pH-jú oldat semleges kémhatású, a 7-nél kisebb pH-val rendelkező oldat savas, a 7-nél nagyobb pH-jú pedig bázikus kémhatású. A Föld felszínéről párolgó vízgőz az atmoszférában való kondenzáció után semleges kémhatású. A szén-dioxid oldódása majd az ezt követő disszociáció révén nő a csapadék hidrogénion koncentrációja, aminek következtében a pH csökken.

$$CO_2 + H_2O \Leftrightarrow H_2CO_3 \qquad (17)$$

$$H_2CO_3 \Leftrightarrow H^+ + HCO_3^- \qquad (18)$$

$$HCO_3^- \Leftrightarrow H^+ + CO_3^{2-} \qquad (19)$$

Savas ülepedést okozó légszennyeződés nélkül a csapadékvíz pH-ja 5,6 lenne. A savas karakterű kén- és nitrogén-oxidok, valamint a kén-hidrogén oldódása révén ez az érték tovább csökken. Az USA keleti felén a csapadék átlagos pH-ja 4,2-4,3, egyes helyeken már 3-as pH-t is mértek.

A savas ülepedés kialakításában résztvevő főbb komponenseket a **25. táblázat** mutatja.

25. táblázat: A savas ülepedés kialakításában résztvevő komponensek

Prekurzorok	**SO_2, NOX, H_2S, $(CH_3)_2S$, terpének**
Savak	H_2SO_4, HNO_3, HCl
Egyéb komponensek	O_3, OH,HO_2

A kén-dioxidot és a nitrogén-oxidokat a környezet elsavasodása szempontjából prekurzor gázoknak tekinthetjük, hiszen e gázok csapadékvízben való oldódása okozza a savas nedves ülepedést, ezen túlmenően e két gáz vízgőzzel való reakciójában savgőzök keletkeznek, melyek kondenzációjával, savas karakterű aeroszol részecskék jönnek létre, melyek száraz ülepedéssel a talajra jutnak.

A világ különböző pontjain elvégzett vizsgálatok szerint a csapadékban a leggyakrabban előforduló anionok a szulfát-, a nitrát- és a klorid-ionok. A klorid leginkább a tengervíz

porlódása révén az atmoszférába kerülő nátrium-kloridból származik, megállapíthatjuk tehát, hogy a környezet antropogén eredetű elsavasodását főleg a kénsav és a salétromsav okozza. A sósav hatása közvetlenül a kibocsátó forrás közelében jelentkezik.

A csapadék kémiai analízisekor azt tapasztalták, hogy ha csak szervetlen ionokat vizsgáltak, akkor a kationok és az anionok koncentrációja nem azonos értéknek adódott. Ez azt mutatja, hogy a csapadékban szerves anionok, szerves savak − főleg hangyasav (HCOOH) és ecetsav (CH_3COOH) − is jelen vannak. Nagyobb szerepük ezen savaknak a környezet savasságának alakításában a trópusi esőerdők környékén van, ahol a fák nagy mennyiségben juttatják a légkörbe az izopréneket és terpéneket, amelyek a szerves savak képződésének a prekurzorai. Belőlük fotokémiai oxidáció révén keletkezik a hangyasav és az ecetsav.

A környezet elsavasodásáért mintegy 65 %-ban a kén-dioxid a felelős. A kén-dioxid emisszió legnagyobbrészt a fosszilis tüzelőanyagot feldolgozó erőművekből származik, ahol az égés során a tüzelőanyag kéntartalma kén-dioxiddá oxidálódik. Az erőművi kéményeken át az atmoszférába jutó kén-dioxid száraz és nedves ülepedés révén a talajra jut és ott fejti ki káros hatását. A károsító hatás mértéke a talaj érzékenységétől függ. Bázikus karakterű, pl. meszes talajok ellenállóbbak a savas ülepedéssel szemben, mint a savas jellegű talajok, mert a (20) egyenlet értelmében a talaj mésztartalma csökkenti a csapadék savas jellegét (pufferoló hatását):

$$CaCO_3 + H^+ = Ca^{2+} + HCO_3^- \qquad (20)$$

Ugyancsak pufferoló hatást fejt ki a savas ülepedésre a talajok oldható szilikáttartalma:

$$2KAlSi_3O_8 + 2H^+ + 9H_2O = Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 2K^+ + 4H_4SiO_4 \qquad (21)$$

A kén-dioxid molekulák nagy része az emisszióforrástól számított 10-100 km-en belül a légkörből kiülepedik, kisebb részük azonban a kibocsátó forrástól akár 2000 km-re is érzékelhető. Ez és az Északi-féltekén uralkodó légköri áramlási viszonyok okozzák azt, hogy Közép-Európa kén-dioxid kibocsátása Skandináviát, főleg Svédországot károsítja. A szennyező forrás közvetlen környezetében a durva aeroszol részecskék száraz kiülepedése a jellemző, még távolabbi területeken a finom részecskék kiülepedése, ill. a savas csapadék figyelhető meg.

A másik vegyületcsoport, amely hozzájárul a savas ülepedéshez a nitrózus gázok. Akár a csapadékvízben oldódva nedves ülepedéssel, akár különböző légköri reakciók után aeroszol részecskeként száraz ülepedéssel a talajra juthatnak.

A kénhidrogén és a dimetil-szulfid a természetből biológiai aktivitás (anaerob bomlás) révén kerülnek az atmoszférába. Az óceánok feletti légtérben főleg a dimetil-szulfid prekurzorként való szerepével kell számolnunk. Belőlük leginkább fotokémiai oxidáció útján keletkezik kén-dioxid.

Egyéb komponensek, amelyek részt vesznek a savas ülepedés kialakításában azok a hidroxil- és a hidroperoxi gyökök, amelyek aktív szerepet játszanak a prekurzor gázok oxidációjában, valamint az ózon, amely a nitrogén-monoxidot képes nitrogén-dioxiddá oxidálni. Ezen túlmenően az ózon fotolízise a kiinduló lépése az oxidáló gyökök létrejöttének.

A száraz ülepedéssel a talajra jutó komponensek lehetnek szilárd részecskéken megkötődött gázok és finom vagy durva aeroszol részecskék. A gázok jelentik a savas ülepedés prekurzor komponenseit, valamint ide szokás sorolni a savgőzöket is. A szulfát- és nitrát-ionok a légköri aeroszol finom frakciójában találhatók meg, leginkább ammónium-ionokhoz kötve. Ugyancsak szulfát- és nitrát-ionok találhatók a csapadékvízben.

A savas ülepedés nagy mértékben károsítja a szárazföldi növényzetet, közvetlen és közvetett módon is. A közvetlen hatás a növények leveleinek károsításában jelentkezik, amely maga után vonhatja akár az egész növény elpusztulását is. A közvetett hatás a talaj pH-jának csökkentésében jelentkezik. A talaj elsavasodásával mobilizálódnak, a növények által felvehető formába kerülnek a nehézfémek (cink, ólom, kadmium stb.), amelyek a növényre mérgező hatást fejtenek ki, másrészt bekerülnek a táplálékláncba, ily módon veszélyeztetve az emberi és állati egészséget is.

Ugyanakkor a talaj elsavasodása elpusztítja azon mikroorganizmusokat, melyek a növények gyökerein élnek, s a tápanyagokat a növények számára felvehető formára alakítják.

Jelentékeny károkat okoz a savas ülepedés az édesvízi halpopulációkban. Az édesvizek alacsony pufferkapacitással rendelkeznek (nincsenek bennük a savakat semlegesíteni képes anyagok), emiatt a savas ülepedés a tavak és folyók pH-ját erősen megváltoztatja. Az életkörülmények megváltozására különösen az ikrák és a fiatal halak érzékenyek. Svédországban mintegy 400 tó teljes halállománya pusztult ki a víz elsavasodása miatt. A savas ülepedés közvetlen hatásán túl itt is számolni kell a közvetett hatással, a nehézfémek mobilizációjával. Édesvizekben leginkább az alumínium-koncentráció növekedése

figyelhető meg az elsavasodás következtében. A nehézfémek toxikusak a halakra, felhalmozódás révén pedig bekerülnek a táplálékláncba is.

Hatással van a savas ülepedés, illetve a légkör savasanyag-tartalma az emberi egészségre is. Ez a hatás leginkább a savgőzök és savas karakterű aeroszol részecskék légútrendszerre gyakorolt káros hatásában nyilvánul meg.

A savas ülepedés a fémek és kőzetek károsodását előidézve károkat okoz az ember élettelen környezetében is. A különböző savak (HNO_3, H_2SO_4) rongálják az épületek, gépek és járművek fémszerkezeteit és reakcióba lépnek a szobrok, műemlékek mész- és gipsztartalmával.

A kén-dioxid emisszió fő forrásai a fosszilis alapú energiahordozókra (elsősorban a szénre) épülő energiatermelés, az ipari tevékenység, valamint a lakossági tüzelés. A kén-dioxid emisszió csökkentésére az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésre:

- tüzelőanyag-váltás,
- a tüzelőanyag égetés előtti kéntelenítése,
- az égetési folyamatból származó füstgáz kén-dioxid tartalmának csökkentése (pl. abszorpció mész-szuszpenzióban, katalitikus oxidáció kén-trioxiddá).

8.3.3 Üvegházhatás, globális klímaváltozás

Az atmoszféra átlaghőmérséklete 1850-től kezdve 1,5 °C-kal növekedett. Ezt a felmelegedést az üvegházhatású gázok koncentrációjának légkörben való növekedése okozza. E gázok (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid, troposzférikus ózon, tetrafluor-metán, hexafluor-etán, kén-hexafluorid) a Nap rövidhullámú, ultraibolya és látható sugárzását nem abszorbeálják, amely így eléri a Föld felszínét. A felszín által kibocsátott hosszúhullámú, infravörös sugárzást azonban elnyelik, ami az atmoszféra alsóbb rétegeinek és a Föld felszínének felmelegedését váltja ki. Ez a jelenség az üvegházhatás.

Az atmoszféra üvegházhatása nélkül a Föld felszínének átlaghőmérséklete -18 °C lenne. Ez a következő számítással igazolható: a Nap sugárzó energiájából a Föld felszínét elérő mennyiség: $R^2\pi(1\text{-}A)E_o$, ahol R a Föld sugara (6370 km), A az atmoszféra albedója (0,3), ami a Napsugárzásnak a légkör felső rétegéből visszaverődő hányada, E_o a Napállandó (1367 W/m^2). A Föld felszíne által kisugárzott energia a Stefan-Boltzmann törvény értelmében: $4R^2\pi\sigma T^4$, ahol σ a Stefan-Boltzmann-állandó ($5{,}67\cdot10^{-8}$ W/m^{2}K), T pedig a Föld felszín hőmérséklete. Egyensúlyban a két mennyiség egyenlő egymással:

$$R^2\pi(1-A)E_o = 4R^2\pi\sigma T_e^4 \quad (40)$$

ahol T_e az ún. effektív egyensúlyi hőmérséklet (K).

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{E_o(1-A)}{4\sigma}} \quad (41)$$

Behelyettesítéssel:T_e = 255 K (t_e = -18 °C) eredményt kapunk. Az atmoszféra azonban a Föld által kisugárzott energia egy részét elnyeli, s ő maga is sugároz energiát mind a Föld, mind a világűr felé. Ennek eredményeként a Föld felszínének átlaghőmérséklete: +15 °C. Az üvegházhatás nélkül a Földön nem létezhetne élet, az üvegházgázok koncentrációjának növekedése az atmoszférában azonban ma már olyan ütemű, amely a globális felmelegedés, illetve az ennek következményeként kialakuló klímaváltozás révén a bioszférára káros hatásokkal járhat.

Az üvegházgázok antropogén és természetes forrásokból is a légkörbe kerülhetnek. Antropogén forrásaik a tüzelőanyagok égetése (szén-dioxid), a mezőgazdasági tevékenység (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid), a közlekedés (szén-dioxid, közvetetten a troposzférikus ózon) és egyes iparágak (pl. kőolaj- és földgázbányászat és feldolgozás: metán; salétromsavgyártás, adipinsavgyártás: dinitrogén-oxid, alumíniumkohászat: perfluor-karbon vegyületek).

A növények a fotoszintézis révén szén-dioxidot vonnak ki az atmoszférából és szerves anyagot állítanak elő. Amikor e növények elpusztulnak, elbomlanak a bennük tárolt szén szén-dioxid és/vagy metán formájában visszakerül a légkörbe. A szén tehát állandó körforgásban van az atmoszféra és a bioszféra között. A természetes körforgás antropogén hatások nélkül állandó értéken tartaná az atmoszféra szén-dioxid koncentrációját. Az emberiség energia-felhasználásának növekedésével azonban megnőtt a szén-dioxid emisszió, másrészt az erdőirtás révén lecsökkent a növényzet szén-dioxid asszimiláló (felvevő, hasznosító) képessége, ami ugyancsak az atmoszférabeli koncentráció növekedését eredményezi. Az antarktiszi jégben található légbuborékok kémiai analízise alapján az atmoszféra átlagos szén-dioxid koncentrációja az 1700-as évektől kezdve napjainkig 270 ppm-ről 350 ppm-re emelkedett. E növekedésnek 50 %-a a 20. század második felére esik.

Az antropogén szén-dioxid kibocsátás elsősorban szerves anyagok égetéséből, azon belül is a fosszilis energiahordozókra épülő energiatermelésből származik. Az elmúlt század

középétől az emberiség létszáma megháromszorozódott, az energia-felhasználás viszont a 10-szeresére nőtt. Napjainkban a világ szén-dioxid kibocsátásának mintegy 24 %-a az Amerikai Egyesült Államokból, 17 %-a Oroszországból, 12 %-a Kínából származik. A három ország együttesen tehát több mint felét adja a világ teljes szén-dioxid emissziójának.
A másik antropogén tényező, amely a légkör szén-dioxid koncentrációjának növekedéséhez vezet az erdőirtás. Az erdőirtás fő oka újabb és újabb mezőgazdasági termelés alá vonható területek nyerése. Az erdők pusztulása révén csökken a növényzet szén-dioxid felvevő képessége.
Az erdőirtás az utóbbi évtizedekben Brazíliában és Indonéziában, valamint egyéb dél-amerikai országokban (Kolumbia, Peru), valamint néhány afrikai országban (Elefántcsontpart, Nigéria) és egyéb ázsiai (Thaiföld, Laosz, Fülöp-szigetek) országokban volt a legintenzívebb.
A szén-dioxid és az egyéb üvegházhatású gázok jellemzőit a **26. táblázat** mutatja.

26. táblázat: Az üvegházhatású gázok jellemzői

Üvegházgáz	Légköri koncentráció	Légköri tartózkodási idő (év)	GWP Időhorizont (év)		
			20	100	500
Szén-dioxid (CO_2)	375 ppm	12	1	1	1
Metán (CH_4)	1,7 ppm	7	62	25	7.5
Dinitrogén-oxid (N_2O)	310 ppb	200	290	320	180
Tetrafluor-metán (CF_4)	< 1 ppb	50.000	4.100	6.300	9.800
Hexafluor-etán (C_2F_6)	< 1 ppb	10.000	8.200	12.500	19.100

A táblázatban látható GWP érték az ún. globális melegítő potenciál (Global Warming Potential). Az egyes gázok GWP értéke egységnyi tömegű (pl. 1 tonna) gáznak az üvegházhatáshoz való hozzájárulásáról tájékoztat egységnyi tömegű szén-dioxid hatásához viszonyítva. Az értéket az adott gáz molekuláinak infravörös abszorpciós képessége határozza meg. A táblázatból láthatóan különböző időhorizontokra vonatkoztatva a GWP értékek változnak, a változást az befolyásolja, hogy az adott gáz légköri tartózkodási ideje, hogy viszonyul az aktuális időhorizont tartamához.

Az antropogén eredetű metán emisszió főleg mezőgazdasági tevékenység következménye. A kérődző állatok gyomrából évente mintegy 100 Mt metán kerül a légkörbe, a rizstermelés metán emissziója 150 Mt/év. Ezen kibocsátások oka a szerves anyagok oxigéntől elzártan végbemenő anaerob bomlása, mely folyamat több lépésen keresztül lejátszódik le, és amely végtermékei a metán és a szén-dioxid. Ugyanez a folyamat játszódik le a hulladéklerakók alsóbb, levegőtől elzárt rétegeiben is (lerakógáz). Fosszilis energiahordozók bányászatakor és csővezetéki szállításakor is kerül metán az atmoszférába. Természetes forrása ugyancsak az anaerob biológiai bomlás.

Egy metán molekula átlagosan mintegy 30-szor annyi hosszú hullámú sugárzást képes elnyelni, mint egy szén-dioxid molekula, a metán jelenlegi atmoszférabeli koncentrációja azonban a szén-dioxidénak csak mintegy 200-ad része. Mindazonáltal a metán mennyisége a légkörben az utóbbi 200 évben megkétszereződött, jelenlegi növekedési üteme pedig kétszer akkora, mint a szén-dioxid koncentráció növekedése. Jelenleg a szén-dioxid hozzájárulása a globális felmelegedési folyamathoz mintegy 72 %, a metáné 20 %. Az előzőekben említett metán koncentráció növekedési trend további érvényesülése esetén 2050-re a metán globális felmelegedéshez való hozzájárulása meg fog egyezni a szén-dioxidéval.

A dinitrogén-oxid elsősorban talajból kerül az atmoszférába. A talajban található nitrát tartalom biológiai redukciója, a denitrifikáció végterméke az elemi állapotú nitrogén, de a folyamat során megjelenik a dinitrogén-oxid is, amely szintén a légkörbe kerül. Különösen érzékelhető ez a hatás a nitrogén hatóanyagú műtrágyák megjelenése óta. Kijelenthető tehát, hogy a dinitrogén-oxid atmoszférába irányuló emissziójáért elsősorban a mezőgazdasági tevékenység felelős. Kisebb mértékben járul hozzá a kibocsátáshoz a vegyipari tevékenység, valamint a közlekedés.

Az eddig tárgyalt gázok az atmoszféra természetes összetevői, problémát az emberi tevékenységből származó koncentrációnövekedésük okoz. A fluorozott szénhidrogének viszont kizárólag antropogén aktivitás révén kerülnek a légkörbe. Az üvegházhatással rendelkező gázok a CFC-k, illetve az őket kiváltó HCFC vegyületek, valamint a troposzférikus ózon is. Globális felmelegedéshez való hozzájárulásuk jelentősen kisebb, mint a szén-dioxidé, a metáné és a dinitrogén-oxidé. A perfluor-karbon vegyületek ugyan rendkívül nagy GWP értékkel rendelkeznek, de légköri koncentrációjuk jelentősen kisebb a fent említett három gázénál.

Ha a kérdéses gázok koncentrációja továbbra is az eddigi ütemben növekszik, akkor 2030-ra a hőmérsékletnövekedés a mai értékhez képest 1-3 °C is lehet. 2100-ra a jelen koncentrációnövekedési ütem mellett 6 °C hőmérséklet növekedés várható, de ha csökken az üvegházhatású gázok kibocsátása legkevesebb 2 °C növekedés bekövetkezése akkor is valószínű. Az átlagos hőmérséklet növekedésen belül a növekedés a különböző szélességi fokokon egyenlőtlenül oszlik el. A sarki jégnek ugyanis nagyobb az albedója, visszaverőképessége, mint a szárazföldi területeké. A hőmérséklet emelkedésével a jég olvadásnak indul, ezáltal a sarki jégmezők kevesebb sugárzást vernek vissza. Így a nagyobb hőmérséklet emelkedés a sarkok közelében várható, ami további jégolvadást idéz elő. A jég elolvadásának és az óceánok hőmérséklet növekedés következtében létrejövő hőtágulásának hatására a tengerek szintje emelkedni fog. Egyes előrejelzések szerint 2100-ra a tengerek szintje 50-70 cm-rel emelkedik meg. Ezáltal veszélybe kerülnek olyan városok, mint pl. Los Angeles, London, Amszterdam, Bombay és Sydney.

Az egyenlőtlen hőmérséklet növekedés a Föld éghajlati zónáinak megváltozását is maga után vonja, az egyes éghajlati zónák eltolódnak a sarkok felé. Ez a hatás, valamint a talaj nedvességtartalmának csökkenése az egyes növények számára kedvező életteret is megváltoztatja. Az északi féltekén 1 °C-nyi hőmérséklet emelkedés valamely növény termesztési területét mintegy 150 km-rel északabbra tolja. Ezt az eltolódást a népesség nagy tömegeinek észak felé vándorlása fogja követni, ami további egyenlőtlenséget eredményez a Föld népességének eloszlásában.

A felmelegedés hatására megváltozik a Föld vízháztartása is. Az éghajlati zónák megváltozásával átalakul a csapadékeloszlás, a felmelegedés miatt intenzívebb lesz a párolgás. Csökken a hegyekben felhalmozódó hó mennyisége, a tavaszi olvadáskor kevesebb víz kerül a tavakba, folyókba. Tengerpartokon a talajvíz helyét sós tengervíz veszi át. Mindezen hatások kedvezőtlen következményekkel járnak a Föld édesvízkészletére is.

A hőmérséklet növekedésével megnövekszik a biológiai rendszerek aktivitása. A szén-dioxid koncentráció növekedése a fotoszintézis intenzitásának erősödését eredményezi, ami nagyobb mennyiségű vízgőz felvételével is együtt jár. A melegedés hatására azonban erősödik a növényi és állati légzés is, amellyel még több szén-dioxid kerül az atmoszférába. Növekszik a metántermelő és a denitrifikáló baktériumok aktivitása is, ami a metán és a dinitrogén-oxid atmoszférabeli koncentrációjának további növekedését okozza.

Bizonyos emberi tevékenységek közvetve vagy közvetlenül nemcsak az atmoszféra melegedését, hanem hűlését is okozhatják. Ilyen folyamat pl. az ózonpajzs elvékonyodása, amely amellett, hogy kiszűri az ultraibolya sugarakat, részt vesz az üvegházhatás kialakításában is. Tehát az ózon légköri mennyiségének csökkenése valamelyest fékezi az üvegházhatás erősödő tendenciáját. Egy másik egyértelműen felismert hűtőhatás a légkör szulfát aeroszol készletének világszerte tapasztalt növekedése, ami a visszaverés révén csökkenti a Föld felszínét elérő Napsugárzás intenzitását.

8.3.4 A sztratoszférikus ózon mennyiségének csökkenése

Az ózonréteg az atmoszférában 10 és 70 km magasságok között található, legnagyobb mennyiségben 35 és 50 km közötti magasságban, azaz a sztratoszférában található. Az ózon koncentrációját a szokásos mértékegységeken kívül Dobson-egységben (Dobson-unit, DU) adhatjuk meg. 1 DU akkora ózonkoncentrációt jelent a sztratoszférában, amely ózonmennyiség ha a Föld felszínét borítaná – a felszíni hőmérséklet- és nyomásviszonyok mellett –, vastagsága 2-10 mm lenne. A mérési eredmények szerint a sztratoszférában az ózon mennyisége 1980-ban átlagosan 310 DU volt, napjainkban ez az érték 290 DU-ra csökkent.

Az ózon oxigénmolekula és oxigéngyök reakciójával keletkezik. Az oxigéngyök azonban más mechanizmussal képződik a troposzférában és a sztratoszférában. Míg a troposzférében az oxigéngyök nitrogén-dioxid fotokémiai bomlásával keletkezik, addig a sztratoszférában még megfelelő energiájú sugárzás áll rendelkezésre az oxigénmolekula fotokémiai hasításához.

$$O_2 \xrightarrow{h\nu} 2O \qquad (22)$$

Az oxigéngyök ezután reagál az oxigénmolekulával, valamely, a felszabaduló energiát abszorbeáló molekula jelenlétében:

$$O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M^* \qquad (23)$$

A földi bioszféra számára a sztratoszférikus ózonréteg jelentősége abban rejlik, hogy az ózon a 200 és 320 nm közötti hullámhossz-tartományban (ultraibolya tartomány) képes elektromágneses sugárzás abszorbeálására, megvédve ezáltal a Föld élővilágát az ultraibolya sugárzás káros tartományának (ún. UV-B sugárzás) hatásaitól. Az ultraibolya sugárzás ezen hullámhossz tartománya bontja a dezoxiribonukleinsavat (DNS), bőrrákot okoz, gyengíti az

immunrendszert csökkentve ezzel a szervezet betegségekkel szembeni ellenálló-képességét. 20 m mélységig képes behatolni az óceánokba és tengerekbe, káros hatást fejt ki a planktonokra, a kisebb halakra és rákokra, valamint a tengeri növényzetre, amely a vízi táplálékláncban fontos szerepet játszik. A szárazföldi növények nagy része (pl. bab, dinnye, káposzta), valamint számos fafajta is (pl. a tűlevelűek) érzékeny az ultraibolya sugárzásra.
Az ózon a sztratoszférában folyamatosan keletkezik és bomlik el. Az 1930-as években az ózon bomlását a következő folyamatokkal írták le:

$$O_3 \xrightarrow{h\nu} O_2 + O \qquad (24)$$

$$O_3 + O \rightarrow 2O_2 \qquad (25)$$

mely reakciómechanizmus szerint csak a különböző oxigénmódosulatok vesznek részt az ózon bomlási folyamatában, más molekulák nem. Az 1960-as évek végén azonban a sztratoszférában olyan méretű ózonfogyást figyeltek meg, amely a fenti folyamatok kinetikája ismeretében nem volt magyarázható. A 70-es évek elején végzett kutatások eredményei azt mutatták, hogy az ózon bomlási folyamatában egyéb, a sztratoszférában található molekulák is részt vesznek. Ennek alapján az ózon képződését és bomlását összefoglalóan a következőképpen írhatjuk le:

1. Az oxigénmolekulák ultraibolya sugárzás hatására bekövetkező bomlása: (22) reakció;
2. Az ózon képződése valamely légköri molekula jelenlétében: (23) reakció;
3. Az ózon bomlása valamely légköri nyomanyag jelenlétében:

$$O_3 + X \rightarrow O_2 + XO \qquad (24\text{-}2)$$

4. Oxigén keletkezése, az ózonromboló molekula szabaddá válása:

$$XO + O \rightarrow O_2 + X \qquad (24\text{-}3)$$

Az 1970-es évek elején a sztratoszférikus ózon koncentrációjának csökkenését a nitrogén-monoxiddal való reakciójával magyarázták. A nitrogén-monoxid a sztratoszférába két fő forrásból kerülhet: egyrészt a sztratoszféra-repülőgépek NO kibocsátása során, másrészt az atmoszférában 200 év tartózkodási idővel rendelkező, és így a sztratoszférába diffúzió révén eljutó talajeredetű dinitrogén-oxid fotokémiai bomlásával. A nitrogén-monoxid és az ózon reakciója nitrogén-dioxidot eredményez, amelynek oxigéngyökkel való reakciójában újra nitrogén-monoxid keletkezik a következő reakcióegyenletek szerint:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 \qquad (26)$$

$$NO_2 + O \rightarrow NO + O_2 \qquad (27)$$

Figyelembe véve azt, hogy a nitrogén-oxidoknak az atmoszférában számos „nyelő" folyamata van, e vegyületek nagy számú reakcióban vesznek részt, bebizonyosodott, hogy a talajeredetű dinitrogén-oxid emisszió és a sztratoszféra-repülők nitrogén-monoxid kibocsátása nem magyarázza az észlelt ózonkoncentráció csökkenést.

1974-ben az Egyesült Államokban a Kalifornia Egyetemen dolgozó Molina és Rowland kimutatták, hogy ha klór- és fluortartalmú szénhidrogéneket (klór-fluor-szénhidrogének, freonok, CFC-k) a sztratoszférában uralkodó körülményeknek tesznek ki, e vegyületek fotokémiai bomlásával klórgyök válik szabaddá, amelynek ózonnal való reakciójában klór-oxid gyök keletkezik. A klór-oxid gyök és oxigéngyök reakciójával pedig ismét klórgyök képződik, amely újabb ózonmolekulák elbontására képes. A lejátszódó reakciók egyenlete:

$$CCl_2F_2 \rightarrow CClF_2 + Cl \qquad (28)$$

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2 \qquad (29)$$

$$ClO + O \rightarrow Cl + O_2 \qquad (30)$$

A reakciókban a klórgyök a katalizátor szerepét tölti be. Tartózkodási ideje a sztratoszférában 1-2 év, ezalatt egy klórgyök százezer ózonmolekulát képes elbontani. Két reakció van, amely a klór-, ill. klór-oxid gyök atmoszférabeli koncentrációját csökkenti. Ezek:

$$Cl + CH_4 \rightarrow HCl + CH_3 \qquad (31)$$

$$ClO + NO_2 + M \rightarrow ClNO_3 + M^* \qquad (32)$$

Az utóbbi reakcióban keletkező vegyület a klór-nitrát.

Egyéb vegyületek, melyek ugyancsak ózonelbontó hatással bírnak: a halonok, a szén-tetraklorid és az 1,1,1-triklór-etán (metil-kloroform). Atmoszférában való tartózkodási idejüket, ózonelbontó képességüket és felhasználásukat a **27. táblázat** mutatja. Az ózonelbontó képesség (ozone depleting potential, ODP) azt jelenti, hogy adott vegyület egy molekulája egy Freon-12 molekulához képest időegység alatt hány ózon molekula elbomlását okozza. A Freon-12 a freonok közül legintenzívebben alkalmazott vegyület volt a jogi szabályozás bevezetése előtt.

A freonok telített szénhidrogének klórozott és fluorozott származékai. A két számjeggyel jelölt freonok a metánból vezethetők le. Az első a vegyület szénatomszáma, a második a fluoratomok száma. Így példaként a Freon 12 molekulában egy szénatom, és 2 fluoratom található, így a klóratomok száma szükségszerűen 2. A Freon-12 tehát a diklór-difluor-metán

(CF_2Cl_2). Azon freon vegyületeknél, amelyek 3 számmal vannak megjelölve az etán származékai. A számok jelentése ez esetben a következő: az első szám a vegyületben található szénatomok száma eggyel csökkentve, a második szám a hidrogénatomok száma eggyel növelve, a harmadik szám pedig a fluoratomok száma. Adott vegyületben található klóratomok száma az előzőek alapján megállapítható. A Freon-113 vegyület a trifluor-klór-etán (C_2F_3Cl). A halonok pedig olyan szénhidrogén-származékok, amelyek a fluoron és a klóron kívül a másik két halogénelem, a bróm és a jód atomjait is tartalmazzák. Megjelölésükben az első szám a szénatomok száma, ezután következik a fluor, a klór, a bróm, illetve a jódatomok száma. A Halon-1211 vegyület a difluor-klór-bróm-metán (CF_2ClBr).
Az egyes vegyülettípusok elnevezése az alábbiak szerint értelmezhető:

27. táblázat: Az ózonelbontó anyagok jellemzői

Vegyület	Tartózkodási idő (év)	Ózonelbontó képesség	Alkalmazás
Freon-11	60	1,0	hajtógáz, hűtőközeg, oldószer
Freon-12	120	1,0	hajtógáz, hűtőközeg, oldószer
Freon-113	90	0,8	hajtógáz, oldószer
Freon-114	200	1,0	hajtógáz, hűtőközeg
Freon-115	400	0,6	hajtógáz, hűtőközeg
Halon-1301	110	10,0	tűzoltó anyag
Halon-1211	25	3,0	tűzoltó anyag
Halon-2402	28	6,0	tűzoltó anyag
Szén-tetraklorid	50	1,1	oldószer, gyógyszeripar
Metil-kloroform	6,3	0,15	oldószer, ragasztóanyag-ipar

8.3.5 Az antarktiszi „ózonlyuk”

1978 és 1990 között a sztratoszférikus ózonkoncentráció átlagosan mintegy 3%-kal csökkent. Ezzel szemben a Déli-sark felett ugyanebben az időszakban a koncentrációcsökkenés mintegy 30 %-os volt. A Brit Antarktiszi Kutatótársaság, amely 1957 óta végez méréseket a Déli-sarkon 1985-ben közzétett egy jelentést, mely szerint az Antarktisz felett tavasszal csaknem a teljes ózonmennyiség eltűnik, akkora területen, mint az Egyesült Államok és

akkora mélységben, mint a Mount Everest. A mérések szerint 1987-ben az Antarktisz felett az ózon koncentrációja 50 %-a volt az 1970-es szintnek. 15 és 20 km magasságok között az ózonmennyiség 95 %-kal csökkent.

Az antarktiszi ózonlyuk kialakulása a következőképpen magyarázható: a Déli-sark felett az atmoszférában a téli hónapokban kialakul egy légörvény, amely megakadályozza a sarki levegő horizontális elkeveredését. A légörvényen belül a hőmérséklet -90°C körül van, az atmoszféra vízgőztartalmából jégkristályok (sarki felhők) képződnek. A sarki felhők felületén a (31) és (32) reakciókban keletkező sósav és klór-nitrát megkötődik és egymással reakcióba lép a következő egyenlet szerint:

$$HCl + ClNO_3 \xrightarrow{jég} HNO_3 + Cl_2 \qquad (33)$$

A klórgáz a jégkristályokból felszabadul. Tavasszal a napsugárzás megjelenésével a klórmolekulák fotokémiai bomlásával klórgyökök keletkeznek, s le tudnak játszódni a (29) és (30) reakciók. A lejátszódó folyamatokat összegző bruttó reakcióegyenlet:

$$HCl + 2O_3 + NO_2 \xrightarrow{jég} HNO_3 + 2O_2 + ClO \qquad (34)$$

A (34) reakcióegyenletből az derül ki, hogy két molekula ózon elbomlásával keletkezik egy klór-oxid gyök, amely további ózonmolekulákat képes elbontani.

A klór-nitrát és a jégkristályok reakciójával hipoklórossav keletkezik, amelynek fotokémiai bomlása révén ugyancsak az ózon elbontásában aktív szerepet játszó klór- és klór-oxid gyök keletkezik. A lejátszódó reakció egyenlete:

$$ClNO_3 + H_2O(sz) \rightarrow HOCl + HNO_3 \qquad (35)$$

Egyéb ózonfogyasztó mechanizmusokat is számításba kell vennünk, mint pl. a dimer klór-oxid gyök keletkezését és fotolízisét.

$$ClO + ClO + M \rightarrow ClOClO + M^* \qquad (36)$$

$$ClOClO \xrightarrow{h\nu} Cl + ClO_2 \qquad (37)$$

$$ClO_2 + M \rightarrow Cl + O_2 + M^* \qquad (38)$$

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2 \qquad (39)$$

Mindezek a folyamatok vezetnek az Antarktisz feletti ózonmennyiség jelentős csökkenéséhez. Az Északi-sark felett a jelenség kevésbé kifejezetten nyilvánul meg, mert a téli hónapokban az Arktisz felett kialakuló légörvény kevésbé erős, mint a déli-sarki, a hőmérséklet is magasabb, így kisebb mennyiségű jégkristály kialakulására van lehetőség.

8.4 Nemzetközi egyezmények a globális klímaváltozás hatásainak csökkentésére

Globális problémáról lévén szó, a megoldáshoz ez esetben is nemzetközi összefogásra van szükség. Az első Klíma Konferenciát 1979 februárjában tartották, amelyen megfogalmazták, hogy „szembe kell nézni az ember által okozott klímaváltozással, amely visszahat majd az emberiségre". Azóta számos konferencián vitatták már meg a globális felmelegedés jelenségét és potenciális hatásait. 1988-ban az Egyesült Nemzetek Környezeti Programja (UNEP) és Meteorológiai Szervezete (WMO) létrehozott egy nemzetközi szervezetet (Éghajlatváltozással Foglalkozó Kormányközi Testület, IPCC), melynek feladata a globális felmelegedés problémájával szembenéző stratégiák és jogi eszközök kidolgozása. 1990-ben tartották a Második Klímakonferenciát, majd az 1992-ben Brazíliában megrendezett **Környezet és Fejlődés** konferencia egyik központi kérdése is a globális felmelegedés problémaköre volt. 153 ország képviselője írta alá az Éghajlat-változási Keretegyezményt (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Az egyezmény fő célkitűzése, az üvegház-gázok légköri koncentrációjának stabilizálása olyan szinten, hogy megelőzhető legyen az emberi tevékenységből adódó veszélyes mértékű éghajlatváltozás kialakulása. Ennek érdekében mindenekelőtt az antropogén üvegház-gáz kibocsátás növekedését kell megállítani, ill. csökkenteni, és az üvegház-gázok nyelőit (elsősorban az erdővel borított területeket) védeni és növelni. Az egyezmény fontosabb elemei:

- a fejlett és az átalakuló gazdaságú országok gazdasági tevékenységéből eredő üvegház-gáz kibocsátás korlátozása,
- az üvegház-gázok nyelőinek és tározóinak védelme,
- a fejlett országok által olyan pénzügyi-műszaki-tudományos segítség biztosítása, amely lehetővé teszi azt, hogy a fejlődő országok teljesíthessék az egyezményben előírt feladataikat;
- az éghajlati rendszerre vonatkozó megfigyelések, kutatások feltételeinek javítása.

Közben az Európai Közösség tagországai 1992-ben egyezményt írtak alá, melyben kötelezik magukat, hogy 2000-re a szén-dioxid emissziót az 1990-es értékre állítják vissza.

1997-ben 37 ország képviselői elfogadták az ún. Kyoto-i Jegyzőkönyvet, amely az üvegházhatású gázok 1990. évi kibocsátásának átlagosan 5,2 %-os csökkentését tűzte ki célul a 2008-2012-ig terjedő időszakra. A jegyzőkönyv 2005. február 16-án tudott életbe

lépni (**lásd bővebben 2. fejezet**). Az USA a mai napig nem csatlakozott a jegyzőkönyv által megfogalmazott célkitűzésekhez, s ugyancsak nem ratifikálta a jegyzőkönyvet Kína, India, Ausztrália és Ukrajna.

Magyarország a vonatkozó időszakra az üvegházhatású gázok kibocsátásának 6 %-os csökkentését vállalta az 1985-87 bázisévek átlagos kibocsátásához képest.

A Kyoto-i jegyzőkönyv vezette be a nettó elszámolás fogalmát. Ennek értelmében üvegházgáz-kibocsátás csökkentésként számolható el, valamely „nyelő" létrehozása, tehát olyan tevékenység, amely hozzájárul a légkör üvegházgáz-koncentrációjának csökkenéséhez (pl. erdőtelepítés). Ugyanakkor a jegyzőkönyv megfogalmaz ún. rugalmassági mechanizmusokat, amelyek révén a kibocsátás csökkentés a fenntartható fejlődés elveinek figyelembevételével hajtható végre. A rugalmassági mechanizmusok megvalósítása két alapgondolatra épül:

1. a kibocsátás csökkentés költségei különböző országokban eltérőek, mivel a technológiák fejlettségével és a kibocsátás-csökkentés hatásfokának növekedésével a további kibocsátás-csökkentés költsége exponenciálisan nő;
2. tekintve, hogy az antropogén eredetű üvegházhatás globális jelenség, hatását tekintve az, hogy az adott kibocsátás csökkentés hol történik, kevésbé lényeges.

A rugalmassági mechanizmusok a következők:

- együttes végrehajtás,
- nemzetközi kibocsátás keresekedelem,
- EU buborék,
- tiszta fejlesztési mechanizmus.

8.4.1 Összefogás a sztratoszférikus ózonréteg védelmében

Az 1970-es évek végén és a 80-as évek elején több országban intézkedéseket tettek a sztratoszférikus ózonréteget romboló anyagok termelésének és felhasználásának mérséklésére. A probléma globális jellege azonban arra ösztönözte a tudósokat és a kutatókat, hogy a megoldás lehetőségét a nemzetközi összefogásban keressék.

Az 1985-ben meghozott Bécsi Konvencióban a résztvevők megállapodtak az ózonprobléma kezelésére irányuló nemzetközi összefogásban, nemzetközi monitoring rendszer kiépítésében, az információáramlás biztosításában. 1987-ben fogadták el (az ózonromboló hatást kifejtő anyagokról) a Montreali Jegyzőkönyvet. 1991-re már mintegy 70 ország

csatlakozott a Jegyzőkönyvhöz. Mind a Bécsi Egyezmény, mind a Montreali Jegyzőkönyv az ENSZ környezeti programja (UNEP) keretén belül látott napvilágot.

A Montreali Jegyzőkönyv 1989. január 1-én lépett életbe, s két fő vegyülettípus gyártásának és felhasználásának ellenőrzését tűzte ki célul. Az egyik vegyülettípus a klór-fluor-szénhidrogének, a másik a halonok. A Jegyzőkönyv előírja, hogy valamely ország akkor növelheti pl. a Freon-11 gyártását és felhasználását, ha a Freon-12 előállítását és felhasználását legalább olyan mértékben csökkenti. A Jegyzőkönyv figyelembe veszi az egyes anyagok ózonelbontó képességét is. Egy adott ország növelheti pl. a Halon-1211 gyártását (ózonelbontó-képessége: 3,0) 10 tonnával, ha ugyanakkor a Halon-1301 gyártását (ózonelbontó-képessége: 10), 3 tonnával csökkenti. 1993-ra valamennyi csatlakozó országban a freonok gyártását 20 %-kal, 1998-ra 50 %-kal kell csökkenteni. 1992-re a halonok felhasználását az 1986-os szintre kellett visszaállítani. 1989 márciusában az Európa Tanács közleményt adott ki, mely kötelezte tagállamait, hogy a freon felhasználásukat minél előbb a 85 %-kal csökkentsék, 2000-re pedig teljesen felszámolják. A nemzetközi egyezményhez az USA is csatlakozott.

1990-ben London adott otthont a Montreali Jegyzőkönyv tagállamainak második találkozójának. E találkozón a tagok még szigorúbb intézkedéseket hoztak a freonokkal és a halonokkal kapcsolatban, és előírást fogalmaztak meg a szén-tetrakloridról és a metil kloroformról is. E szerint a tagállamoknak 1995-re 30 %-kal, 1997-re 85 %-kal, 2000-re 100 %-kal kell lecsökkenteniük a freonok előállítását és felhasználását. A halonokra ugyanilyen megkötéseket hoztak azzal az engedménnyel, hogy alapvetően fontos esetekben (pl. nagy tűzeseteknél) engedélyezett az alkalmazásuk. A szén-tetraklorid felhasználását 1995-ig 85 %-kal, 2000-re 100 %-kal kell lecsökkenteni, a metil-kloroform alkalmazását pedig 1995-ig 30 %-kal, 2000-ig 70 %-kal, 2005-re pedig 100 %-kal kell redukálni. A tagállamok megállapodtak, hogy megszüntetik a kérdéses vegyületek importját azokból az országokból, melyek nem csatlakoztak a jegyzőkönyvhöz. Megvitatták a résztvevők a freonok hidro-klór-fluor-szénhidrogénekkel (HCFC) és hidro-fluor-szénhidrogénekkel (HFC) való helyettesíthetőségét is. E vegyületek kevésbé stabilak, mint a freonok, az atmoszférába kerülve így már nagy részük a troposzférában elbomlik, és nem éri el a sztratoszférát. Egy tonna HCFC felhasználása csak mintegy 5 %-át okozza annak a károsodásnak, ami az ózonréteget 1 tonna CFC felhasználása esetén éri. A teljes helyettesítés után e vegyületeket is legkésőbb 2040-ig ki kell vonni a forgalomból. Néhány vegyület atmoszférában való

tartózkodási idejét, ózonelbontó képességét, jelenlegi és potenciális felhasználását a **28. táblázat** mutatja.

28. táblázat: A freonokat helyettesítő anyagok tulajdonságai

Vegyület	Tartózkodási idő (év)	Ózonelbontó képesség	Alkalmazás
HFC-125	28,1	0,0	hűtőközeg
HCFC-22	15,3	0,05	hajtógáz, hűtőközeg
HCFC-123	1,6	0,014	hajtógáz, oldószer
HCFC-124	6,6	0,017	hajtógáz, habképző anyag
HCFC-141	7,8	0,08	oldószer, habképző anyag
HCFC-142	19,1	0,05	oldószer, habképző anyag

1992-ben Koppenhágában módosították a jegyzőkönyvet, az új előírás szerint 1996. január 1-ig teljes mértékben meg kell szüntetni a freonok, a szén-tetraklorid és a metil-kloroform gyártását és felhasználását.

Magyarország a Bécsi Konvencióhoz és a Montreali Jegyzőkönyvhöz 1989-ben csatlakozott, a londoni kiegészítést 1993-ban, a koppenhágait 1994-ben ratifikálta.

8.4.2 Együttes végrehajtás (EV, joint implementation, JI).

Együttes végrehajtási projektet két olyan ország valósíthat meg, amelyek mindketten ratifikálták a jegyzőkönyvet. Az iparilag fejlettebb ország, amelynek kyoto-i vállalása teljesítése érdekében szüksége van kibocsátás csökkentés elérésére végrehajt egy beruházást egy gazdaságilag kevésbé fejlett országban, amelynek eredményeképpen üvegházhatású gáz kibocsátás jön létre. A beruházás költségeit a gazdaságilag fejlettebb ország állja, ugyanakkor az elért kibocsátás-csökkentés teljes egészét, vagy szerződésben meghatározott részét saját maga részére számolhatja el. Ahhoz hogy egy beruházás JI projektként elfogadható legyen teljesülnie kell azon feltételnek, hogy a beruházás az üvegházgáz emisszió csökkenésen túlmenően más haszonnal nem járhat. A beruházás a befogadó országnak egy fillérjébe nem kerül, ugyanakkor a beruházó ország számára kevesebb költséget jelent a beruházás megvalósítása, mint hogyha ezt saját országában tenné meg.

Együttes végrehajtásra alkalmas projektek lehetnek:

- az ipari és lakossági energiahatékonyság-növelő beruházások,
- új kogenerációs (CHP) erőművek,
- megújuló energiaforrást felhasználó erőművek (szél, biomassza, biogáz, vízenergia, napenergia vagy geotermikus energia),
- a távfűtési rendszerek, erőművek energiahatékony beruházásai, tüzelőanyag váltása,
- az ipari kibocsátást (N_2O, SF_6, HCF) érintő technológiaváltás,
- a szénbányák metán (CH_4)-kibocsátás csökkentése,
- hulladéklerakók gázkibocsátásának csökkentése.

Példaként, Magyarországon megvalósuló JI projektek a következők:

- a Pálhalmai Biogáz Projekt. Egy főként mezőgazdasági tevékenységet (állattartást és növénytermesztést) folytató cégnél biogáz üzem telepítése valósul meg Ausztriával való együttműködésben. A biogázüzem főként szarvasmarha és sertéstrágyát használ alapanyagként, amely eddig a talajra került kiszórásra a jogszabályi előírásoknak megfelelő módon. A trágya szerves anyag tartalmának bomlása viszont szén-dioxidot és metánt juttatott a légkörbe. A biogázüzem megvalósulásával ez az emisszió megszűnik, ráadásul az előállított biogáz energiatermelési célra használható fel, mégpedig – lévén az alapanyaga az állati trágya – megújuló energiforrásra épülő energiatermelésre.
- a Nitrogénművek Rt. dinitrogén-oxid csökkentési projektje. Magyarország egyetlen nitrogénműtrágya-gyártó cégénél Ausztriával együttműködésben új salétromsavüzem épül. A technológiának részét fogja képezni egy olyan katalitikus reaktor, amelynek célja a gyártási folyamat dinitrogén-oxid kibocsátásának csökkentése. A projekt megvalósulásán keresztül jól bemutatható az önkéntesség: az új üzem akkor is képes salétromsavat előállítani, ha a füstgáztisztító rendszerbe nem építik be azt a dinitrogén-oxid emisszió csökkentő rendszert.
- A GeoGas Kft. hévvizek kísérő gázainak hasznosítására irányuló projektje. A Kft. 32 hévvízkút kísérőgázainak megfelelő előkezelés után, gázmotorokkal történő energetikai hasznosítását tervezi Kelet-Magyarország különböző helyszínein. A beépítésre kerülő, metángázzal üzemelő gázmotorok szén-dioxid emissziója kisebb GWP értéke révén jóval kisebb környezetterhelést okoz, mint a korábban a légkörbe kerülő metán.

8.4.3 Nemzetközi kibocsátás keresekedelem (NKK, International Emission Trading, IET)

20 MW teljesítményűnél nagyobb hő- illetve villamosenergia-termelő tüzelőberendezések, illetve az olajfinomítók, a kokszolók, a vaskohászat- és acéltermelés, a cement-, az üveg-, és az építőanyag-gyártás, illetve a papíripar nagyobb üzemei (hazánkban kb. 170 vállalat) 2005. január 1-től csak kibocsátási engedély birtokában bocsáthatnak ki szén-dioxidot. A kibocsátási engedélyes létesítmények kötelesek szén-dioxid kibocsátásaikat nyomon követni és évente bejelenteni. Az engedély nem korlátozza a kibocsátható szén-dioxid mennyiségét, de kötelezi a létesítményeket, hogy minden év végeztével annyi ún. „szén-dioxid kibocsátási egységet" adjanak vissza az államnak, amennyi szén-dioxidot az adott évben kibocsátottak. A létesítmény által visszaadandó kibocsátási egységek származhatnak az állam által korábban kiosztott mennyiségből, de ha ez nem elég, további egységeket kell vásárolniuk; a fölös egységek viszont eladhatók. Egy kibocsátási egység tehát arra jogosítja fel birtokosát, hogy egy tonna szén-dioxidot bocsásson ki, és az a jogosultság szabadon átruházható.

8.4.4 Tiszta fejlesztési mechanizmus

Alapgondolata az együttes végrehajtási mechnizmusének felel meg, azonban ebben az esetben a beruházást befogadó ország, valamely harmadik világbeli fejlődő ország, s nem feltétel, hogy a Kyoto-i Egyezményt ratifikáló országok közé tartozzon. A projektnek nem feltétele az önkéntesség sem, tehát az üvegházgáz emisszió csökkenésén túlmenően a megvalósuló beruházás profitorientált lehet. Az elért profit bizonyos százalékát azonban az emisszió további csökkentési lehetőségeinek kutatására, vizsgálatára, megvalósítására kell fordítani.

8.4.5 EU buborék (EU burden sharing)

A 15 ország, amelyek már 2004. május 1-e előtt is az EU tagállamai voltak együttesen köteles 8 % kibocsátás csökkentést produkálni a 2008-2012 közötti időszakban. Az energiatermelés szén-dioxid kibocsátása csökkenthető az alternatív energiahordozókra épülő energiatermelés részarányának növelésével. A Magyarországon potenciálisan rendelkezésre álló megújúló energia források mennyiségét, és hasznosítási hányadukat a **29**. táblázat mutatja.

29. táblázat: Magyarország megújuló energiaforrásai

Megújuló energia forrás	Technikai potenciál (PJ/év)	Hasznosított hányad (PJ/év)
Vízenergia	1,2	0,67
Szélenergia	1,3	0,005
Napenergia	3,6	0,061
Geotermikus energia	50,0	3,6
Biomassza	165,8	31,5
Kommunális hulladék	5,0	0,79
Összesen	227,9	36,6

A táblázat adatai alapján a teljes technikai potenciálnak mintegy hatodrészét hasznosítjuk. 100%-os kihasználtság esetén az ország jelenlegi energiaigényének mintegy egynegyedét lehetne kielégíteni megújuló energiaforrásokból. A legnagyobb potenciált a biomassza képviseli, s a tényleges felhasználásban is ez a domináns megújuló energia. Ezen belül a tűzifából és a faipari melléktermékekből a kinyert összes energia közel 90%-át állítják elő. A biomassza-hasznosítás mértékét csak az erdőgazdálkodással összhangban kívánatos meghatározni.

A megújuló energiaforrások egyelőre csak kis mértékben csökkentik a CO_2-kibocsátásunkat, ezért különösen nagy figyelmet kell fordítanunk az energiahatékonyság javítására. Ugyanakkor az EU-előírások alapján is az eddigieknél nagyságrenddel nagyobb mértékben lesz szükség a megújuló energiaforrások hasznosítására. A tervek szerint 2010-re az energiatermelésen belül a megújuló energiaforrások jelenlegi 3,5-3,6 %-os arányát meg kellene duplázni, ezen belül a villamosenergia-termelés esetében a jelenlegi 0,22%-os arányt 3,6%-ra kell növelni.

Az Európai Unióhoz való csatlakozásból adódó további feladatok végrehajtása ugyancsak szorosan kapcsolódik az üvegházhatású gázok jelenlegi és jövőbeli hazai kibocsátásának hatékonyabb szabályozásával. Az EU éghajlatváltozási programja ad általános keretet azoknak a közös szakpolitikáknak és irányelveknek, amelyek hozzájárulnak e téren elsősorban a környezetterhelés csökkentéséhez. Ezzel összefüggésben hazánknak is konkrét – jelentős anyagi, humán és intézményi erőforrásokat igénylő – feladatai vannak egyebek mellett a villamosenergia-termelésben a megújuló energiák arányára, a kapcsolt

energiatermelés mértékére, a kibocsátási jogok közösségi kereskedelmi rendszerébe való belépésre, a kibocsátások részletes nyilvántartására vonatkozóan. A közösségi támogatásokhoz való hozzájutás alapjául szolgáló Nemzeti Fejlesztési Terv, illetve annak környezetvédelemmel és infrastruktúra-fejlesztéssel foglalkozó operatív programja is számos olyan – az energiagazdálkodással, a közlekedéssel, a mezőgazdasággal, az erdőgazdálkodással, a hulladékkezeléssel kapcsolatos – célterületet sorol fel, amelyek közvetlenül érintik a szén-dioxid-kibocsátást.

9 Hulladékgazdálkodás

Gadár László

9.1 Hulladék fogalma

Az emberi társadalom kialakulása óta a világ tevékenységének két fő és elengedhetetlen mozgatórugója a termelés és a fogyasztás folyamata.
A termelés során az ember környezetéből anyagokat, nyers erőket, energiákat vesz el, azokat átalakítja, feldolgozza, majd a fogyasztás során mindezeket hasznosítja.
Mivel azonban kevés olyan módszer van, mely lehetővé tenné a nyersanyagok és a környezetből kinyert más elemek száz százalékos hasznosítását, mind a termelés, mind a fogyasztás során hulladék keletkezik.

9.1.1 Hulladék definíciója

„Általános értelemben véve hulladéknak tekintünk minden olyan, elsősorban az ember élete, termelő és fogyasztó tevékenysége során képződő anyagot (anyagegyüttest, terméket, maradványt, tárgyat), amely közvetlenül vagy közvetve veszélyezteti a környezet védelem alatt álló tárgyait, elemeit, és amelyek keletkeztetője az adott időpontban érvényes műszaki, gazdasági feltételek mellett nem képes felhasználni és/vagy értékesíteni, ezért azokat a további emberi tevékenység köréből való eltávolításra ítéli.” (VERMES L.: Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás; 2005; Budapest; Mezőgazda Kiadó; 220; 7.)
„Hulladék minden olyan gáznemű (hulladékgáz), folyékony (folyékony hulladék) vagy szilárd anyag (szilárd hulladék), amely keletkezése helyén haszontalan vagy felesleges, zavarja az emberi tevékenységet, esetleg veszélyezteti vagy károsítja az ember egészségét és környezetét (veszélyes hulladék).” (KERÉNYI A.: Általános környezetvédelem; 1998; Szeged; Mozaik Oktatási Stúdió; 383; 230.)
A mai jogszabályban megfogalmazott definíció nagyon frappánsan, egzaktul fogalmazza meg a hulladék definícióját, melynek minden szava lényeges elemet takar. A 2000. évi XLIII. törvény 3. § szerint „hulladék bármely, az 1. számú melléklet szerinti kategóriák valamelyikébe tartozó tárgy vagy anyag, amelytől birtokosa megválik, megválni szándékozik, vagy megválni köteles.” Az 1. számú melléklet tartalmazza azt a 16 úgynevezett Q kategóriát, melyek közül ha egyel rendelkezik az anyag, akkor hulladéknak lehet tekinteni. Egy adott légnemű, folyadék, vagy szilárd halmazállapotú anyagtól annak birtokosa vagy megválik, vagy a későbbiekben válik meg, vagy valamely jogszabály előírása

alapján megválni köteles, és rendelkezik a Q kategóriák valamelyikével, akkor hulladéknak kell tekinteni.

9.1.2 Hulladék csoportosítási lehetőségek

A **9.1.1** bonyolult definícióját valamennyire közelebb hozza, ha megnézzük a hulladékok csoportosítási lehetőségeit, és a fajtáit.

9.1.2.1 Eredet szerint

Maradva a Hulladékgazdálkodási törvény definíciójánál, a hulladék birtokosa, azaz kibocsátója alapján megkülönböztethető:

- Települési (kommunális) hulladék;
- Termelési hulladék.

A települési hulladék a közvetlen emberi szükségletek kielégítése folytán keletkező hulladék: a lakosság fogyasztási, kereskedelmi, vendéglátó és intézményi tevékenységéből, valamint közterületekről kikerülő hulladék. Összetétele, mennyisége nagymértékben függ egy-egy állam gazdasági helyzetétől, a lakosság életszínvonalától, fogyasztási szokásoktól, a település szerkezetétől (lakótelep, családi házas övezet, város-falu). Kommunális hulladék származhat:

- Háztartásokból;
- Intézményekből;
- Közterületekről, zöldterületekről;
- Lomtalanításból.

A termelési hulladékok különböző termelési tevékenységek (kitermelés, feldolgozás, szolgáltatás, fenntartás, szállítás, stb.) során keletkeznek az ipar, és a mezőgazdaság területén. Közös jellemzőjük, hogy tervezhető mennyiségben és általában konkrétan megadható összetétellel keletkeznek. Összetétele alapján homogén, jól definiálható, a termelési folyamatoktól függ az összetétele és mennyisége, mely előre tervezhető, számolható. A termelési hulladékok eredete szerint lehet:

- Technológiai eredetű (termelési tevékenységből, anyagátalakításból);
- Amortizációs eredetű (leselejtezett berendezések, eszközök);
- Csoportosíthatóak iparágak szerint is:
- Vegyipari;
- Élelmiszeripari;
- Stb…

A termelési hulladékok egy része a kommunális hulladékokkal együtt kezelhető, egy része azonban különleges kezelést igénylő veszélyes hulladék, amelyet már a keletkezéskor el kell különíteni. Ilyen lehet pl. a radioaktív hulladék, fertőző hulladék.

9.1.2.2 Halmazállapot szerint

A hulladékok halmazállapot szerinti csoportosításánál a fizikai megjelenési formáját vesszük figyelembe.

- Folyékony (pl. települési folyékony hulladék, laboratóriumi reagensek, oldószerek);
- Iszapos, pasztaszerű (pl. vegyipari melléktermék, galvániszap);
- Szilárd (pl. települési szilárd hulladék).

A hagyományos alap fizikai halmazállapottól (légnemű, folyadék, szilárd) eltérő az iszapszerű halmazállapot, mivel a hulladékgazdálkodásban ez egy külön kezelési formát igénylő hulladéktípus.

9.1.2.3 Felhasználhatóság szerint

A hulladék tovább használhatósága szerint is megkülönböztethetünk:

- Felhasználhatatlan;
- Más területen még felhasználható.

A más területen felhasználható hulladékok lehetnek újrahasználható hulladékok, mely anyagában és funkciójában ugyanarra használható anyagokat jelenti, mint hulladékká válás előtt. Erre a legjobb példa a folyadékok csomagolására használt üveg. Valamint az újrahasznosítható anyagok, melyek anyagában történő hasznosítást jelent, funkciójában más terméket állítanak elő. Például ilyen a papír.

9.1.2.4 Éghetőanyag-tartalom szerint

A hulladékgazdálkodás egyik lehetséges módszere az égetés. Egyes hulladékfajtákat e jellemző tulajdonságuk szerint is osztályozni szükséges, így megkülönböztetünk:

- Éghető (pl. papír, műanyag, textil, bőr, gumi, stb.);
- Önállóan nem éghető (pl. fémek, üveg, építési törmelék, éghető anyagot nem tartalmazó veszélyes hulladék).

Az önállóan nem éghető anyagok támasztófűtéssel elégethetők. Egyes hulladékfajták kezelésére, úgy mint fertőző hulladékok, a legalkalmasabb ártalmatlanítási módszer az égetés, azonban éghető anyag tartalmuk ezt nem biztos, hogy lehetővé teszi. Így támasztófűtéssel lehet elérni égésüket, és a kezelésük anyagi ráfordítással lehetséges, ezért a hulladék birtokosa, termelője fizet a hulladékának kezeléséért.

9.1.2.5 Környezetre gyakorolt hatás szerint

Egyik legfontosabb kérdés, miután definiáltuk a hulladékokat, hogy mi a környezetre gyakorolt hatásuk. A hatásuk alapján csökkenő sorrendben az alábbi csoportokat nevezhetjük meg:

- Veszélyes (különleges kezelést igénylő) hulladék (pl. akkumulátor, olajos flakon);
- Nem veszélyes hulladék (pl. kerti hulladék, papír, PET-palack, stb.);
- Inert hulladék (veszélyes és biológiailag bomló anyagot nem tartalmaz, pl. építési-bontási törmelék).

A jogszabályok ismertetése során bővebben lesz szó a veszélyes hulladékokról. A környezet, az emberi egészség veszélyeztetése miatt kialakított jogszabályi veszélyességi kategóriák egyikével rendelkező hulladékok veszélyesnek minősülnek. Amennyiben nem rendelkezik veszélyes összetevővel az anyag, de még nem is teljesen független a környezettől, akkor nem veszélyes a hulladék. Az inert hulladék pedig nem okoz semmilyen változást a környezetben, a térfogata okoz problémát, de a kezelése nem igényel olyan erőforrásokat, mint a másik két hulladék típus.

9.1.2.6 Főbb összetevők szerint

Szilárd hulladékok anyaguk alapján csoportosíthatók. Települési szilárd hulladékoknál szelektív hulladékgyűjtés alkalmazása nélkül teljesen vegyes az összetétel. Bár különböző statisztikai adatok már léteznek a hulladékgyűjtéssel foglalkozó cégeknél. A hulladék képződésnél szelektíven gyűjtve általában újrahasznosítható hulladék frakciót eredményeznek abban az esetben, ha tisztán kaphatjuk az alábbi hulladék fajtákat:

- Papír;
- Műanyag;
- Üveg;
- Fém;
- Szerves (biológiailag bontható);

- Kombinált csomagolóanyag;
- Maradék (egyéb).

Ha megnézzük a kommunális (települési) hulladék gyűjtő cégeket, ezek a hulladékfajták kerülnek szelektív (külön) gyűjtésre. A maradék hulladékon kívül értéket képviselnek, így értékesíthetővé válnak.

9.1.3 A hulladékok káros környezeti hatása

A víz, a levegő és a talaj természetes öntisztulása során hosszú időn át „feldolgozta" az odakerült hulladékot anélkül, hogy azok bomlás- vagy szintézistermékei közvetlenül vagy a különböző kölcsönhatások során a növényekre, az állatokra, és rajtuk keresztül közvetve vagy közvetlenül az emberre károsan hatottak volna. Az elmúlt évtizedekben bekövetkezett városiasodási változások, továbbá a műszaki-tudományos fejlődés hatására felfokozódott termelési-fogyasztási tevékenység következtében az ember és környezete közötti harmonikus kapcsolat megbomlott.

Az ember − főként pazarló anyagfelhasználása miatt − az indokoltnál nagyobb ütemben sajátítja ki a természeti erőforrásokat. Az emberi tevékenység − a megváltozott szükségletek kielégítése érdekében – egyre nagyobb mértékben alakítja át a természetből kitermelt anyagokat, és a természetes anyagoktól eltérő összetételű termékeket állít elő. A természetidegen anyagok termelésével, ill. elhasználódásával létrejött hulladék egyre nagyobb mennyiségben és térben koncentráltan kerül ki az ökoszisztémákba.

Mindezeknek a változásoknak a következtében a hulladék vagy nem alkalmas arra, hogy bekapcsolódjék a természetes körfolyamatokba, vagy ha bekapcsolódik, akkor zavarokat okozhat olyan mértékben, hogy hatását a természetes körfolyamatok már nem képesek ellensúlyozni közvetve vagy közvetlenül károsítja a természet elemeit, és ezen keresztül veszélyezteti magát az embert is.

A hulladék egyrészt szennyezi valamelyik környezeti elemet (vizet, levegőt, talajt), ezáltal nagy népességet érinthet, és a hatása sok esetben időben is elhúzódó. Másrészt a hulladék egyes alkotórészei beépülnek a növényi és állati szervezetekbe, és a táplálkozási láncon keresztül végső soron az embert károsítja (környezetre káros, mérgező hatású anyagok bioakkumulációja és toxicitása). A települési és egyes termelési hulladékok fertőző mikroorganizmusai különböző fertőző betegségek okozói lehetnek.

A hulladéklerakók altalajának tulajdonsága lényegesen befolyásolja a szennyező anyagoknak és a mikroorganizmusoknak a talajvízzel való elterjedését. A talajfelszín és a talajvíz szintje közti, telítetlen talajréteg (pl. homogén anyag) vízzáró, szűrő és megkötő (adszorpciós) tulajdonságai nagymértékben akadályozhatják a veszélyes anyagok kilúgozódását és a már kilúgozott anyagnak a talajvízzel való szétterjedését. A talajvíz elszennyeződése homokos talajban gyorsabb, agyagos talajban lassúbb folyamat. A szennyező anyag átszivároghat a lerakóhely mellett fúrt ivóvízkutakba évtizedekig is szennyezheti a vizet. Ha a kút vizében bármelyik szennyező anyag megjelenik, feltételezhető, hogy egyéb szennyezések is jelen vannak. A felszíni vizek szennyeződését a csapadékvíz mellett a szennyezett talajvizek is okozhatják. A hulladék veszélyes alkotórészeinek kioldódását, kilúgozódását, kihajtását (deszorpcióját), párolgását stb. a fizikai és a kémiai körülmények befolyásolják. A szennyező anyag vízoldhatósága más szennyezések kioldódását is elősegíti. Például a kloroform mint vízoldható szerves oldószer, elősegítheti a különben vízben nem oldódó szerves anyagok kilúgozódását. A komplex fémvegyületek képződése ugyancsak veszélyes. Például a települési szilárd hulladék baktériumok közreműködésével létrejött lebomlásakor keletkező zsírsavak a fémekkel vízoldható komplex vegyületeket képezhetnek.

Ha a szennyező anyag megkötődik a talajban (adszorpció), gátolhatja a szerves (pl. az olaj) és a szervetlen vegyületek vándorlását (migrációját). Ugyanakkor a fenol jól oldódik a vízben, és mivel a talajok megkötő- (adszorbeáló-) képessége általában kicsi, ezért a fenol könnyen kilúgozható.

Jelentős hatással lehet a lerakott anyagra a vízzel való reakció hatására létrejövő vegyi bomlás (hidrolízis), a biológiai lebomlás, a fény hatására végbemenő bomlás (fotolízis) és az oxidáció. (Ez utóbbi különösen fontos a fenolok és az aromás aminok lebomlásakor.) A baktériumok által okozott biológiai bontás következtében igen veszélyes anyagok is képződhetnek, pl. a triklór-etilén, a perklór-etilén, az l,l,l-triklór-etán mely a biológiai lebomlás folyamán ellenálló vinil-kloriddá alakulhat, amely rákkeltő. Az oxigént igénylő (aerob) biológiai folyamatok igen eredményesek lehetnek például a cianidionok elbontásában. A lerakott, lefedett hulladékrétegekben az oxigén jelenléte nélküli (anaerob) biológiai bomlás a jellemző, elbomlanak a szulfátok, a nitrátok, a szénhidrátok. A szulfátokból képződő hidrogén-szulfid a fémeket a vízben kevésbé oldható szulfidokká alakítja.

Egyes vegyületek igen bomlékonyak, mechanikai hatásra is érzékenyek (pl. nátrium, kálium, szerves peroxidok). Az ultraibolya sugarak okozta fotodegradációs folyamat főleg az elpárolgott szervesanyag-gőzökre vagy a felszíni vizekben megtalálható vegyi anyagokra hat. Ez a folyamat felerősödhet, ha a lerakott hulladékot nem fedi földréteg. Különösen veszélyes lehet a gondatlanul lerakott és a széllel könnyen mozgatható a levegőben szétosztva megmaradó (diszpergálható) azbeszthulladék. Az aerob biológiai folyamatok levegő oxigénjét igénylik, mely elősegíti a párolgást, a kiszellőzést a felszíni vizek szervesanyag-szennyezésének csökkentését. De számítani kell a szennyező anyagoknak a víziállatok és növényzet szervezetébe való beépülésére is.

A lerakott települési szilárdhulladék-rétegekben gáz keletkezik, amely főleg metánt, szén-dioxidot, kevés hidrogén-szulfidot tartalmaz. A gázképződés több éven át tarthat, és veszélyessé válhat, ha a hulladéklerakó feletti levegőben a metán koncentrációja 5-15 térfogatszázalék fölé emelkedik. A gáz szerves anyagok gőzét is tartalmazhatja, amely ugyancsak a hulladékból fejlődhet.

E hatások összességben nyilvánul meg a hulladék káros környezeti hatása, amely a környezet szennyeződését, ill. a természeti erőforrások igénybevételének csökkenő lehetőségét okozza. Alapvető környezetvédelmi elv tehát megakadályozni, hogy a környezetbe kerülő hulladék hatása bármilyen kis terjedésű térségben és akár időlegesen is meghaladja a természeti elemek tűrőképességét, öntisztuló képességét. Ennek az elvnek a megvalósítását segíti elő a hulladék káros környezeti hatása elleni védelem: a hulladékgazdálkodással és eszközeivel; a jogi, műszaki és gazdasági szabályozással; a kutatásfejlesztéssel; a háttériparral és műszaki infrastruktúrával, valamint a hulladék káros környezeti hatása elleni védelem állam irányításával.

9.2 Statisztikák

Az EU tagállamok nem sorolhatók a szegény országok közé. Érthető, hogy sok a fogyasztásból eredő kidobott háztartási hulladék, és a termelési hulladék egyaránt. Komoly szellemi erőfeszítést igényel olyan gazdasági elképzelések kidolgozása, amelyek ösztönöznék az ipar szereplőit, hogy gondoskodjanak a hulladék mennyiségének és veszélyességének csökkentéséről, illetve ártalmatlanításáról.

Nagyon fontosak a megfelelően feltárt adatok a hulladékok mennyiségét, minőségét illetően, hiszen ezek tükrében várható majd a megfelelő törvényi beavatkozás és talán a gyártókat is rádöbbenti, jobban megéri hosszú távon – a környezeti problémákat is szem előtt tartva – gondolkodni. Ezek az adatok mind a piacra dobott termékek, mind pedig a belőlük keletkezett hulladékok mennyiségére ki kell, hogy terjedjenek. Viszont nehézséget jelent a gyártó cégek részéről tapasztalható bizalmatlanság. Egyrészt ezért nehézkes környezetvédelmi szempontból fontos adatokat felkutatni, másrészt a termelő cégek számára fontos versenyelőny megőrzése érdekében tanúsított információ visszatartása miatt. A keletkező hulladékok összetétele, szerkezeti felépítése meghatározza a feldolgozásuk technológiáját.

Globális problémáról van szó. Egyáltalán nem mindegy, hogy mekkora hulladékáramok hova vándorolnak, és mi történik velük. Egyre inkább szorgalmazzák az újrahasznosítást a deponálással és égetéssel szemben, amire szükség is van a növekvő szeméthegyek számának csökkentése érdekében.

A problémát jól érzékelteti a 2006. november 20-án a KukaBúvár folyóiratban megjelent összeállítás, mely a világ 7 szemétcsodáját írja le.

„A The New York Inquirer összeállította a világ hét szemétcsodáját, a cikk Aaron Labaree tollából származik.

9.2.1 A Csendes Óceáni Szemét-sziget

Az első csoda a San Francisco és Hawaii között félúton lebegő, zömében plasztik palackokból álló szemétsziget, amelynek kiterjedése nagyobb, mint Texas államé. Az óceáni áramlások gyűjtik össze erre a területre a szárazföldről és a hajók rakományából kikerülő szemetet. Egy kutató beszámolója szerint egy hétig hajózott a szemétszigetek között, ahol a horizontól-horizontig mindent szemét borított.

9.2.2 New York szemétlerakója

Minden New-Yorki iskolás tudja, hogy a világűrből két ember alkotta műtárgy látszik, az egyik a kínai nagy fal, a másik a New-Yorki szemétlerakó, amely 67 méter magas, közel 9 millió négyzetméter területű. A lerakó amely, fénykorában mintegy 30 ezer tonna hulladékot fogadott naponta, most rekultivációra vár.

9.2.3 India, Roro azbeszt bányák

1983-ig bányásztak azbesztet a Roro hegységben, amelyet a közeli cementgyár üzemeltetett. A bányák bezárását követően, mintegy 700 ezer tonna veszélyes hulladéknak minősülő azbeszt hulladék maradt hátra, amely a közeli falvak lakosságát folyamatosan veszélyezteti. Bár mérete alapján nem versenyezhet a többi világcsodával, de rendkívüli látványa beemeli a hét világcsoda közé.

9.2.4 Füstös hegység, Fülöp-szigetek, Manila

Manila hulladéklerakója, melyet hivatalosan 1995-ben bezártak (nevét a lerakóról felszálló metánról kapta). A Füstös hegység egy a számtalan Fülöp-szigeteki lerakó közül, ahol 155 ezer ember talál „megélhetést”. Gyerekek, férfiak és asszonyok élnek a világ talán legszörnyűbb gettóiban, amelyek nem mások, mint a hulladéklerakók.

9.2.5 Hajóbontó kikötő, Alang, India

Minden évben hajók százait szállítják Indiába, hogy ott szétszedjék őket, mint hulladékot. Az Alang-i part mintegy 160 futballpályányi területet foglal el. Egy szakember így számolt be az ott látottakról: „Ez a hely, valamennyi emlékeim közül leginkább hasonlított arra, amilyennek a poklot képzelem. Több mérföldnyi mocskos partszakasz, hatalmas tankerek szétdarabolva, füstölgő olajfelhők és lángok mindenütt. Több száz munkás, lángvágókkal és primitív szerszámokkal, sokuk hiányzó végtagokkal”

9.2.6 Yucca hegység, Nevada, USA

Felderítő munkálatok kezdődtek, meg a Yucca hegységben, hogy ide helyezzék el az USA majdnem összes nukleáris hulladékát. A mintegy 70 ezer tonna sugárzó hulladékot 10 ezer évre kell elszigetelni a környezetétől. A tervek szerint a hulladékot 300 méter mélyen a hegy gyomrában helyezik el, és ha elkészül a világ egyetlen olyan csodája lesz amelyet, élőlény sohasem láthat. A program dollár tízmilliárdokba kerül. A nevadaiak nem örülnek a terveknek, és ezt a program népszerűsítésére szolgáló, a gyerekek körében terjesztett Yucca Mountain Jimmy rajzfilmfigura sem tudja megváltoztatni.

9.2.7 Elektronikai hulladéklerakó, Guiyu, Kína

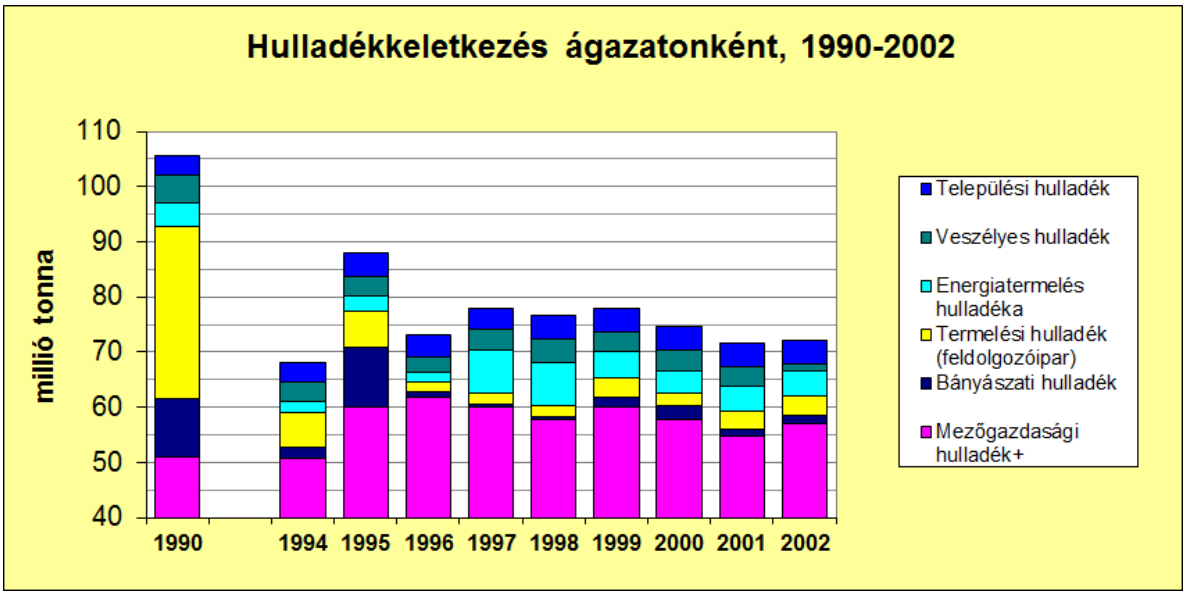
Kína kelet partján fekszik ez a lerakó, amely Észak-Amerika elektronikai hulladékának jelentős részét fogadja. Bár talán nem annyira látványos, mint a világ többi szemétcsodája, ez a terület 100 ezer embernek ad elfoglaltságot. Az egyik közeli falu kizárólag a kábelégetéssel foglalkozik, hogy a fémet kinyerjék. A közeli folyóban a nehézfémekből a határértékek több tíz és százszorosát mérték."

A fenti példák jól mutatják be a fejlett világ hulladékainak sorsát, és a szükséges lépések megtételére sarkallják a szakembereket, döntéshozókat. Azonban a cselekvés mindig helyi szinten történik, a helyi politikai és gazdasági környezetben, ezért nézzük Magyarországot és elemezzük a hazai helyzetet.

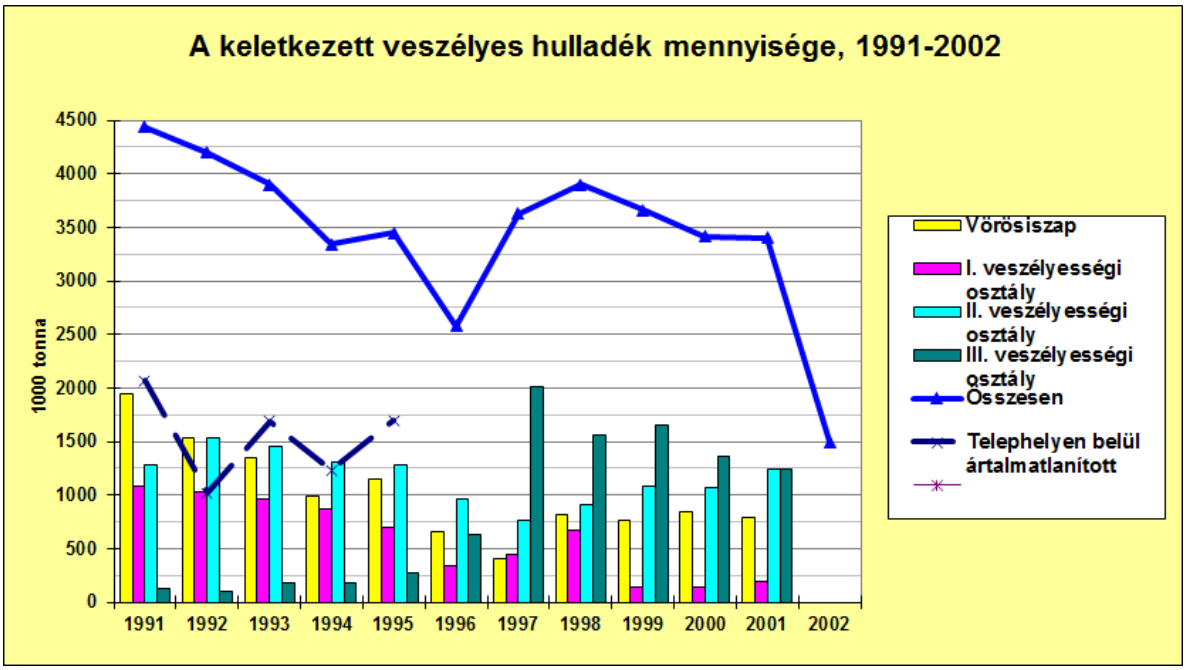
Hazai statisztikai adatokat a Központi Statisztikai Hivatalon keresztül lehet gyűjteni. A **38.** ábra és **39. ábra** bemutatásra kerül Magyarországon keletkezett hulladékok mennyisége. A **38. ábra** az évenkénti hulladéktermelés látható ágazatonkénti megosztásban, míg a **39. ábra** a veszélyes hulladékok megoszlása látható az összes hulladék mennyiség adatsorával együtt.

A magyarországi települési szilárd hulladék szállítással kapcsolatos mennyiségi adatok növekvő tendenciája két lényeges elemnek köszönhető. Mivel a hulladék mennyiség nagymértékben függ a fogyasztási szokásoktól és a társadalom életszínvonalától, látható ezekben a folyamatos átrendeződés. A műanyagok terjedésének köszönhetően világtendencia, hogy a hulladék „hígul", így azonos tömegegységű hulladék a tömörítő eljárások fejlődése ellenére is nagyobb térfogatúvá válik. Ebben a tendenciában nagy szerepe van a PET palackoknak, és az azt egyre nagyobb mennyiségben megvásárló lakosságnak is, mellyel a fogyasztási szokások változására lehet következtetni. A másik oka a növekvésnek

az lehet, hogy korábban sok település hulladék szállítása szervezetlenül történt, de ezek mára megszűntek, és minden településen szervezetten szállítják el a hulladékot. Emellett megjelennek ugyan az illegális hulladéklerakók a szervezetten gyűjtő települések mellett is, de ennek oka másra vezethető vissza.



38. ábra: Hulladék keletkezés ágazatonként 1990-2002 időszakban



39. ábra: A keletkezett veszélyes hulladék mennyisége 1991-2002

A hulladék adatszolgáltatások alapján készült jelentések szerint a **30**. táblázatbemutatott hulladék mennyiség keletkezett Magyarországon, mely táblázatból jól kiolvasható a

kommunális (települési) szilárd hulladék mennyisége, és a veszélyes hulladék mennyisége. A adatok a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium által kezelt Hulladék Információs Rendszerből (HIR) származnak (www.kvvm.hu/hir).

30. táblázat: Magyarországon keletkezett hulladék mennyiség 2004-ben

Hulladék		**Összesen (kg)**
Nem veszélyes		38 133 483 903
	ebből települési szilárd hulladék	4 591 611 000
Veszélyes		2 016 294 220
Összesen		*40 149 778 123*

A hulladék összetételével kapcsolatos vizsgálatok befolyásolják a hulladékgazdálkodás jövőbeli irányait, a hulladékgazdálkodással kapcsolatos politikát. Az értékesíthető hulladékok által képviselt érték minél nagyobb arányú kinyerése a cél, és ezt megelőzően különböző felméréseken keresztül információt nyernek a döntéshozók.

A **31. táblázat** Gentischer Péter-Hartman Mátyás-Kalas György-Tarnik Csilla: A lakossági fogyasztási szokások változásának összefüggése a hulladékgazdálkodással, Magyarország az ezredfordulón- MTA stratégiai kutatások, Budapest: 1997 megjelent táblázatában összehasonlítják a magyar átlagot és ezen belül a Budapesten keletkező hulladék összetételt néhány fejlett országéval.

31. táblázat: A fejlett ipari országok és Magyarország települési szilárd hulladéka összetételének összehasonlítása (tömeg%) (1988-1990) (Szabó, 1995)

Hulladék összetevők	**USA**	**Német-ország**	**Anglia**	**Európai átlag**	**Magyarország**	
					átlag	**Budapest**
Papír	40,0	46,7	33,0	24,0-45,0	9,4	19,6
Műanyagok	8,0	8,9	7,0	2,5-5	3,1	4,6
Textil	-	-	-	2,0-5,0	1,9	6,8
Üvegkerámia	7,0	13,6	10,0	5,0-10,0	2,5	5,3
Fém	8,5	7,1	8,0	3,0-9,0	4,8	6,0
Szervesanyag	24,9	15,2	20,0	15,0-25,0	23,7	32,0
Szervetlen a.	-	2,2	10,0	11,0-28,0	45,3	25,5
Egyéb	11,6	6,3	12,0	2,0-17,0	9,3	11,0

9.3 Hulladékgazdálkodás alapelemei

Miután definiáltuk a hulladékot, megismertünk pár statisztikát, vizsgáljuk meg a hulladékgazdálkodás alapelveit, a hulladékkal kapcsolatos legfőbb műveleteket, figyelembe véve a prioritási sorrendet is.

9.3.1 A hulladékgazdálkodás alapelvei

A környezetvédelmi törvény számos alapelvet (elővigyázatosság, megelőzés, helyreállítás, felelősség, együttműködés, tájékozódás, tájékoztatás, nyilvánosság) fogalmaz meg, amelyeket korábban, Magyarországon jogszabály még nem rögzített. Az 1995. évi LIII. Környezetvédelmi törvényben megfogalmazott alapelvek közül, a hulladékgazdálkodási szempontból feltétlenül kiemelésre méltó, hogy a környezethasználatot az **elővigyázatosság** elvének figyelembevételével, a környezeti elemek kíméletével, takarékos használatával, továbbá a hulladékkeletkezés csökkentésével, a természetes és az előállított anyagok visszaforgatására és újrafelhasználására törekedve kell végezni. Az elővigyázatosság elvének alkalmazása azt jelenti, hogy a veszély, illetve a kockázat valós mértékének ismerete hiányában úgy kell eljárni, mintha azok a lehetséges legnagyobbak lennének.

A **megelőzés** érdekében a környezethasználat során a leghatékonyabb megoldást, a környezeti, műszaki és gazdasági körülmények között elérhető, legkíméletesebb környezet-igénybevétellel járó tevékenységet kell alkalmazni. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a legkisebb mértékűre kell szorítani a képződő hulladék mennyiségét és veszélyességét, figyelembe véve az integrált, vagyis a környezet valamennyi elemére kiterjedő megközelítést.

A gazdálkodó szervezetek szempontjából különösen fontos a **gyártói felelősség** elve, amely azt jelenti, hogy a termék előállítója felelős a termék és a technológia jellemzőinek a hulladékgazdálkodás követelményei szempontjából kedvező megválasztásáért. Beleértve a felhasznált alapanyagok megválasztását, a termék külső behatásokkal szembeni ellenálló képességét, a termék élettartamát és újrahasználhatóságát, a termék előállításából és felhasználásából származó, illetve a termékből keletkező hulladék hasznosításának és ártalmatlanításának megtervezését, valamint a kezelés költségeihez történő hozzájárulást is.

A gyártói felelősség alapján a gyártó törvényben és más jogszabályokban előírt kötelezettsége a termékét és csomagolását úgy kialakítani, valamint olyan technológia- és termékfejlesztést végrehajtani, amely az elérhető leghatékonyabb anyag- és

energiafelhasználással jár, továbbá elősegíti a termék újrahasználatát, hulladékká válását követően annak környezetkímélő kezelését, hasznosítását, illetőleg ártalmatlanítását. A gyártó kötelezettsége kiterjed arra is, hogy az azonos célra szolgáló nyers- és alapanyagok, félkész termékek, az azokból készült termékek, továbbá csomagolóeszközeik közül azokat részesítse előnyben, amelyek gyártásának és felhasználásának anyag- és energiaigénye alacsonyabb, használata kevesebb hulladék keletkezésével jár, illetőleg az azokból készült termék, csomagolóeszköz tartósabb, többször használható, hulladékként kevésbé terheli a környezetet.

A gyártói felelősséggel összefügg a **megosztott felelősség** elve, ami azt jelenti, hogy a gyártói felelősség alapján fennálló kötelezettségek teljesítésében a termék és az abból származó hulladék teljes életciklusában érintett szereplőknek együtt kell működniük.

A gazdálkodó szervezeteket ugyancsak jelentős mértékben érinti a **szennyező fizet** elv, amelynek alapján a hulladék termelője, birtokosa vagy a hulladékká vált termék gyártója köteles a hulladékkezelés költségeit megfizetni, vagy a hulladékot ártalmatlanítani. A szennyezés okozója, illetőleg előidézője felel a hulladékkal okozott környezetszennyezés megszüntetéséért, a környezeti állapot helyreállításáért és az okozott kár megtérítéséért, beleértve a helyreállítás költségeit is.

Az **elvárható felelős gondosság** elve alapján a hulladék mindenkori birtokosa köteles – a lehetőségeinek megfelelően – mindent megtenni annak érdekében, hogy a hulladék környezetet terhelő hatása a legkisebb mértékű legyen.

Az **elérhető legjobb eljárás** elve alapján törekedni kell az adott műszaki és gazdasági körülmények között megvalósítható leghatékonyabb megoldásra; a legkíméletesebb környezet-igénybevétellel járó, anyag- és energiatakarékos technológiák alkalmazására, a környezetterhelést csökkentő folyamatirányításra, a hulladékként nagy kockázatot jelentő anyagok kiváltására, illetőleg a környezetkímélő hulladékkezelő technológiák bevezetésére.

Különösen a hulladékgazdálkodási tervek készítése során van szükség az alábbi, a hulladékgazdálkodási törvényben meghatározott alapelvek érvényesítésére:

- a **közelség** elve alapján a hulladék hasznosítására, ártalmatlanítására a − környezeti és gazdasági hatékonyság figyelembevételével kiválasztott − lehető legközelebbi, arra alkalmas létesítményben kerülhet sor;
- a **regionalitás** elve (területi elv) alapján a hulladékkezelő létesítmények kialakításánál a fejlesztési, gazdaságossági és környezetbiztonsági szempontoknak,

valamint a kezelési igényeknek megfelelő területi gyűjtőkörű létesítmények hálózatának létrehozására kell törekedni;

- az **önellátás** elve alapján − országos szinten, a területi elv és a közelség elvének figyelembevételével − a képződő hulladékok teljes körű ártalmatlanítására kell törekedni, ennek megfelelő ártalmatlanító hálózatot célszerű kialakítani és üzemeltetni;
- a **fokozatosság** elve alapján a hulladékgazdálkodási célokat ütemezett tervezéssel, egymásra épülő lépésekben, az érintettek lehetőségeinek és teherviselő képességének figyelembevételével kell elérni.

A **példamutatás** elve alapján az állami és helyi önkormányzati szervek a munkájukban érvényesítik a törvény céljait és elveit.

A **költséghatékonyság** elve alapján a hulladékkezelés szabályainak kialakítása, a hulladékgazdálkodás szervezése során érvényesíteni kell, hogy a gazdálkodók, fogyasztók által viselendő költségek a lehető legnagyobb környezeti eredménnyel járjanak.

Az alapelveken túlmenően általános követelményként határozza meg a hulladékgazdálkodási törvény, hogy minden tevékenységet úgy kell megtervezni és végezni, hogy az a környezetet a lehető legkisebb mértékben érintse, csökkenjen a környezet terhelése és igénybevétele, ne okozzon környezetveszélyeztetést, illetve környezetszennyezést, biztosítsa a hulladékképződés megelőzését, a keletkező hulladék mennyiségének és veszélyességének csökkentését, a hulladék hasznosítását, környezetkímélő ártalmatlanítását.

A fenti alapelvek szerint kell kialakítani a hulladékgazdálkodási tevékenység lépéseit, melyek a következő fejezetekben kerülnek összefoglalásra. A hulladékgazdálkodási törvény rendelkezése alapján a hulladékkezelési tevékenységek közé a következők tartoznak: a hulladék gyűjtése, begyűjtése, szállítása, előkezelése, tárolása, hasznosítása, ártalmatlanítása.

9.3.2 Hulladék gyűjtés, tárolás

Gyűjtésnek nevezik a hulladékok rendezett, különálló, vagy vegyes frakciókban történő összeszedését, további kezelésre való elszállítás céljából. Gyűjtésnek minősül például a hulladékudvarokba történő beszállított hulladék megfelelő helyen történő tárolása is. A gyűjtés a telephelyre beszállított hulladék elhelyezés vagy további ártalmatlanítás céljából valósul meg, míg a begyűjtés a hulladék szállító vállalkozás adott gyűjtőútvonalon való haladásával ártalmatlanítás céljából megvalósuló tevékenységet jelenti.

A gyűjtés eszközei lehetnek a kereskedelemben kapható szabványos típusedények, egyedi gyártású, kifejezetten az adott üzem számára gyártott edények, valamint eredeti rendeltetésükre többé nem alkalmazott, újrahasználatba vett csomagolóeszközök (pl. fémhordó). A kereskedelemben kínált termékskála nagyon széles, a típusedények sokféle igény kielégítésére alkalmasak.

Eszerint megkülönböztethetőek munkahelyi és üzemi gyűjtéshez használatos edények, folyékony és szilárd hulladék gyűjtésére alkalmas edények, veszélyes és nem veszélyes hulladék gyűjtésére alkalmas edények, de természetesen az adott üzem szempontjából fontosnak ítélt más szempontok is szerepet játszhatnak. Az egyedi gyártású gyűjtőedények kialakításának csupán a fantázia szab határt, de a technológiai igényen kívül figyelembe kell venni a munkavédelmi, egészségügyi, környezetvédelmi, tűzvédelmi és ergonómiai szempontokat is.

9.3.2.1 Szilárd hulladékok gyűjtése

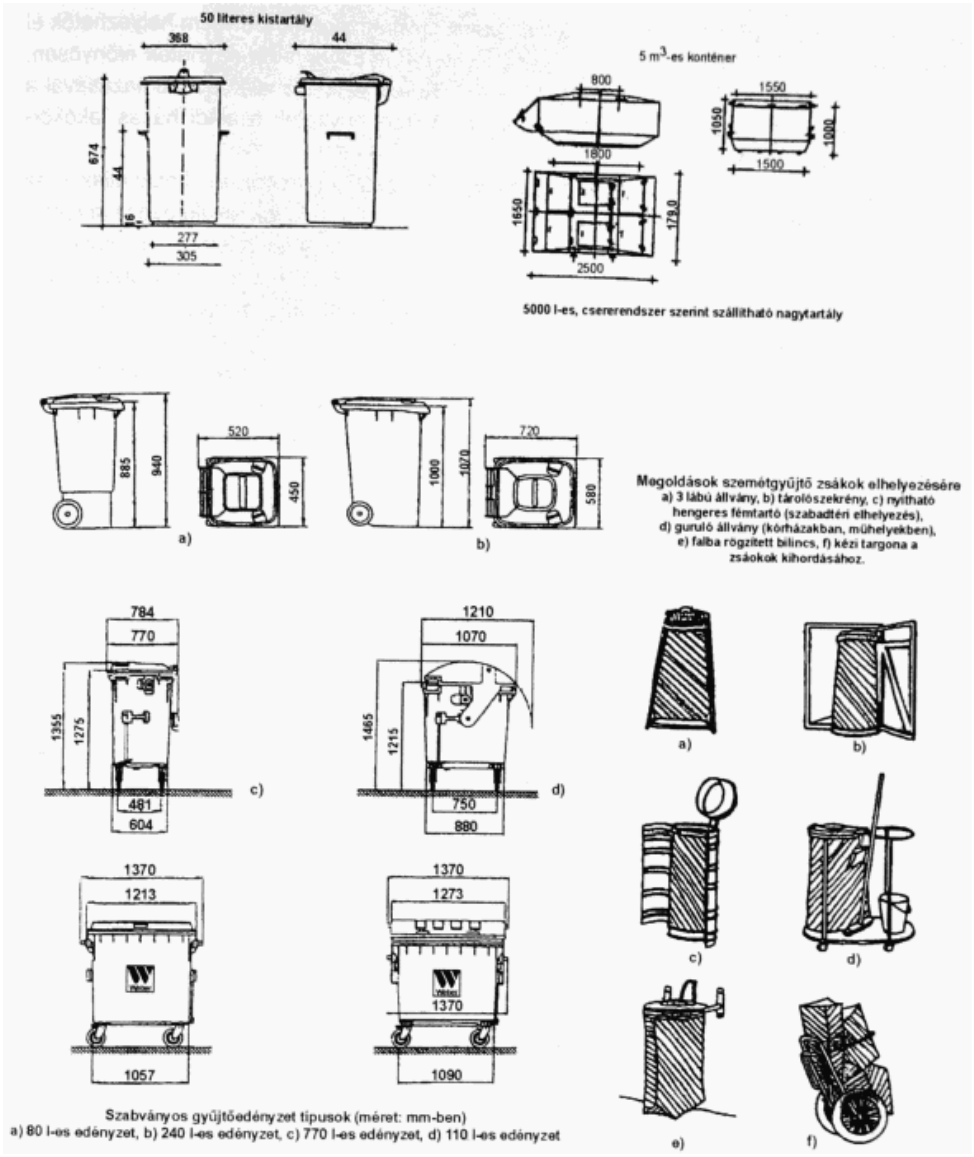
A leggyakrabban használt gyűjtőedényeket térfogatuk, elsődleges céljuk és a begyűjtésben betöltött szerepük figyelembevételével az alábbiak szerint lehet csoportosítani. A munkahelyi és üzemi gyűjtőhely fogalma általánosságban kerül használatra, nem csupán a veszélyes hulladékok keletkezési és gyűjtési helyére vonatkozóan. Munkahelyi gyűjtőhely az a területet, ahol a keletkezett hulladék a dolgozók személyes közreműködésével kerül gyűjtésre.

A kis térfogatú, munkahelyi gyűjtőedények legfőbb jellemzője az, hogy töltésük és ürítésük egyaránt kézi erővel történik. A kézi mozgatás lehetősége nagymértékben függ az adott hulladék fajsúlyától, így a gyűjtőedény méretének megválasztása során tekintettel kell lenni a kézi mozgatást szabályozó munkavédelmi előírásokra. A kis térfogatú gyűjtőedények méretei általában a néhány deciliter űrtartalomtól a 70-90 liter űrtartalomig terjednek. Külön meg kell említeni a zsákos gyűjtést szolgáló hulladékgyűjtő zsáktartó állványt, amely különböző méretű műanyag zsákok tartására alkalmas, a zsákos gyűjtés megkönnyítése érdekében.

A közepes térfogatú gyűjtőedények jellemzője, hogy ürítésük egy emelő-billentő (vagy borító) szerkezet segítségével történik gyűjtőjárműbe, vagy cserefelépítménybe (pl. tömörítő konténerbe). Alkalmazásuk munkahelyi és üzemi gyűjtésre egyaránt megfelel. A közepes

méretű típusedények olyan gyűjtőedények, amelyek kerék nélkül, vagy kétkerekű kivitelben készülnek. Emellett használatosak még a négy kerekes kivitelben készülő nagy űrtartalmú speciális gyűjtőedények.

A nagy térfogatú hulladékgyűjtő olyan cserefelépítmény, amely a közúti járművekről a jármű rakfelületén lévő berendezéssel saját támasztóelemeire (lábak, fenéklemez, hossz- vagy keresztgerendák, görgők, talpak stb.) lerakható, illetve járműre visszarakható. A cserefelépítmények a szilárdság szempontjából csak szárazföldi szállítást tesznek lehetővé. A nagy térfogatú hulladékgyűjtő edények általában a begyűjtés eszközei is egyben, sőt, egyes típusok az üzemi gyűjtésen, a begyűjtésen és a szállításon túlmenően, már a hulladék előkezeléséhez tartozó tevékenységek elvégzésére is alkalmasak (**40. ábra**).



40. ábra: Átmeneti gyűjtők sematikus rajza, méretezéssel

9.3.2.2 Folyékony hulladékok gyűjtése

Általánosságban elmondható, hogy ha egy folyékony hulladék gyűjtésre kerül, akkor az azért történik, mert bizonyos határértékek túllépése miatt, tehát veszélyességének köszönhetően nem bocsátható szennyvízcsatornába, vagy olyan helyen keletkezik, ahol nincs csatornázottság. A szennyvízcsatornába bocsátható folyékony hulladékok gyűjtésére nincs szükség, a csővezetékes szállítórendszer a keletkező mennyiséget folyamatosan szállítja a szennyvízkezelő telephelyére. Jogszabály szerint a csatornába bocsátott szennyvíz nem hulladéknak, hanem szennyvíznek minősül. Ebből következik, hogy általában a gyűjtésre kerülő folyékony hulladékok veszélyesek, így a teljes hulladékgazdálkodási tevékenységet a veszélyes hulladékok kezelésére vonatkozó rendelet előírása szerint kell végezni. Általában föld alatti tartályokban, vagy betonkádakban gyűjtik, és a hagyományos szippantós kocsival szállítják el.

9.3.3 Hulladék begyűjtés, szállítás

A begyűjtés és szállítás fogalmai megkülönböztetésének mindössze jogi értelme van, a gyakorlati megvalósítás szempontjából azonban egységes folyamatnak kell tekinteni őket. Begyűjtés alatt a hulladék termelőjétől vagy más birtokosától történő összegyűjtés és átvétel értendő, amely a további hasznosítás vagy ártalmatlanítás céljából valósul meg. A begyűjtés minden esetben szállításhoz kötött, függetlenül attól, hogy a hulladék átvétele a termelő vagy más birtokos telephelyén, vagy az átvevőnél történik-e. A begyűjtés folyamatába a hatályos jogszabály alapján beletartozik a begyűjtő telephelyén történő válogatás is. A gyűjtést követően a hulladék begyűjtése a következő módszerekkel történhet:

- ürítéssel gyűjtőjármű fogadótartályába,
- ürítéssel cserefelépítménybe,
- cserekonténer alkalmazásával,
- kombinált vagy kétütemű módszerrel,
- küldeménydarabos begyűjtéssel,
- csővezetékes elvezetéssel.

Ürítéses begyűjtésről van szó, ha az adott gyűjtőedényt a gyűjtés helyszínén, vagy közvetlen környezetében a begyűjtő szállítóeszköz felépítményébe ürítik. Cserekonténer alkalmazása

esetén a hulladékot tartalmazó konténert üresre cserélik, majd elszállítják. Kombinált, vagy kétütemű módszer az, ha a munkahelyi gyűjtőhelyen a tele konténert üresre cserélik, majd ezt követően az üzemi gyűjtőhelyre szállítva cserefelépítménybe ürítik. A cserefelépítmény telítődését követően megtörténik az elszállítás.

A gyűjtőhelyen a telítődés szempontjából meg lehet különböztetni szakaszos és folyamatos telítődést. Folyamatos telítődés esetén az ürítés, illetve a csere ideje alatt a gyűjtést biztosítani kell, amelyet legalább két gyűjtőedényes, váltó berakással lehet megvalósítani. A váltó berakás lényege, hogy amíg a tele gyűjtőedényt eltávolítják, addig a berakó berendezés egy második gyűjtőedénybe tölti a hulladékot.

Szilárd hulladék esetén a szakirodalom megkülönbözteti a fél-pormentes és a pormentes ürítéses módszert, mára azonban az előbbi elavulttá vált, így csak a pormentes begyűjtésről van értelme beszélni. A pormentes ürítés zárt rendszerben zajlik, amelynek lényege, hogy a fogadó garat kialakítása meggátolja a képződő por kiszabadulását a légtérbe.

Folyékony hulladékok ürítéses begyűjtése történhet szippantással vagy átfejtéssel. Szippantáskor a tartályos szállítóeszköz vákuum szivattyúval üríti a gyűjtőedényt. Átfejtésről lehet beszélni akkor, ha külső szivattyú, vagy gravitációs hatás segítségével történik a gyűjtőtartály tartalmának kiürítése a szállítóeszközbe. Küldeménydarabos a begyűjtés, ha a folyadék gyűjtése olyan csomagolóeszközben történik, amely a későbbiekben a küldeménydarabos szállítást lehetővé teszi (pl. hordó, kanna, ballon).

Az újrahasznosítható hulladékok áramlása a világpiacon mára az elsődleges nyersanyagok áramlásához hasonló, így a közúti, vasúti és vízi szállítás egyaránt szerepet játszik. A magyarországi üzemi hulladékgazdálkodásban azonban az elsődleges szállítás jellemzően közúton zajlik.

Hulladékgyűjtő felépítmények: A hulladékgyűjtő járműfelépítmények préssel és emelő-billentő szerkezettel ellátott tartályok, amelyek a pormentes hulladékgyűjtés megvalósítását szolgálják. A berendezés menet közben is képes a hulladékot préselni, növelve ezáltal a tevékenység hatékonyságát. A hagyományos típusú, hátsó ürítésű felépítmény a járművezető mellett egy kisegítő személy jelenlétét is szükségessé teszi, a legújabb modellek azonban egyszemélyes, fülkéből működtetett, homlok oldali ürítést tesznek lehetővé. Ilyenkor a felemelt konténert a felépítmény a jármű vezetőfülkéjén átemeli, tartalmát a tartályba önti, majd visszahelyezi a talajra.

Tartányjármű felépítmény: A tartányjármű a folyadékok, gáz halmazállapotú, porszerű vagy szemcsés anyagok szállítására használt, egy vagy több rögzített tartánnyal felszerelt jármű.

Hulladék szállítására szolgáló, **vákuummal üzemelő tartány**: Olyan rögzített tartány, leszerelhető tartány, tankkonténer vagy tartányos cserefelépítmény, amelyet elsődlegesen veszélyes hulladékok szállítására használnak.

Speciális felépítmények: A speciális felépítmények egyedi kialakítású célgépek, amelyek speciális gyűjtési és szállítási feladatokat látnak el. Használatuk Magyarországon még ritka, egyedi kivitelezésük miatt drága eszközök.

Veszélyes hulladékok szállítása: Mivel a veszélyes hulladékok közúti szállítása az ADR, azaz a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás szerint zajlik. Az egyezmény 1957-ben Genfben jött létre, amelyhez Magyarország 1979-ben csatlakozott, majd az 1979. évi 19. törvényerejű rendelettel azt a magyar jogrendbe ültette. Az ADR előírásait a technikai haladásnak megfelelően folyamatosan fejlesztik. A módosítások és kiegészítések 2 évenként lépnek hatályba.

A veszélyes hulladékok szállításának kockázatát sokan hajlamosak alábecsülni, pedig nincs olyan veszélyes hulladék, amely az élő anyagra és a környezetre nézve minden tekintetben teljesen veszélytelen lenne. A környezetvédelem elővigyázatossági elvét szem előtt tartva, minden ismeretlen, nem tisztázott eredetű vagy egyértelműen nem azonosítható hulladékot veszélyesnek, a szállítás során veszélyes árunak, erősen mérgezőnek, tűz- és robbanásveszélyesnek kell tekinteni mindaddig, amíg az arra illetékes szakértő nem azonosítja.

Ahogyan az eddigiekből kitűnik, a gyűjtés – begyűjtés − szállítás tevékenységek egymásba fonódva alkotnak egységes folyamatot, amelyben a tevékenységek visszafelé határozzák meg egymást. A szállítás eszközei meghatározzák a begyűjtés lehetőségeit, a begyűjtés eszközei meghatározzák a gyűjtés lehetőségeit. A hulladékgazdálkodási koncepció értelmében egy-egy gyártási technológia tervezése során nélkülözhetetlen a környezetvédelmi szakember bevonása. A nem megfelelő eszközök alkalmazása a hulladékok eltávolításában súlyos költségtöbbletet eredményezhet, a rendszer utólagos módosításnak pedig úgyszintén nem tervezett költség az ára.

9.3.4 Hulladék előkezelés

Az előkezelés fázisába tartoznak a hulladék begyűjtését, tárolását, hasznosítását, illetve ártalmatlanítását elősegítő, azok biztonságát növelő, a környezetterhelést csökkentő tevékenységek, amelyek a hulladék fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságainak megváltoztatásával járnak.
Annak alapján, hogy a hulladék mely tulajdonságának a megváltoztatása a cél, meg lehet különböztetni fizikai, kémiai és biológiai előkezelést.

9.3.4.1 Fizikai előkezelés eljárásai

A fizikai előkezelés során a hulladék fizikai tulajdonságait olyan irányba változtatják meg, hogy a további kezelés lehetővé váljon a hasznosítás vagy ártalmatlanítás érdekében. A fizikai előkezelés eljárásai a következők:
Tömörítés: A tömörítés célja, a laza állapotú hulladék térfogatának csökkentése a gazdaságos szállítás, vagy a hulladék további feldolgozásra történő előkészítése érdekében. A hulladékok begyűjtésénél említett telepített vagy mobil tömörítőgépek olyan cserefelépítmények, amelyek a gazdaságos szállítás érdekében már a gyűjtés során lehetővé teszik a hulladék térfogatának csökkentését. A telepített tömörítő berendezés egy, a talajhoz rögzített présfejből és a hozzá csatlakoztatott konténerből (konténerekből) áll, amely a telítődést követően a présfejről leoldva elszállításra kerül. A mobil préstartály egy présfej és egy tartály összeépített egysége, amely megbontás nélkül kerül elszállításra. Előnye, hogy a tartály és a présfej folytonossági hiány nélkül csatlakozik, így alkalmas veszélyes, vagy nedves hulladékok cseppmentes tömörítésére és szállítására. Hátránya a viszonylag nehéz présfej (2-3 tonna) szállításának kényszerűsége, amely a szállítható hasznos teher csökkenését eredményezi.
A tömörítés történhet továbbá bálázással, brikettálással, valamint darabosítással. A tömörítés eszközei a vízszintes és függőleges bálázógépek, a brikettálógépek, a darabosítást szolgáló agglomeráló és regranuláló berendezések.
Aprítás: Az aprítás célja a hulladék darab- vagy szemcseméretének a csökkentése, a további kezelés érdekében. Az aprítás mechanikai energia igénybevételével zajlik, amely nyomás, nyírás, ütés, vágás, vagy feszítés formájában módosítja a hulladék fizikai jellemzőit. Az aprítás eszközei a vágó és őrlő malmok, ollók, törők.

Rostálás: A rostálás célja a különböző méretű anyagok szétválasztása, amely méret szerinti osztályozás, szétválasztás, vagy idegenanyag eltávolítás céljából valósul meg. A rosta készülhet perforált lemezből, drótszövetből, vagy fémpálcából. A hulladékgazdálkodásban többnyire a dobrostát és a vibrációs rostát használják. A rostálás gyakran az aprítás részeként is megjelenik, amikor célja az aprítandó anyag aprításban való tartása mindaddig, amíg az a rosta áteresztő méretét el nem éri.

Mosás: A mosás célja a hulladék felületi szennyeződéseinek eltávolítása. Az eljárás három lépésből áll: áztatás, szétválasztás és elkülönítés. Az áztatás során fellazul a szennyeződés. A szétválasztás során a szennyeződés leválik a hulladék felszínéről. Ezt követően a megtisztított hulladékot el kell különíteni a levált szennyeződéstől. A mosás mindig további ráfordítással jár, mert az elhasználódott mosófolyadékot tisztítani, ártalmatlanítani kell.

Fázisszétválasztás: A fázisszétválasztás célja a többfázisú hulladékok (pl. emulziók, iszapok, zagyok) összetevőinek különböző fizikai tulajdonságai alapján történő szétválasztása. A szétválasztás során az egyes komponensek aránya, veszélyessége és térfogata megváltozik, így az anyag a további hasznosítás vagy ártalmatlanítás szempontjából kedvezőbb állapotba kerül. Fázisszétválasztás a következő eljárásokkal történhet: ülepítés, desztilláció, adhézió, flotáció, ultraszűrés, fordított ozmózis, kisózás, savas bontás, flokkulálás.

Komponens-szétválasztás: A komponens-szétválasztás egyfázisú, több összetevőjű hulladékok veszélyes anyagának kinyerése, elválasztása, a további hasznosítás vagy ártalmatlanítás céljából. A komponens-szétválasztás módszereit szilárd és folyékony hulladékok esetében egyaránt alkalmazzák. Folyékony hulladékok esetében a komponens-szétválasztás a következő eljárásokkal történhet: szerves oldószeres extrakció, ioncsere, membrános eljárások (ultraszűrés, fordított ozmózis), desztillálás. Szilárd hulladékok esetében a komponens-szétválasztás az összetevők elektromos, mágneses, szemcseméret, szín, sűrűség vagy felületi nedvesíthetőség tulajdonságai alapján történik. A következő eljárásokat alkalmazzák: légáramos osztályozás, nehézközegű elválasztás, optikai szeparálás.

Beágyazás: A beágyazás célja a hulladék veszélyes komponenseinek stabilizálása, a hulladék szilárdítása, majd védőburokba (kapszulába) történő beágyazása a környezettől való elzárás érdekében. Azt is lehetne mondani, hogy a beágyazás a hulladék átmeneti ártalmatlanná tétele, a későbbiekben azonban további kezelést igényel.

9.3.4.2 Kémiai előkezelés

A kémiai előkezelés a hulladékban lévő veszélyes komponenseket olyan kémiai reakcióknak veti alá, amelyek során megváltozik az adott összetevő anyagi szerkezete. Egyes esetekben az eljárás nem csupán előkezelés, hanem hasznosítás vagy ártalmatlanítás is egyben. A kémiai előkezelési eljárásai az alábbiak:

Semlegesítés: A semlegesítés célja a lúgos vagy savas kémhatás semleges vagy azt megközelítő értékűvé tétele. A semlegesítés a kétféle kémhatású hulladékok keverésével, vagy/és vegyszer hozzáadásával történik. Az eljárás többnyire a tisztítási folyamatok részeleme.

Csapadékos leválasztás: A csapadékos leválasztás célja a szennyvízben található, vízoldható veszélyes összetevők kicsapatása, vízoldhatatlanná tétele. Az eljárás vegyszer hozzáadásával, illetve az oldat összetételének megváltoztatásával történhet.

Hidrolízis: A hidrolízis célja víz hatására egy vegyületből két új vegyület képzése, a mérgező komponensek kevésbé mérgező vagy ártalmatlan anyaggá való alakításával. Az így képződő vegyületek erősen savas vagy lúgos kémhatásúak, így további kezelésre kerülnek (semlegesítés). A hidrolízissel leggyakrabban kezelt vegyületek: cianidok, cianátok, halogenidek és karbidok. A hidrolízis során lejátszódó kémiai reakciók hevesek, robbanásszerűek, ezért a technológiai berendezést robbanás biztos betonépületben kell elhelyezni.

9.3.4.3 Biológiai előkezelés

A biológiai előkezelés a hulladék veszélyes komponenseinek biológiai úton történő eltávolítására szolgál. Módozatai a következők:

Komposztálás: A komposztálás célja a szerves anyagokat tartalmazó hulladékok mikroorganizmusok által történő aerob (oxigén jelenlétében zajló) lebontása, a megfelelő környezeti feltételek megteremtése mellett. A komposztálás során a hulladék szervetlen ásványi és stabil szerves anyagokká bomlik, azaz komposzttá alakul. A komposztálás során a hulladék tartósan 50-70 °C hőmérsékletre emelkedik, így a patogén (emberre káros) kórokozók nagyrészt elpusztulnak. A komposzt, mint az eljárás végterméke, a benne rejlő tápanyagnak köszönhetően talajjavítóként hasznosítható. A komposztálás a mezőgazdasági (bio-) gazdálkodás elengedhetetlen tápanyaga. A technológia könnyű szabályozhatóságának

köszönhetően a komposzt minőségét az igényekhez lehet alakítani (friss, érett, komposztföld).

Enzimes fermentáció: A hulladékgazdálkodásban alkalmazott enzimes fermentáció célja a hulladékban rejlő, komplex szerves anyagok (zsírok, fehérjék) lebontása, mikroorganizmusok által termelt enzimek hatására. Az eljárás elsősorban a mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok hasznosításában alkalmazható.

Biogáz-előállítás: A biogáz-előállítás jelentősége napjainkban az alternatív energia előállításban nagyobb, mint a hulladékkezelésben, ezért ez az energiagazdálkodást bemutató fejezetben kerül tárgyalásra.

Külön fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a biológiailag lebomló szerves anyagok lebontása, felhasználhatóvá tétele a hatályos jogszabályok értelmében már önmagában hasznosításnak minősül!

9.3.5 Hulladékkezelés lehetőségei

A hulladék kezelés célja lehet hasznosítás és ártalmatlanítás, és ennek megfelelően alkalmazzák az egyes lehetőségeket. A két cél leginkább az égetés esetén választható el, pl. kórházi veszélyes, fertőző hulladék ártalmatlanítása célszerűen égetéssel történik, de műanyag hulladékok égetése nagy energiatartalmuk hasznosítása miatt történhet. A prioritási sorrend azért szükséges, mert ha adott hulladék kezelését környezetvédelmi, technológiai, hulladékképződési szempontból lehetővé teszi magasabb prioritási célok alkalmazását, akkor azt kell alkalmazni a kevesebb hulladék keletkezése érdekében. Erről a hazai hulladékgazdálkodási törvény is rendelkezik.

9.3.5.1 Megelőzés

A hulladék keletkezésének megelőzése, mennyiségének csökkentése és a legalacsonyabb szinten tartása a hulladékgazdálkodás elsődleges eszköze. A megelőzés egyik leglényegesebb eleme olyan termelés, feldolgozási, szolgáltatási és fogyasztási technológiák, ill. szokások bevezetése és alkalmazása, amelyek során kevesebb és a környezetre kevésbé ártalmas hulladék keletkezik. Minimális hulladékképződéssel járó technológiákat – a hiányzó anyagi eszközök miatt – nem lehet rövid idő alatt és tömegesen bevezetni. Az viszont teljesíthető igény, hogy a hagyományos, a különösen nagy

mennyiségű, és esetleg veszélyes hulladék keletkezésével járó technológiák hulladéktermelését csökkentsék. Az anyag- és energiatakarékos, hulladékszegény, környezetkímélő, környezetbarát technológiák kerüljenek előtérbe ill. váljanak uralkodóvá. A gyakran alkalmazott „hulladékszegény" jelző arra utal, hogy az adott termék előállításánál alkalmazott technológiához képest olyan gyártási módokat, eljárásokat kell alkalmaznunk, amelyek kevesebb hulladék keletkezésével járnak együtt. Tehát, csak összehasonlítás alapján dönthető el, hogy az adott technológia hulladékban szegényebb, mint a másik. Mindebből az is következik, hogy bármelyik technológia – kellő hozzáértéssel – hulladékszegénnyé tehető. Arra azonban ügyelni kell, hogy a hulladékban szegényebb technológia is feltétlenül jövedelmező legyen.

9.3.5.2 Újrahasználat

A hulladékká vált terméknek az eredeti célra történő ismételt felhasználása, a többször felhasználható, újra tölthető termék a forgási ciklusból történő kilépésekor válik hulladékká. Legjobb példa a sörösüveg újratöltése, ezáltal újrahsználata. Felmerül kérdésként az esztétikai szempont, mely nem engedi a végtelenszer történő újrahasználatot, igaz pl. az üveg jó kopásállósága lehetővé tenné.

9.3.5.3 Újrahasznosítás

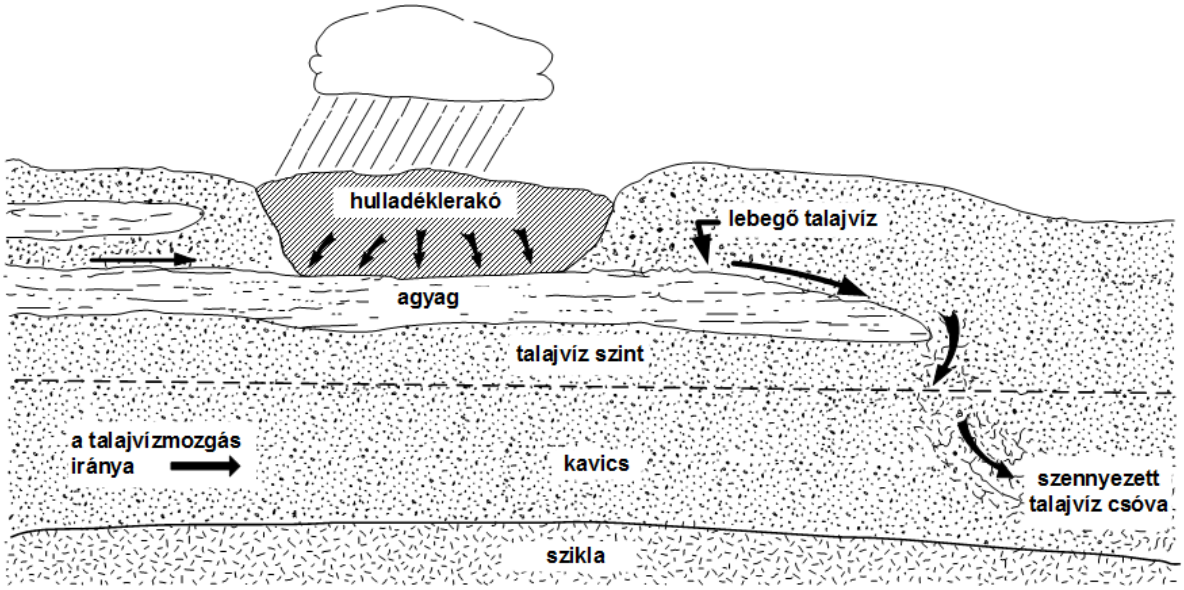
Maradva a fenti definíciónál, a hulladékká vált terméknek anyagában történő, akár többszöri felhasználását jelenti. A termelő iparágak a megfelelően előkészített hulladékot másodnyersanyagként újra feldolgozzák, hiszen ami a gazdaság egyik szereplőjének hulladék, egy másik szereplőnek fontos alapanyag lehet. Az anyagában történő hulladékhasznosítók közül a legfontosabbak a papírgyárak, a fémfeldolgozók, a bútorlap gyártók, a műanyag feldolgozók, az üveggyárak, a mezőgazdasági üzemek, valamint az építőipar és vegyipar egyes szereplői. Az újrahasznosítás lehetővé teszi, hogy anyagukat új termék előállítására alkalmazzák, megkímélve ezzel a primer nyersanyagok előállítását és a hulladék képződését is.

9.3.5.4 Égetés

Az égetés egy anyag éghető elemeinek a levegő oxigénjével történő kémiai megkötése (oxidáció). A folyamat során hő képződik, amely hasznosítható. Más szavakkal fogalmazva a hulladékégetés, mint hasznosítási eljárás célja, a hulladékban rejlő energia kinyerése termikus hasznosítás céljából. Az égetés egy exoterm folyamat, amelynek során a hulladék szerves-anyag tartalma gázokká és vízzé ég el, majd füstgáz formájában távozik a tűztérből. Az éghetetlen szervetlen anyagok salak és pernye formájában, szilárd halmazállapotban hagyják el a rendszert. A távozó anyagok minőségét a bemenő (input hulladék) anyagok összetétele, valamint az égetés feltételei (hőmérséklet, áramlási viszonyok, tartózkodási idő, légfelesleg stb.) együttesen határozzák meg.

9.3.5.5 Lerakás

A hulladéklerakás nem véletlenül a legvégső hulladékgazdálkdási eszköz, melyhez nyúlhatunk. Rendezett lerakás esetén a hulladékot úgy helyezzük el a földben vagy a föld felszínén, hogy kizárjuk vagy minimálisra csökkentsük a szennyezés valószínűségét (**41. ábra**).



41. ábra: Hulladéklerakó általános felépítése

Regionális lerakónak a több települést kiszolgáló lerakót hívjuk. Előnye, hogy kihasználható a lerakásnak az a tulajdonsága, hogy a méret növelésével az alkalmazandó technológiák (szigetelés, csurgalékvíz-kezelés, stb.) fajlagosan olcsóbbá válnak, azaz a lerakás határköltsége a lerakott hulladék mennyiség-növekedésével csökken. E méretgazdaságossági hatásnak a szállítás egyre növekvő határköltsége, és szennyezése szab határt.

A hulladéklerakás környezeti kockázatai a nem megfelelő szigeteléssel ellátott, esetleg illegális lerakók esetén óriási lehet. A lerakó hatással van a talajra, a felszín alatti vizekre, levegőre (elsősorban metán és más anaerob úton képződő kellemetlen szagú gáz – merkaptánok – kibocsátásával), közegészségügyi veszélyforrás, a tájkép kedvezőtlen megváltoztatására. A kockázatok ellen megfelelő környezetvédelmi technológiákkal védekezhetünk. A lerakó megfelelő helyének kiválasztásával (a lerakó megfelelő geológiai adottságait biztosítja; kizárja a vizes élőhelyeket, ártereket, stb.), szigeteléssel (a megfelelő környezeti biztonságot szavatolja; anyaga: agyag, geomembrán vagy műanyag fólia), illetéktelenek bejutásának kizárása, napi, heti és végleges takarással, csurgalékvíz-kezeléssel (a lerakóban keletkező vagy kívülről bejutott vizek összegyűjtése, megtisztítása), a lerakógázok (biogáz) összegyűjtésével és elégetésével vagy hőhasznosításával, a környezetminőség folyamatos ellenőrzésével (monitoring), a bezárás utáni tevékenységek végzésével: a végleges takarás kialakításával, valamint karbantartással.

10 Energiagazdálkodás

Dr. Domokos Endre

10.1 Bevezető

Napjainkban számos forrásból hallani, hogy nem megújuló energiaforrásaink (szén, olaj, földgáz, atom) kimerülőben vannak. A becslések adatforrástól függően szélsőséges értékeket adnak meg a várható elfogyásuk időpontjára, de egyben egyet értenek: el fog fogyni. A szakértők jelentős része a megújuló energiaforrásokban (nap, szél, víz és geotermikus energiák különböző formáiban) látja a jövőt. Az alábbi írás áttekinti a lehetőségeinket energiaforrásaink terén és rámutat arra, hogy egy fontos kérdés minden ilyen típusú vizsgálatból kimarad: „Biztos, hogy a jövő a minél több energia felhasználásában van?"

Energiaforrásoknak a természet olyan rendszereit tekintjük, melyekből technikailag hasznosítható energia nyerhető, az adott társadalmi, politikai, műszaki fejlettségi stb. körülmények között.

Az energiaforrásoknak több féle csoportosítása ismert, az eredet szerinti a **42. ábra** látható. E felosztás szellemében két nagy csoportot különítünk el, az elsődleges vagy más néven primer, illetve a másodlagos (szekunder) forrásokat. Az előbbiekhez tartoznak azok az erőforrások, amelyek önnállóan, egyéb forrás bevonása nélkül is képesek lennének energiát szolgáltatni. Közös jellemzőjük, hogy – jelenleg – a nap sugárzó energiáján kívül, nem vagyunk képesek közvetlenül kihasználni őket. Ilyen források:

- a nap sugárzó energiája;
- a hold gravitációs energiája;
- a Föld belső hője (nem összekeverendő a geotermikus energiával, ami már egy másodlagos energiaforrás);
- a Föld rotációs és gravitációs energiái.

A másodlagos (szekunder) energiaforrások csoportjába tartoznak, az elsődleges források átalakításával létrejövők. A másodlagos forrásokat két (napjainkban inkább három) részre osztjuk:

- **Nem megújuló** energiahordozók: közös ismertetőjegyük, hogy az emberiség idő-léptékével nézve nem keletkezik számottevő mértékben új forrás belőle. (Megjegyzés: az atomenergia – uránérc energetikai célú felhasználása – határesetnek számít, azon jellemzője alapján, hogy önállóan, egyéb forrás bevonása nélkül is képesek energiát szolgáltatni az elsődleges források csoportjába sorolná őket, de az a később ismertett helyzet, hogy emberi léptékkel mérve nem áll

rendelkezésre „végtelen” mennyiség belőle egyértelműen a nem megújuló energiahordozók csoportjában jelöli ki a helyét.)

- **Megújuló** energiahordozók: közös jellemzőjük, hogy folyamatosan keletkeznek és az ökológiai rendszer fenntartása során fel is használódnak. (Megjegyzés: a napsugárzás azért nem tartozik e csoportba, mivel nem felel meg a csoport alapkritériumának, miszerint az elsődleges források átalakításával jöttek létre, nem várható a közeljövőben a keletkező energia csökkenése, valamint felhasználása – mai ismereteink szerint – nem jár az ökológia egyensúly megbontásával).
- **Biomassza**: A haramdik csoportot sokáig a megújuló energiaforrások csoportjába sorolták, de egy fontos ismérve miatt a tudomány jelelegi állása szerint már külön csoportot alkot. A biomassza csoportjába sorolt (fotoszintézis útján megkötött energia-; állati- és emberi-) források bár folyamatosan megújulnak, de e folyamat csak addig megújuló, amíg tudatos emberi tervezés van mögötte. (Például az őserdők kiírtása és eltüzelése nem nevezhető megújuló energiaforrás használatnak, míg az energiaerdők nevelése és hasznosítása már igen.)

Ezeknek számos típusa ismert, a táblázat csak a legelterjedtebbeket mutatja be.

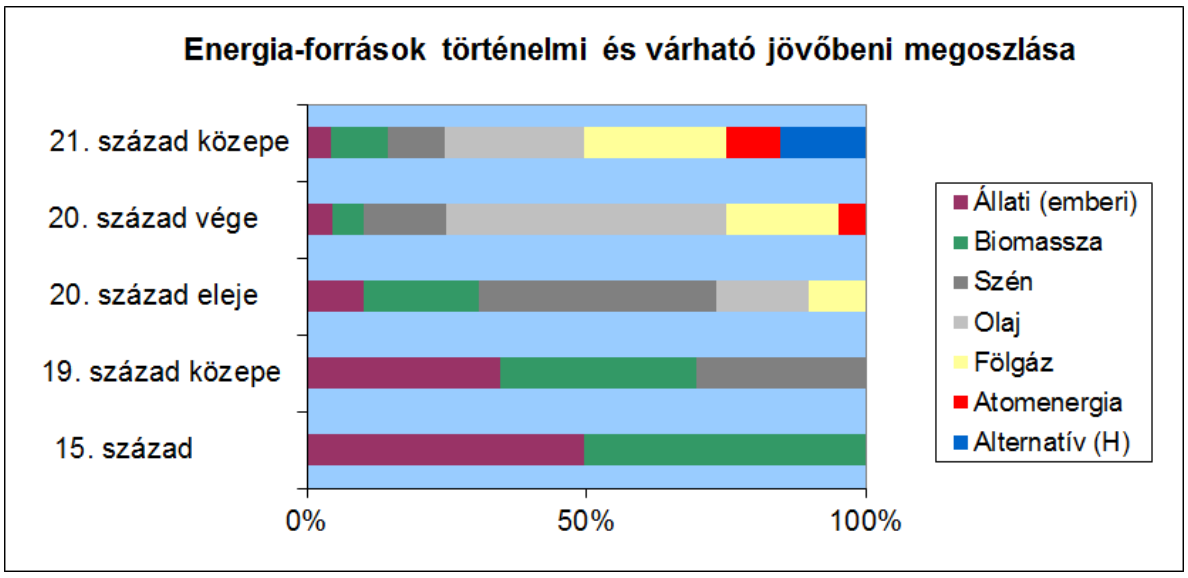
Energiaforrások	Elsődleges (primer) források	Külső források	Nap- és lozmikus sugárzás
			Gravitációs hatások (elsősorban a Holdé)
		Belső források	A Föld belső hője (magenergiája)
			A Föld rotációs és gravitációs energiái
	Másodlagos (szekunder) források	Nem megújuló energiahordozók	Szén
			Olaj
			Földgáz
			Atomenergia
		Biomassza	Fotoszintézis
			Állati energia
		Megújuló energiahordozók	Szél
			Víz és ár-apály
			Geotermikus

42. ábra: Energiaforrások csoportosítása forrás szerint

10.2 CH alapú társadalom kialakulása és várható lehetőségei.

Az emberiség léte mindig az energiától függött, növelnie kellett az élelmiszertermelést, fűtenie az épületeket. Ezt az igényt az ipari forradalom tovább fokozta.

Ha áttekintjük az emberiség energia-történelmét (**43. ábra**) a megújuló energiaforrásoktól való teljes eltávolodást, majd kis mértékű visszatérést figyelhetünk meg. Kezdetben az emberiség energiaigényét tisztán növényi forrásból elégítette ki. A vadon élő állatok háziasítása során több energiaforrásként is hasznosítható élőlényt is kihasznált. A civilizációk kialakulásával párhuzamosan megnőtt az emberi erőforrások használat, de e források viszonylagos dárgasága miatt (egy rabszolga ára mai áron nagyjából egy közepes traktor árának felelne meg, de teljesítménye messze elmarad tőle), nem volt hatékony.



43. ábra: Energia-források történelmi és várható jövőbeni megoszlása

Az első mélyfúrásos eljárást használó olajkutakat i.sz. 200 körül kezdték Kínában alkalmazni, de a kinyert olajat csak világításra, hadászati- és kozmetikai célokra alkalmazták. A változást a nem megújuló energiaforrások hatékony használata jelentette, amit az energia-átalakító rendszerek kifejlesztése (például gőzgép, dinamó) okozott. Kezdetben a legkönyebben hozzáférhető és a világ minden pontján valamilyen mértékben fellelhető szén képezte az energetikai rendszerek alapját.

Ezt a váltást az energiahordozókból egységnyi tömegre vetítve kinyerhető energia mennyisége kényszerítette ki, amit energiasűrűségnek nevezünk. Mivel az energia

felhasználási helye térben egyre távolabb került a kitermelési helyétől, ezért egyre nagyobb szerepet kapott, hogy az elszállított anyag mennyi energiát képviselt. Az energiasűrűségek a **32. táblázat** láthatóak. Értelemszerűen, minél nagyobb ez az érték, annál hatékonyabb az energia szállítása és raktározása.

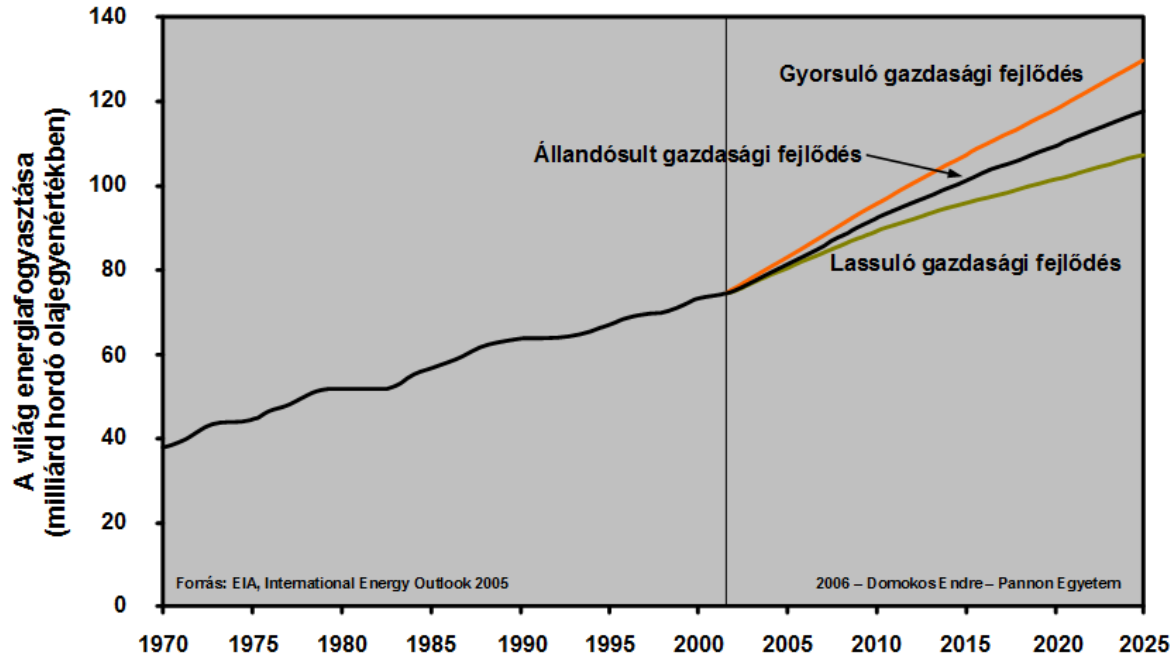
Az ipari forradalom után a világ ipara a nehezen használható szénről a 20. század végére áttért a sokkal kényelmesebben használható olajra és gázra, illetve megjelent az atomenergia is. A 21. század eleje az új energiahordozók keresésének évtizedeit jelenti, valamint a „várakozást" a sokak szerint – erősen tévesen – „mindent megoldó"-nak kikiáltott fúziós energiára.

32. táblázat: Fontosabb energiahordozók fűtőértéke

Fontosabb energiahordozók fűtőértéke	(MJ/kg)
PB gáz	44 – 48
Tüzelőolaj	40 – 42
Földgáz	32 – 38
Antracit	30 – 35
Feketekőszén	20 – 30
Barnaszén	15 – 20
Fa (erősen függ a nedvességtartalomtól)	5 – 20
Lignit	5 – 10
(1 kWó elektromos áram)	(3,6)

Amikor az energiaproblémáról beszélünk, akkor nem csak a jelenleg rendelkezésre álló nem megújuló energiaforrások mennyiségének csökkenéséről, hanem az emberiség egyre fokozódó energiaigényéről is szólni kell. Az energiafogyasztás növekedésének fő hajtóereje a gazdasági és népesség-növekedés. A **44. ábra** három lehetséges jövőkép (a jelenlegi ütemben-, a jelenleginél gyorsabban és a jelenleginél valamivel enyhébb ütemben növő világ-gazdaság) esetén a 2002-es energatikai adatok alapján vázolja fel a lehetőségeket. Kiszámítható, hogy 1970-ben 39 milliárd hordó-egyenérték (HE, átváltásokat lásd a **33.** táblázatés

34. táblázat) energia fogyott – ami egy főre vetítve körülbelül 10 HE energiafogyasztást jelent – míg 2006-ban 81 milliárd HE – ami 12 HE/fő fogyasztást jelent. Az adatokból jól látszik, hogy nemcsak a népesség, hanem az egy főre vetített energiafogyasztás is növekszik, ami egymást erősítő hatásként jut érvényre. A későbbi fejezetekben bemutatásra kerül, hogy ez miért is jelent gondot már a jelen generáció számára is.



44. ábra: A világ energiafogyasztásának alakulása 1970-2025

33. táblázat: Nemzetközileg használt kőolaj mértékegységek átváltása

Olaj	Tonna (metrikus)	Kiloliter	Hordó	Gallon (US)
Tonna (metrikus)	1	1,165	7,33	307,86
Kiloliter	0,8581	1	6,2898	264,17
Hordó	0,1364	0,159	1	42
Gallon (US)	0,00325	0,0038	0,0238	1

34. táblázat: Egy tonna és egy hordó kőolaj-egyenértéknek megfelelő egyéb mennyiségek

		1 t kőolaj-egyen-értéknek megfelel	1 HE-nek megfelel
Hőmennyiség	KCal	10 millió	1,364 millió
	GJ	42	5,7288
	Btu (British Thermal Unit)	40 millió	5,456
Egyéb tüzelőanyagban	fekete kőszén	1,5 t	0,2 t
	lignit	3,0 t lignit	0,4 t
	keményfa	2,3 t keményfa	0,3 t
	LNG (cseppfolyósított földgáz)	0,8 t	0,1 t
Elektromosság	MWó	12	1,63

10.2.1 Nem megújuló energiaforrások várható jövője

Számos híradást lehetett az elmúlt években megismerni, ami a közeljövőben kifogyó kőolaj- és egyéb készletekről szóltak. E hírek jellemzően néhány évtől néhány évtizedik becsülték a kőolaj-készletek „elfogyásának” várható időpontját. Az alábbiakban áttekintésre kerül, hogy a hivatalos iparági adatok alapján mit várhatunk különböző energiaforrások tekintetében.

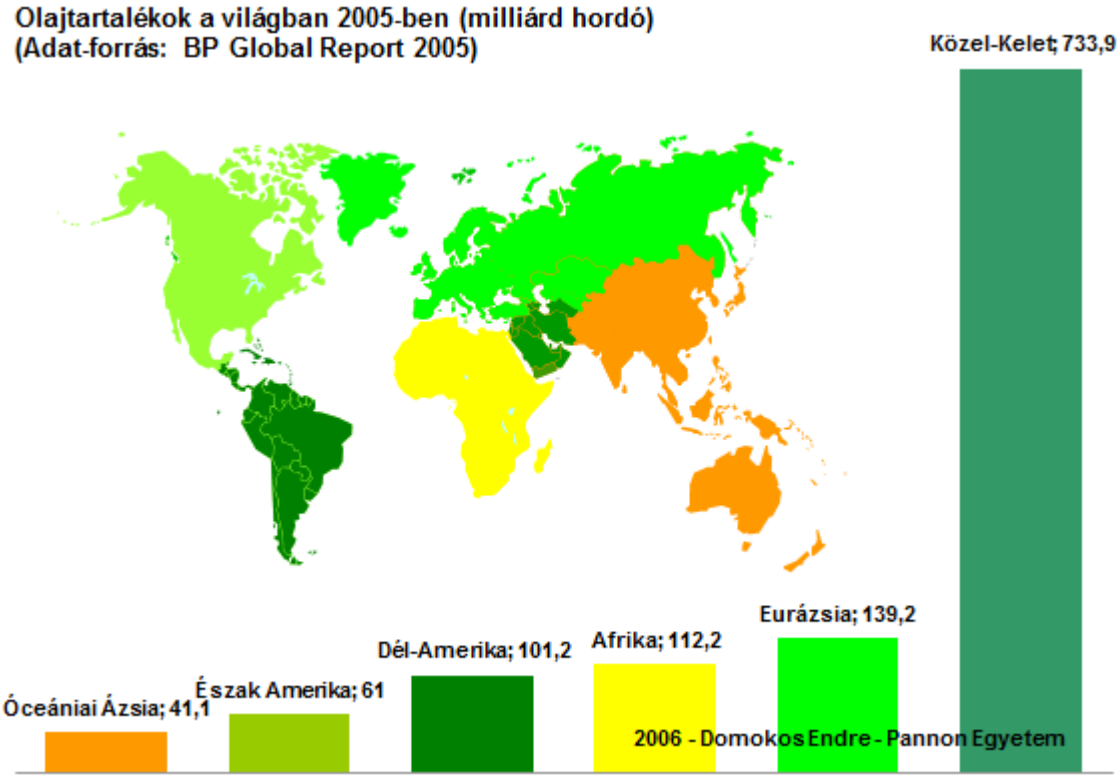
10.2.1.1 Kőolaj

A Kőolaj várható jövője

A kőolaj napjaink meghatározó anyaga, nemcsak energia-hordozóként hasznosítjuk, hanem a feldolgozóipar is számos mindennapi használati tárgyat állít elő belőle. Felhasználásának aránya az energia-hordozók csoportján belül várhatóan még legalább 2015-ig nőni fog, köszönhetően a gépjárművek számának növekedesének és a műanyagipar fejlődésének.

A kőolajkészletek a Földön rendkívül egyenlőtlenül találhatók meg (**45. ábra**), a Közel-keleten található készlet több, mint a világ többi részén található összesen. Ahhoz, hogy megérthető legyen, a fent említett hírek miért szólnak ennyire eltérő adatokról, pár szóban ismerni kell az energia-hordozók mennyiségére vonatkozó becslések alapjait. (Megjegyzés:

Az itt leírtak, nem csak a kőolaj, hanem gyakorlatilag minden nyersanyagra igazak a gyémánttól a földgázig.)



45. ábra: Kőolajkészletek a világban (2005)

A kőolaj- és egyéb kitermelő cégek folyamatosan kutatnak a világban új nyersanyagforrások után, hogy a meglévő telepeik kiemerülése után legyen hol folytatni a termelést. E cégek általában kitermelési jogok (koncessziók) révén jutnak nyersanyaghoz. Az első ilyen megállapodásokat a XIX. század második felében a Royal Dutch Company (később Royal Dutch Shell) kötötte a mai Indonézia területén. A koncessziós megállapodások őspéldáját az Iraq Petroleum Company (IPC) 1925-ös koncessziója szolgáltatta. Az 1920-as évek végére a közép-keleti, távol-keleti, észak-afrikai és latin-amerikai olajfeltárások és kitermelések jogát az ún. Hét Nővér, vagy más néven "az óriások" (Exxon, Mobil, Gulf Oil Corporation, Texaco, Socal, BP, Shell) tartották a markukban. A tengeri kitermelésre adott olajkoncessziók az 1930-as években indulnak el: Szaúd-Arábia és Kuvait felségvizein, a partoknál. A koncessziónak három generációját különböztetjük meg:

- Első generációs szerződések:

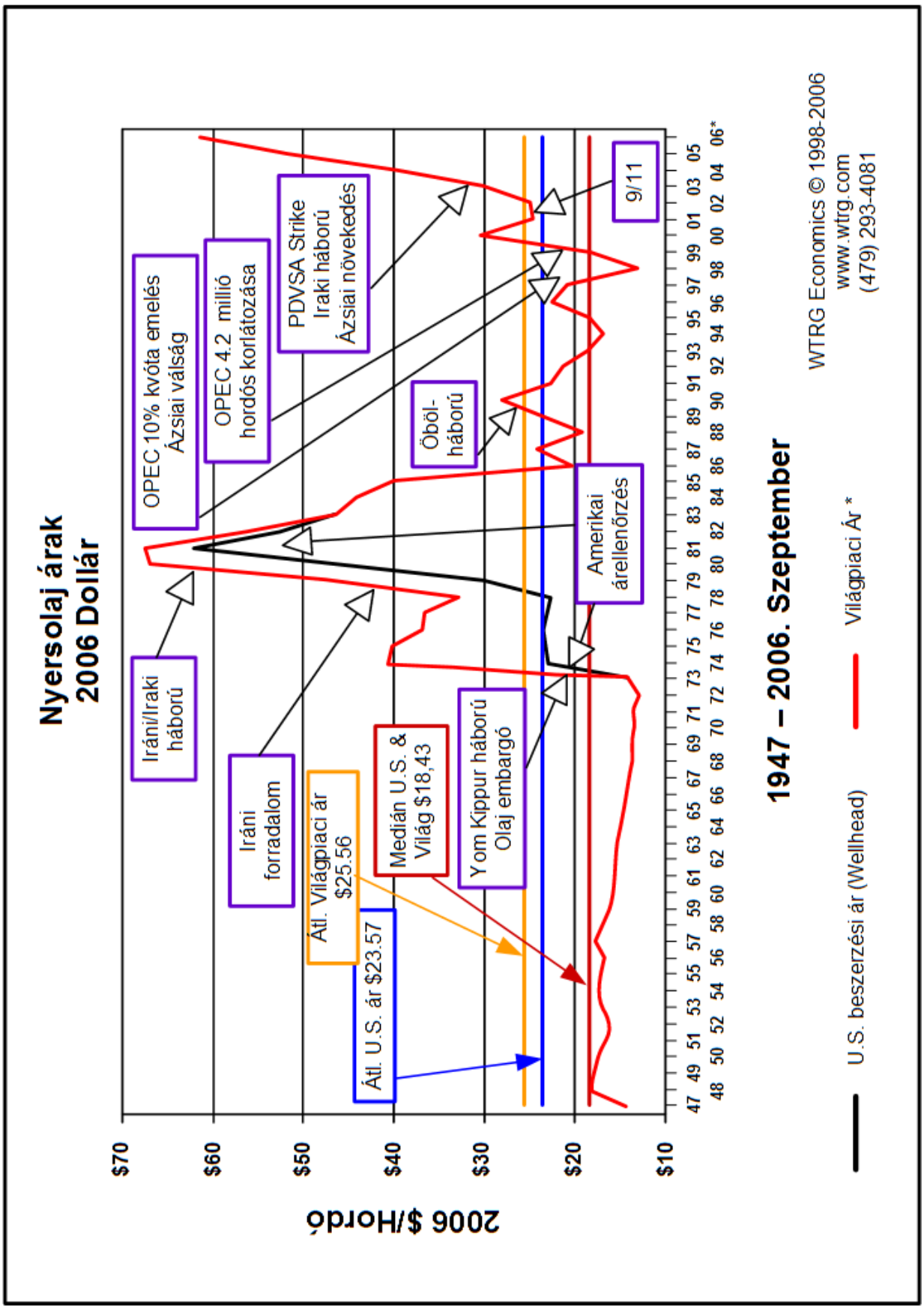
- igen jelentős területekre (akár 500 000 km^2 – azaz több mint Magyarország területének ötszöröse) terjedt ki,
- jelentős időtartamra szól (legalább 60 év – azaz számos közülük még ma is él, illetve élne, ha nem mondták volna fel),
- a kőolajjal kapcsolatos mindenféle tevékenység végzésére kizárólagos jogot nyer a külföldi cég,
- a kőolajforrásra tulajdonjogot szerez a külföldi befektető,
- a beruházó adó- és vámmentessége,
- csekély összegű royalty (pl.: minden nyersolaj tonnája után 4 arany shilling) a kitermelt kőolaj mennyisége után,
- a koncesszió időtartamának lejártával a befogadó ország kormányára száll át a kőolajforrás tulajdonjoga.

- Második generációs szerződések (1940-es évektől):
  - egyenlő arányú nyereségmegosztás kikötése,
  - royalty összegének növelése, készpénz vagy természetbeni „fizetés" bevezetése,
  - adómentesség eltörlése,
  - árszabásba beleszólási jog (az OPEC 1960-as megalapítását is ez motiválta),
  - felmondási jog alkalmazása,
  - koncesszióval rendelkezőre nézve feltárási kötelezettség bevezetése,
  - állami részvétel a kőolajmunkálatokban és a vállalkozás irányításában,
  - kőolajforrások tulajdonjogának állam általi megszerzése.
- Harmadik generációs szerződések (1970-es évektől):
  - az ásványi anyag forrás tulajdonjoga és a kitermelési jog az államé,
  - a külföldi társaság vállalja a feltárás kockázatát és költségeit pénzbeli vagy természetbeni ellenszolgáltatásért,
  - a kőolaj-vállalkozás felett ellenőrzési jogokat szerez a befogadó állam,
  - a koncesszor kiegészítő kötelezettségeknek is köteles eleget tenni (például környezetvédelmi szempontok figyelembe vétele, helyi áruk és szolgáltatások használata)

(Forrás: Papp Tekla: A koncesszió – nemzetközi kitekintés, Jogelméleti Szemle, 2003/3)

Mivel e cégek értéke az általuk birtokolt (koncessziók) álltal lefedett készletektől függ, ezért minden cég, rendszeresen közzé teszi a rendelkezésére álló, feltárt kőolaj-készletet. Ezen adatok megbízhatónak nevezhetőek, hiszen a cégektől – elvileg – független auditáló cégek és a pénzükre vigyázó részvényesek ellenőrzik őket, így az összes ilyen adat összeadásából mindig pontos képünk lehet a rendelkezésre álló kőolajkészletről. (Az adatok – mint minden adat – természetesen hamisítható: A Shell vezetőjének 2004-ben távoznia kellett a világcég éléről miután kiderült, hogy a bizonyított szénhidrogén készlet 20 %-kal kevesebb a korábban közölteknél.)

Ha megvizsgáljuk az elmúlt években hogyan alakult a bejelentett kőolajkészletek aránya az éves fogyasztáshoz képest, akkor megfigyelhető, hogy 1990 óta minden évben 40-42 évre becsülik a kőolajkészlet várható kifogyásának idejét. E kép kifejezetten kedvezőnek tűnik (hiszen 15 éve folyamatosan 40 év van hátra), ami a folyamatosan feltárt új készleteknek köszönhető. Ha elemzzük az újonnan feltárt készletek milyenségét, akkor már kevésbé kedvező a kép: nagy részük mélyen, partoktól távol illetve nehezen megközelíthető hegyvidéki, sarkörön túli területeken található, ami jelentősen megnöveli a kitermelési és szállítási költségeket és vele együtt a fogyasztói árakat is. Bár a kőolaj ára jelentősen függ a világpolitikai eseményetől, az utóbbi évek „nyugodtabb” időszakában már a kitermelési költség-növekedésnek a hatásait lehet megfigyelni (**46. ábra**).



46. ábra: Kőolajárak és a világ politikai eseményei (1947-2006)

Kőolajkitermelés környezeti hatásai

A kőolaj-kitermelési folyamat (az energiahordozó felszínre hozása és szállítása) egyik legnagyobb veszélye a vízszennyezés. Ennek fő oka – hogy ellentétben a vizek hagyományosnak mondható szennyezőivel, amelyek oldott formában okoznak károkat a vízi élővilágnak – az olaj szétterül a víz felszínén a vízben élő élőlények külvilággal történő kapcsolattartását korlátozva. Ezek közül a kapcsolatok közül az oxigénhez való kapcsolat emelhető ki.

Az olajszennyezéseknél különösen nagy gondot okoz, hogy az anyag egyenletesen és nagyon nagy területen terül szét a víz felszínén, ami jelentősen megnehezíti annak összegyűjtését és ártalmatlanítását. Már igen kis mennyiségű szénhidrogén is igen nagy felületet képes károsítani (a Balaton teljes felszínének elszennyezéséhez elégséges 24 m^3 – egy tartályautó – olaj belejutása) (**lásd még 8. fejezet**).

A leghíresebb olajszennyezés az Exxon Valdez katasztrófája volt, amikor az ittas állapotban lévő kapitány egy sziklazátonynak vezette a tankhajót. E katasztrófa során 1500 kilométer hosszú partszakasz szennyeződött el Alaszkában, több mint 10 000 ember vett részt benne és a 2006-os jelentés szerint eddig 1969 milliárd Ft-nyi összeget (hazánk 2005-ös, éves GDP-jének közel 10%-a) emésztett fel a kárelhárítás. 36 000 madártetemet gyűjtöttek össze, és csaknem az egész alaszkai élővilág veszélybe került. E katasztrófa 2006-ig bezárólag csak a 35. legnagyobb volt. (Lásd **35. táblázat** és **47. ábra**)

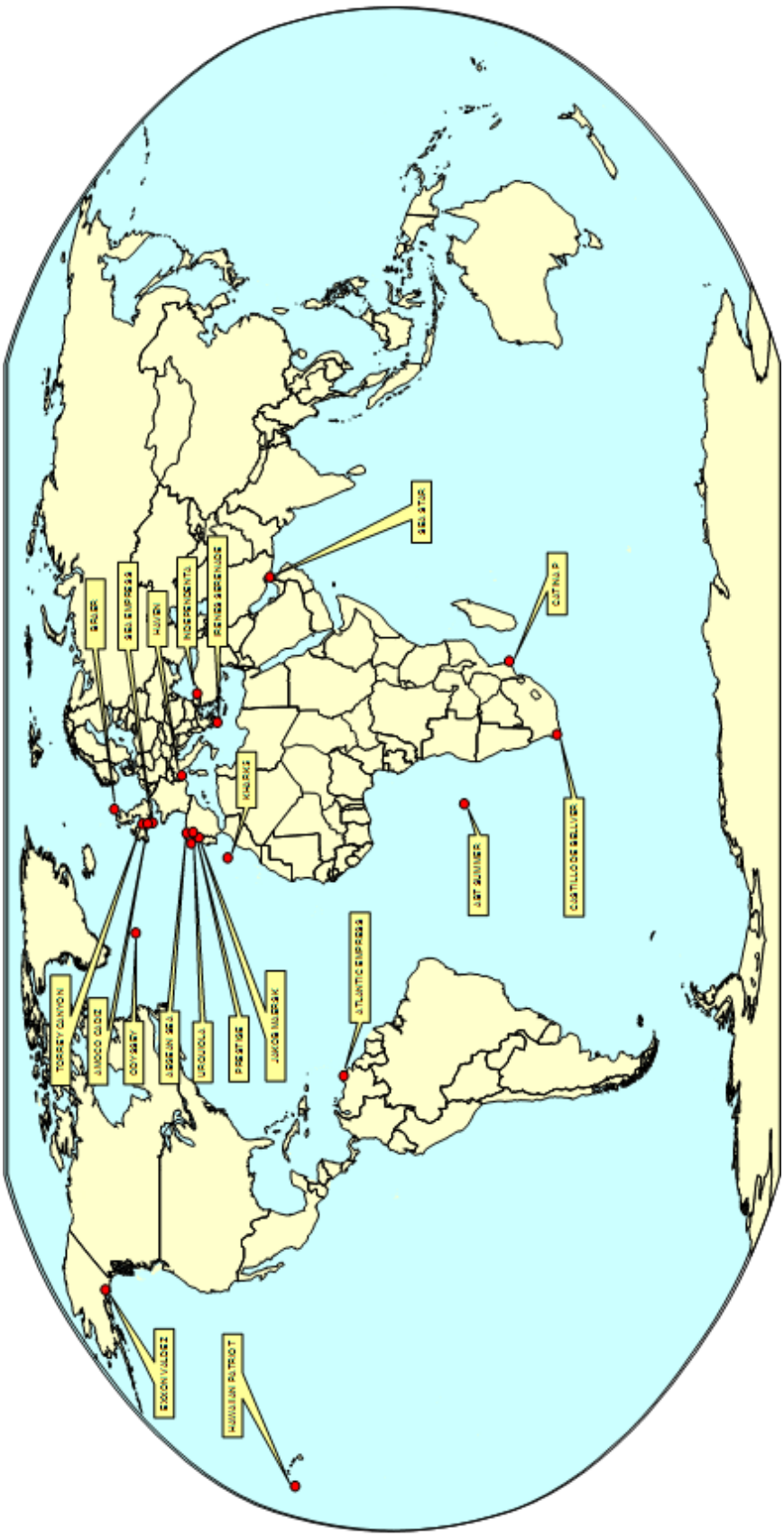
35. táblázat: A világon bekövetkezett legnagyobb olajszennyezést okozó hajó-balesetek adatai (Forrás: International tanker ownerspollution federation limited)

Rangsor	Hajó neve	Év	Helyszín	Kiömlött olaj (tonna)
1	Atlantic Empress	1979	Tobagó partjainál	287,000
2	ABT Summer	1991	1150 km-re Angólától	260,000
3	Castillo de Bellver	1983	Dél-Afrika (Saldanha Bay)	252,000
4	Amoco Cadiz	1978	Franciaország (Brittany)	223,000
5	Haven	1991	Olaszország (Genova)	144,000

Rangsor	Hajó neve	Év	Helyszín	Kiömlött olaj (tonna)
6	Odyssey	1988	1155 km Kanada (Új Skócia) partjaitól	132,000
7	Torrey Canyon	1967	Anglia (Scilly szigetek)	119,000
8	Sea Star	1972	Oman-öböl	115,000
9	Irenes Serenade	1980	Görögország (Navarino öböl)	100,000
10	Urquiola	1976	Spanyolország (La Coruna)	100,000
11	Hawaiian Patriot	1977	500 km-re Honolulu-tól	95,000
12	Independenta	1979	Törökország (Bosphorus)	95,000
13	Jakob Maersk	1975	Portugália (Oporto)	88,000
14	Braer	1993	Anglia (Shetland szigetek)	85,000
15	Khark 5	1989	200 km-re Marokkó-tól	80,000
16	Aegean Sea	1992	Spanyolország (La Coruna)	74,000
17	Sea Empress	1996	Anglia (Milford Haven)	72,000
18	Katina P	1992	Mozambik (Maputo)	72,000
19	Nova	1985	Iráni öböl (Kharg szigete)	70,000
20	Prestige	2002	Spanyolország	63,000
35	Exxon Valdez	1989	USA (Alaszka)	37,000

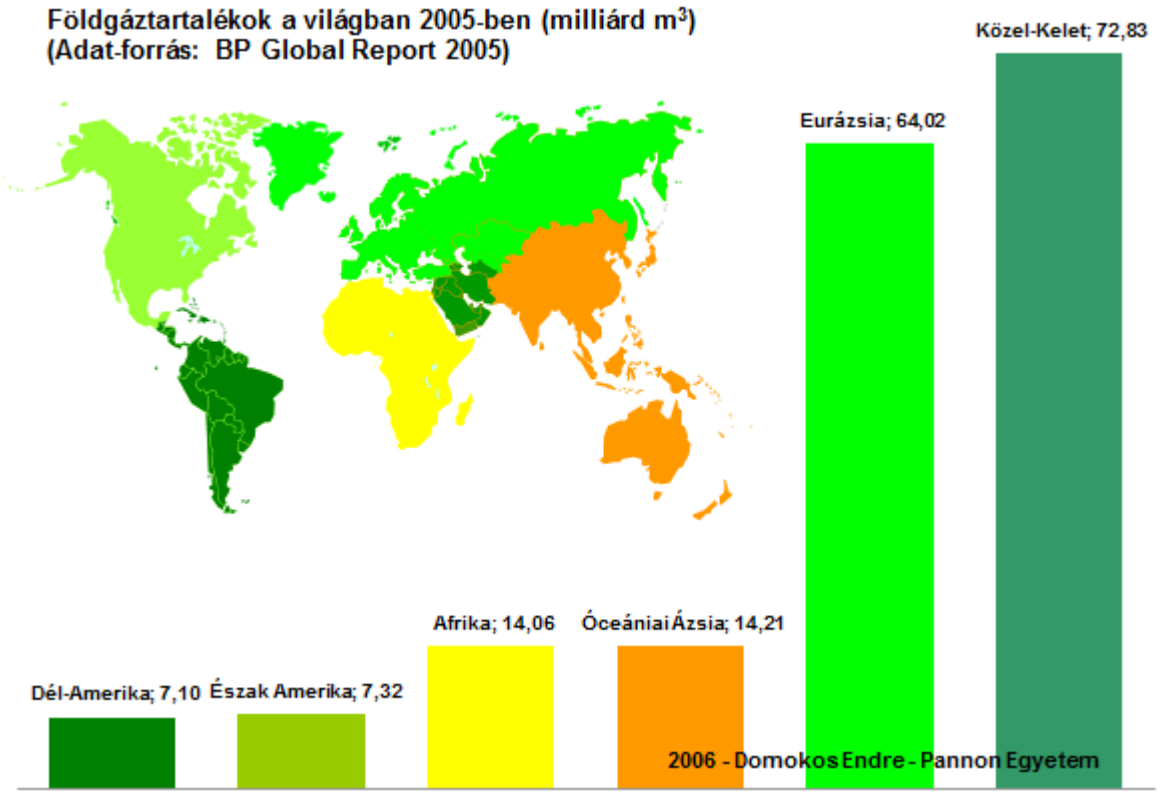
10.2.1.2 Földgáz

A világon egyre nő a földgáz szerepe az energia- (elsősorban a hőenergia-) előállítás terén, elsősorban a lakossági fogyasztók körében. Ennek oka könnyű kezelhetőség, gyakorlatilag salakanyag nélküli elégetés. Ezt a hatást hazánkban különösen erősítette az egyoldalú támogatási rendszer.



47. ábra: A világon bekövetkezett legnagyobb olajszennyezést okozó hajó-balesetek térképe (Forrás: International tanker ownerspollution federation limited)

A világpiacon két térség osztozik a gázvagyon jelentős része felett (**48. ábra**): Közel-kelet és Eurázsia. A készletek esetében ugyanaz a hatás figyelhető meg, mint a kőolaj esetében: nemhogy csökkene, hanem minden évben hátrébb tolódik az időpont amikor a földgázkészletek kifogynak. A kép – a kőolajhoz hasonlóan – szintén megtévesztő. Egy részről nem számol a növekvő energia-igénnyel (elsősorban a fejlődő országok és Kína részéről), másrészt figyelmen kívül hagyja azt a eseményt, hogy jelenlegi ismereteink szerint a kőolaj kifogyása után a gáz lesz a fő energiaforrás, ami jelentősen felgyorsítja a készletek felélését, ami jelenleg 65-70 évre tehető.



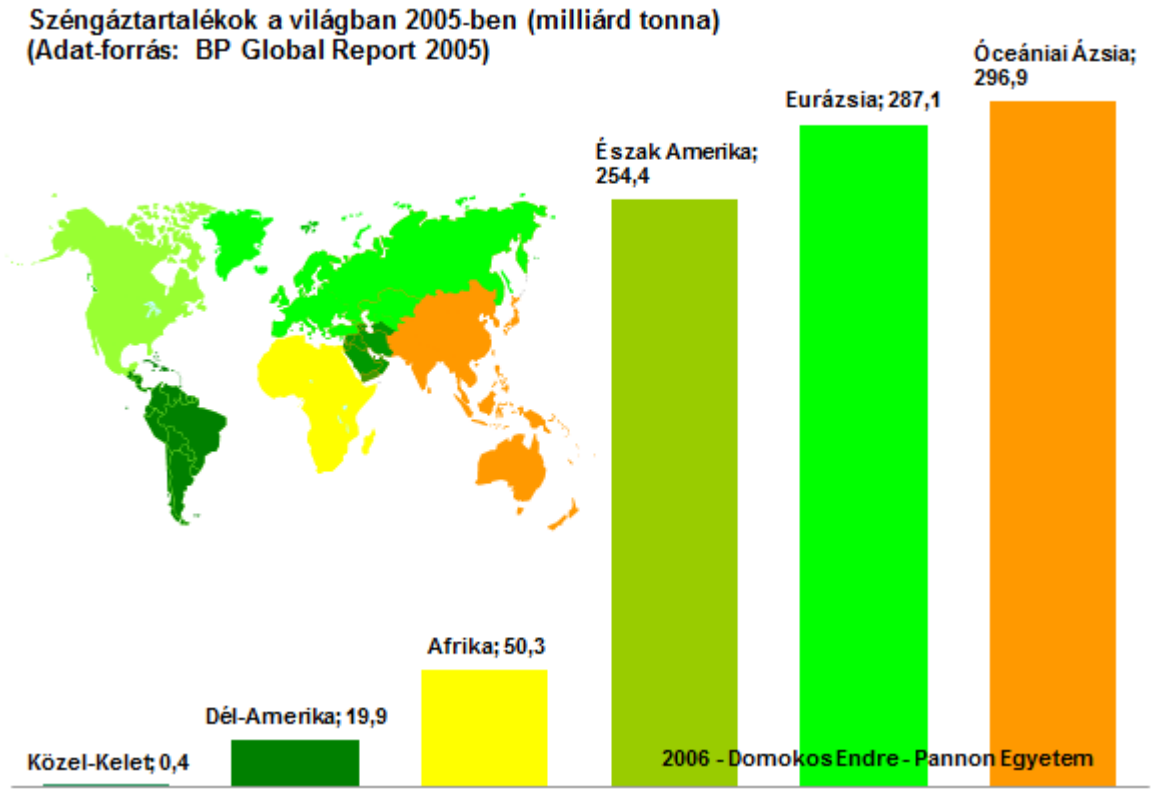
48. ábra: Földgáztartalékok a világban (2005)

10.2.1.3 Szén

Az ipari forradalmat a szén indította be és tartotta mozgásban egészen a huszadik század elejéig, amikor az olaj átvette tőle a vezető szerepet. A szénnek a kőolajjal és földgázzal ellentétben megvan az az előnye, hogy a világban viszonylag egyenletesen helyezkedik el a Világban (**49. ábra**), több száz év alatt kicsiszolódott technológiák állnak rendelkezésre a felhasználására és tárolása – a kőolajjal és földgázzal ellentétben – nem igényel különlegesen kialakított infrastruktúrát. Szállítása, energetikai célú felhasználása (elsősorban jelentős

salak- és szennyező-anyag tartalma miatt) csak nagyüzemi körülmények között vetélytársa a többi energiahordozónak.

A szén esetében nincs meg a többi szénhidrogénnél megfigyelt szinten-maradása a készleteknek, hanem folyamatosan csökken a kifogyásig hátralévő idő (2007-ben 160 év). Ez többek között azzal magyarázható, hogy a kőolaj és földgáz elvándorol a keletkezési helyéről, ezért feltérképekézése nehézkesebb és bizonytalanabb, mint a széné, más részről pedig a szénkészletek számbavétele már több száz évvel ezelőtt megkezdődött, így napjainkban nem várható újabb, jelentős lelőhely feltárása.

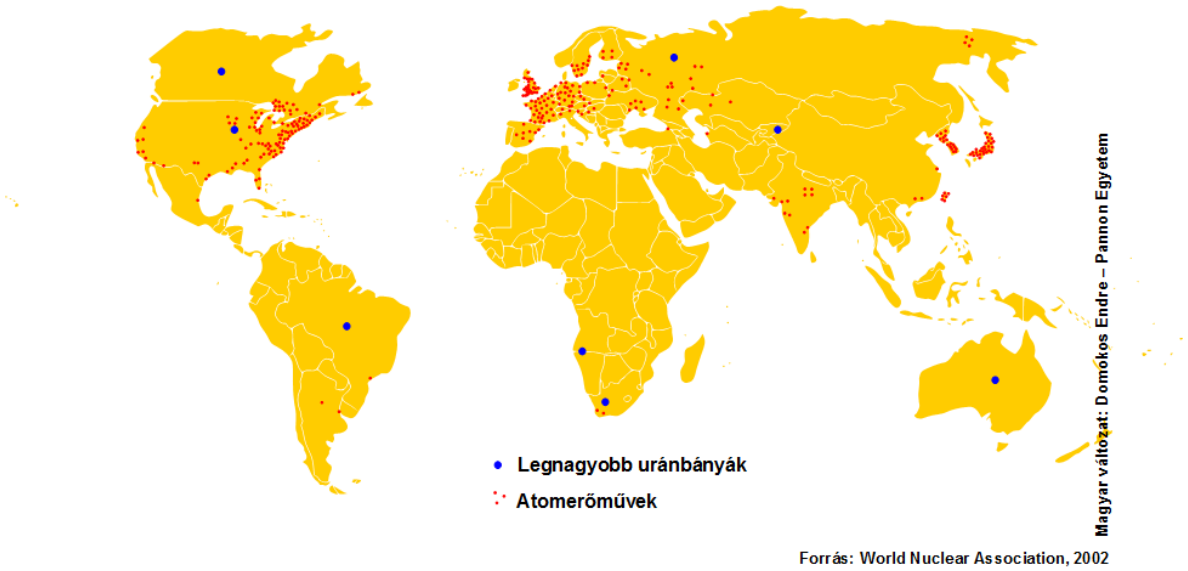


49. ábra: Széntartalékok a világban (2005)

10.2.1.4 Maghasadási energia

A XX. század második felének reménysége volt az atomenergia és még ma is sokan a jövő energiaforrásaként utalnak rá. Ha eltekintünk a balesetek okozta környezetszennyezéstől – ami elvileg teljesen kiküszöbölhető –, akkor az egyik legkörnyezetbarátabb energiaelőállítási móddal állunk szemben (káros anyag kibocsátás tekintetében még a megújuló energiaforrások némelyikénél is jobb). Egyedüli probléma vele a túlzott hőleadás a környezet – elsősorban a vízi élővilág – felé.

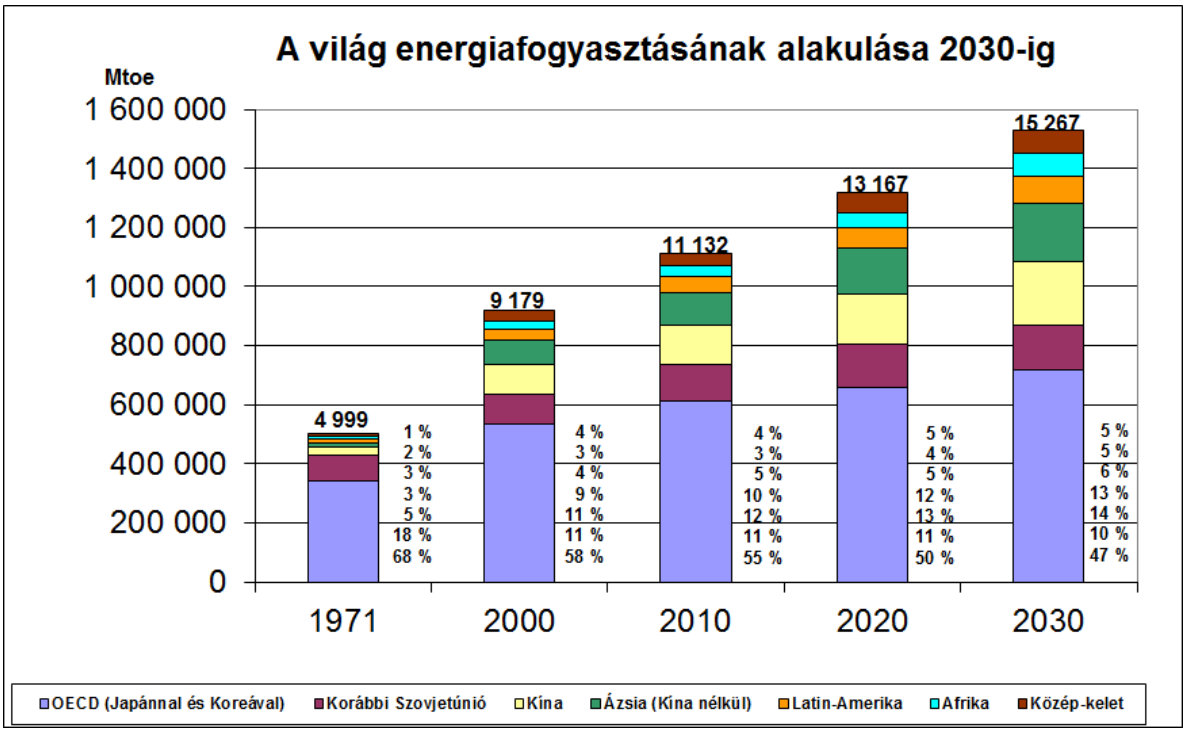
Sajnos az energia előállításának költsége már nem ilyen kedvező, ha a teljes életciklus alatti költségeket nézzük, akkor a hagyományos erőművek költségeinél valamivel magasabban. A maghasadási energiát kihasználó erőművek által használt energiaforrás, az urán tekintetében sem ideális a helyzet. A jelenleg feltárt uránkészlet arányosan csökken, jelenlegi technológiával 82 évig elég (**50. ábra**).



50. ábra: Legnagyobb uránbányák és működő atomerőművek a világban

10.2.2 Energiafelhasználás a világon

A megújuló energiaforrások esetében nem az elfogyásig hátralévő időtartam a lényeges, mint a nem megújuló erőforrások tekintetében, hanem hogy mennyi az egy év alatt kinyerhető energia mennyisége. Hogy ennek valódi értékét és súlyát fel tudjuk becsülni, tisztában kell lenni a jelenlegi és a várható energiaszükséglettel (**51. ábra**).

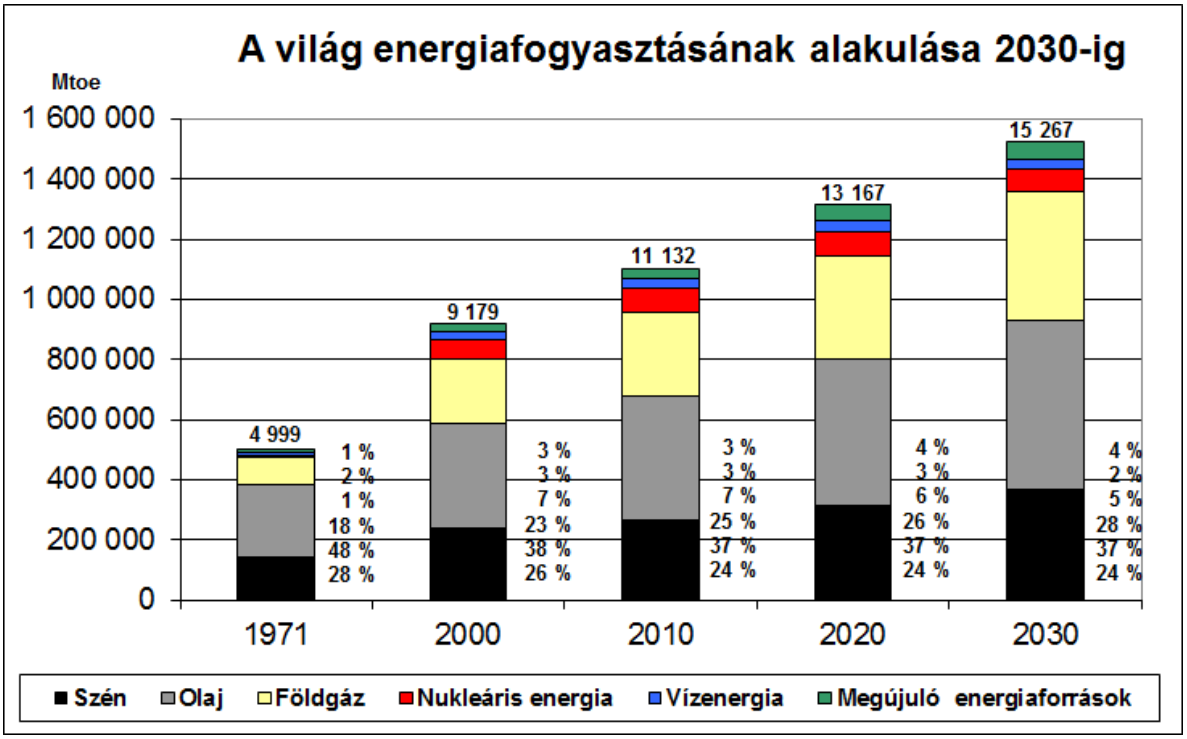


51. ábra: A világ energiafogyasztása 2030-ig régiók szerint

Mint az **51. ábra** is mutatja a világ energiafogyasztása tovább nő, a felhasználás korántsem egyenletes. Az **52. ábra** alapján azonban azt mondhatjuk, hogy a megújuló energiaforrások nem fognak jelentős szerepet játszani az energiaigények kielégítésében még 2030-ban sem. Ennek a tendenciának több oka is van. Egyrészt a megújuló energiaforrások felhasználása viszonylag új fejlesztési terület, még sok a megoldandó feladat, a technológiák újak, s így a kifejlesztők számára értékesek. Az emberi gondolkodásmód pedig nehezen szakad el a megszokottól, azaz csak igen erősen kényszerítő körülmények hatására mozdul a változás irányában, a tény ami még többletteherként gátol, az hogy jelenleg a nem megújuló energiaforrások kiaknázása kitűnő üzlet, s annál nyereségesebb, minél kevesebb az alternatívája.

De magának a bevezetésnek és felhasználásnak is számtalan buktatója lehet, ami minden energiaforrás esetében más és más. Nézzük például a megújuló energiaforrások legjobban támogatott formáját, a szélenergiát, ami 2050-re várható technológiai szinten 51-75 milliárd hordó egyenértéket lenne képes előállítani. Ez fele-harmada a 2050-ben várható energiaigénynek. Ez egészen kedvezőnek is mondható, de ennyi szélerőmű felépítése már komoly hatással lenne az egész világ ökológiájára (többek között lecsökkentené a városok átszellőzését, ami hosszan tartó és sokkal súlyosabb hatású szmogok kialakulásához

vezetne). Hasonló gondok merülnek fel a többi energiaforrással is (például a vízenergia felhasználása során jelentősen sérül a terület vízellátása és ökológiája).



52. ábra: A világ energiafogyasztásának alakulása az energiahordozók megoszlása szerint

A következőkben áttekintésre kerülnek a legnagyobb jelentőségű megújuló energiaforrások.

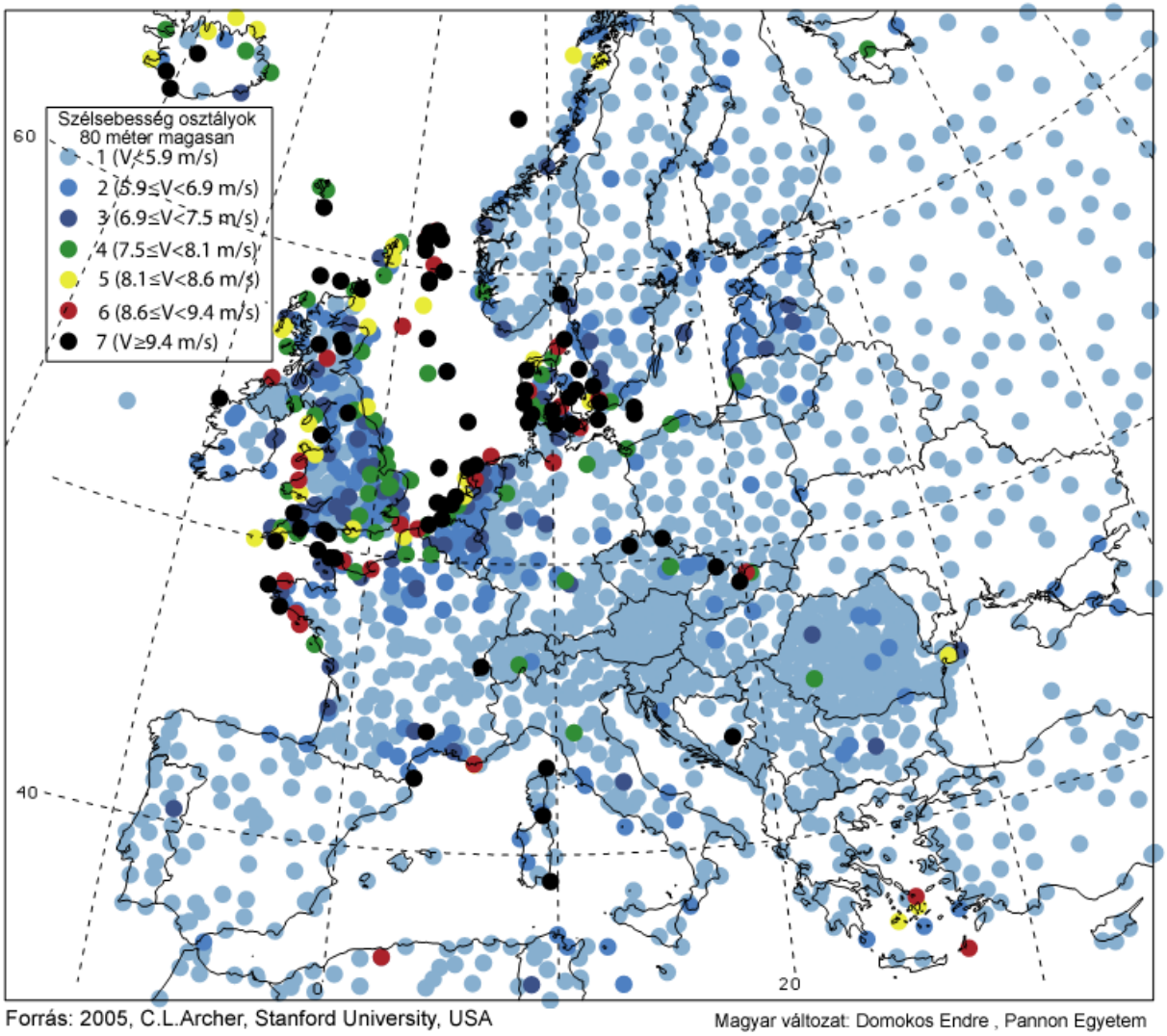
10.2.3 Megújuló energiaforrások

10.2.3.1 Szélenergia

A szél energiája igen dinamikus energia. A szélerőművek a légkör hely szerint különböző mértékű felmelegedése után létrejövő nyomáskülönbség hatására kialakuló szél rendezett mozgási energiáját használják fel, és alakítják át. Sok olyan energianyerési mód létezik, ahol valamely energiát (pl. hőenergia) mozgási energiává alakítanak a feldolgozáshoz, a szélerőmű esetében ez a lépés nem szükséges, hisz eleve mozgási energiát nyerünk. A szélerőmű szennyezőanyag kibocsátás szempontjából igen tisztának mondható, s kivitelezése sem kíván túl bonyolult megoldásokat.

Azonban a szélenergiának is vannak hátrányai. Egyik nagy hátulütője, hogy egyenetlen, nem megbízható a leadott teljesítmény sem időben, sem mennyiségben, hiszen a szél elég kevés

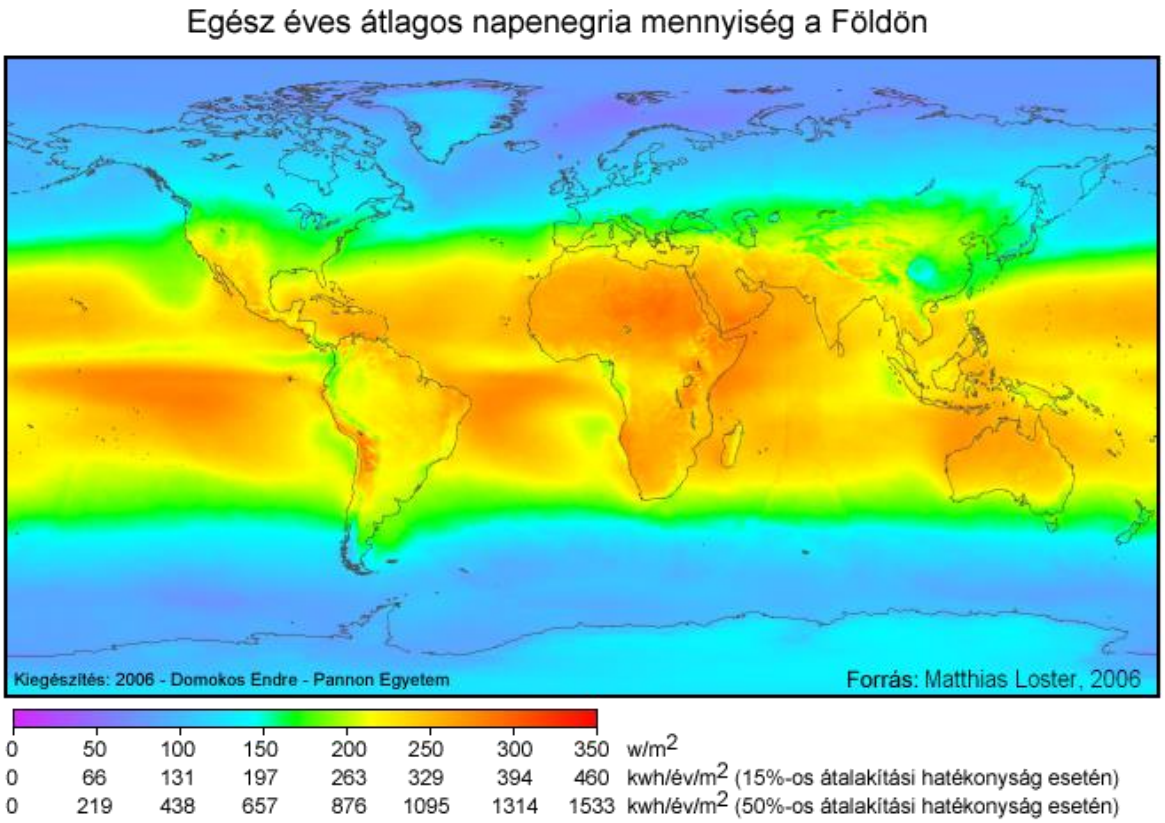
helyen fúj egyenletesen az év és a nap minden szakában. Mint az **53. ábra** mutatja, a szélpotenciál területi eloszlása elég egyenetlen, a teljes világpotenciál 51,26 – 74,59 milliárd hordó olaj-egyenérték. A szélerőműveket ezen kívül, nem lehet egymásra halmozni korlátozás nélkül azokon a helyeken sem, ahol állandó, erős szelek fújnak, mert egymás elől fognák el a szelet. Az sem elhanyagolható szempont, hogy ami energiát így megtermelünk, azt valóban a szelekből vesszük el, csökkentjük tehát a légmozgást az adott területen. A szélerőművek zavarnak egyes költöző madár-fajokat is, ezért azok vonulási útvonalában nem telepíthetőek.



53. ábra: A szél potenciál eloszlása Európában

10.2.3.2 Napenergia

A napenergia felhasználásra napjainkban már több mód is rendelkezésre áll. Lehet a napsugárzás energiáját passzív és aktív módszerekkel hasznosítani, hőként felfogni vagy elektromos áramot termelni vele. Minden eljárásnak megvannak a maga előnyei és hátrányai, és érdemes körültekintően, ezek, valamint az igények ismeretében megválasztani az alkalmazási formát. Az **54. ábra** alapján könnyen beláthatjuk, hogy nem mindenhol egyformán gazdaságos egy-egy napenergia hasznosító eljárás üzemeltetése, hisz a megtermelhető energia mennyisége nagyban függ a várható napsugárzás mennyiségétől. Ezen kívül szakaszos, hiszen napszakhoz kötött, és még ezen belül is befolyásolja a felhőzet megjelenése.



54. ábra: Egész éves átlagos napenergia mennyiség a Földön

Passzív hasznosítás

Már az épületek tervezésénél, építésénél célszerű figyelembevenni a napenergia-hasznosítás lehetőségeit: szerkezetük minél nagyobb hőtároló kapacitással rendelkezzen, szigetelésük megfelelő legyen, a déli oldalra nagy ablakokat célszerű beépíteni. Megfelelő tájolással olyan napfalak és napcsapdák alakíthatók ki, melyek a téli gyenge napsugárzást nagymértékben

képesek hasznosítani, viszont nyáron elkerülik ezt. Az éjszakai veszteségek mozgatható hőszigetelésű ablakokkal csökkenthetők.

A kertészetben jól bevált módszer az, hogy a fagyra érzékeny növényeket üveggel vagy fóliával letakarják. A nap különböző frekvenciájú sugarainak zöme átmegy az üvegen, és a talajt felmelegíti. A napnál sokkal kisebb hőmérsékletű talaj csak kisfrekvenciájú sugarakat bocsát ki, de ezeket az üveg, illetve a fólia visszatartja (üvegház-hatás).

Aktív (szolár-termikus) alkalmazás

Aktív szolár-termál rendszerekkel biztosítani lehet a használati melegvízellátást az év nagy részében, lehetőség nyílik a hagyományos fűtési rendszer egy részének kiváltására, és a mezőgazdaságban pl. napenergiás terménszárításra.

A napenergiával történő vízmelegítésre sok módszer ismert az egyszerű feketére festett hordóktól, műanyag csőkötegektől kezdve a napkollektorokig. A napkollektorok közös tulajdonsága, hogy az ún. abszorber réteg által elnyelt napenergiát egy hordozó közegen keresztül juttatják el az energia felhasználóhoz, mely közeg lehet víz, olaj, valamilyen fagyálló folyadék, vagy levegő.

A fűtés célú napenergia-hasznosítás problémás pontja az energiatárolás, a nyári hőigény ugyanis mindig kisebb, mint a téli, a rendelkezésre álló napenergia mennyisége viszont fordítva alakul.

Fotoelektromos napenergia-hasznosítás

Fotoelektromos celláknak nevezzük azokat a berendezéseket, amelyek a napfényt közvetlenül elektromos árammá alakítják. A **napelemek** alkalmazási területei a zsebszámológépek mikrowatt, tizedmikrowatt teljesítményű elemeitől egészen a több megawatt teljesítményű erőműtelepekig terjed. A sorozatban gyártott napelemek hatásfoka azonban mindössze 15 % körül mozog. A piacon már megjelentek 30 % hatásfokú termékek is. Ezeken kívül megjelentek olyan típusú napelemek is, melyek a Nap energiáját hő- és villamos energiaként egyaránt hasznosítják.

A napelemek hasznosítási korlátai, mint a fenti bekezdésben is látható, az alacsony teljesítmény miatt jelentkeznek leginkább. A jelenlegi 15%-os teljesítmény mellett a világ jelenlegi energiafogyasztását teljes mértékben napelemekkel biztosítva 350 000 km^2 (megközelítőleg négy Magyarországnyi vagy egy Németországnyi) területet kellene erre

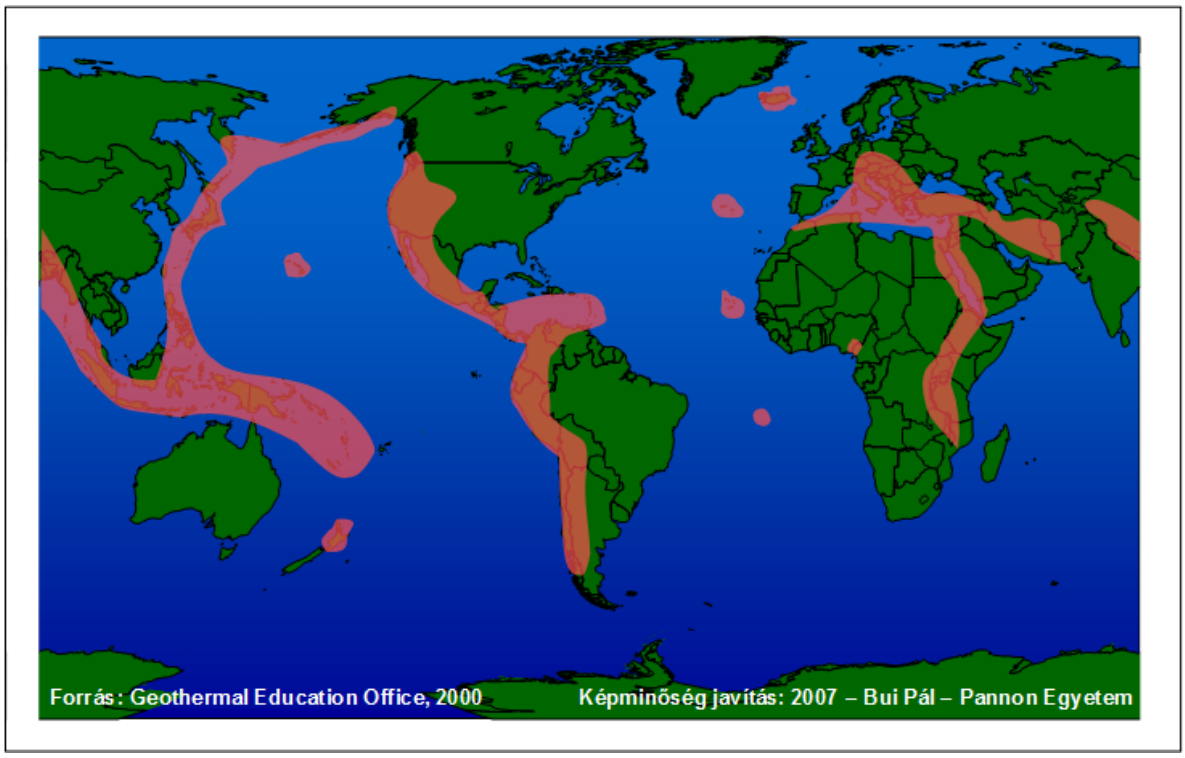
felhasználni. Ha sikerül ezt a teljesítményt 50%-ra emelni, akkor a területigény 105 000 km^2–re (valamivel több, mint egy Magyarország) csökken. (A Föld összes városa jelenleg körülbelül 546 000 km^2-nyi területet foglal el.)

10.2.3.3 Geotermikus energia

A geotermikus energia a Földben rejlő hőt hasznosítja, annak felszínre vezetésével. Ez a hőáram bizonyos szintig feljut és a kőzetekben, illetve a pórusvízben tárolódik. Az elvégzett fúrások során, lefelé haladva a Föld közepe felé átlagosan 30 méterenként 1 °C hőmérsékletnövekedést mérhetünk, ezt nevezzük **geotermikus gradiensnek**. Kinyerése helyileg ott jelentős és gazdaságos, ahol kedvezőek a földtani adottságok, viszonylag kis mélységben magas hőmérséklet és jó vízadó képződmények találhatóak (azaz az átlagosnál magasabb a hőmérséklet gradiens).

A leghétköznapi hőszivattyú a hűtőgép. A hűtőgép többnyire elektromos energia befektetésével „szivattyúzza ki" a hőt a szekrény belsejéből. A geotermikus energia kinyerésére használatos hőszivattyú a hűtőgéphez hasonló módon működik, a célja azonban többnyire az, hogy egy lakás fűtését vagy melegvízellátását biztosítsa úgy, hogy a környezetben található hőt „beszivattyúzza" a lakásba. Ennek előnye például az elektromos vízmelegítéssel, fűtéssel szemben az, hogy egy egységnyi elektromos energia felhasználásával akár három-négy egységnyi hőenergiát is képes előállítani. Nem mellékes szempont, hogy mind a „beszivattyúzandó" hőenergia, mind a befektetett elektromos energia származhat megújuló energiaforrásokból, ami jelentősen csökkentheti a környezet terhelését. Ráadásul a hőszivattyúk nyáron a lakás hűtésére is használhatóak, mivel ilyenkor a külső hőmérséklet magasabb, mint a föld alatt mérhető.

Magyarország geológiai adottságai igen jók, a geotermikus gradiens mintegy kétszerese a világátlagnak. A magas talajhőmérséklet, a hévvizek, a legalább 30 °C-os rétegvíz mind kedveznek a hőszivattyús technológiának. Világviszonylatban viszont a geotermikus energia hasznosítása csak igen kevés területen igazán gazdaságos (**55. ábra**). Sajnos, teljes kinyerhető energia 0,36-0,76 milliárd hordó olajegyenérték közöttire becsülhető, ami kevesebb, mint 1%-a például a teljes szélpotenciálnak.

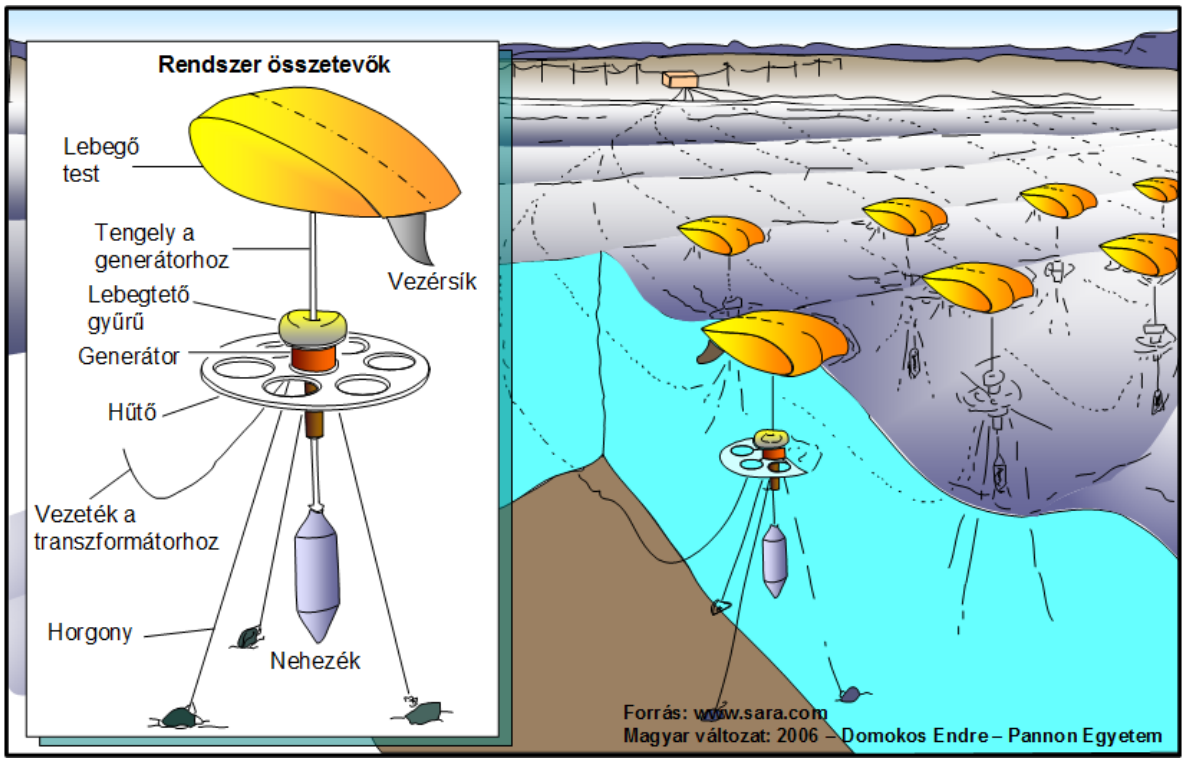


55. ábra: A Föld geotermikusan aktív területei

10.2.3.4 A hullámmozgás és az árapály kihasználása

Ezen energianyerési mód még szinte teljesen kidolgozatlan, de a szakemberek nagy lehetőségeket látnak benne. Egyelőre még becsülni sem tudjuk az így nyerhető energiamennyiséget. A hullámmozgás energiák felhasználásával gyakorlatilag a Napsugárzás energiáját használjuk fel áttételesen, hiszen becslések szerint a Napból a Földre jutó energiának kb. 23 %-a a víz körforgásának fenntartására fordítódik. Az árapály erőművek pedig a Hold gravitációs energiáit használják fel (**56. ábra**).

Ugyanaz az elsődleges hátránya, mint a szélerőműveknek: kifogja az erőt a hullámokból. A hullámzás az, ami tisztítja a vizet, nem hagyja a sekélyebb helyeken megposhadni, és a parti hullámverés számtalan állat számára mos ki értékes táplálékokat a partra. Azonban olyan helyeken, ahol amúgy is csökkenteni szeretnék a hullámverés okozta bonyodalmakat (például kikötők környékén) a passzív hullámtörőknek jó alternatívája lehet.



56. ábra: Hullám-energia kinyerő rendszer vázlata

10.2.3.5 Biomassza

A biomassza valamely élettérben egy adott időpillanatban jelenlévő szerves anyagok, és élőlények összessége. A biomassza mennyisége megadható az egyedek számában, tömegében, energiatartalmában stb. Az energetikai célra felhasználható biomasszák származhatnak közvetlenül mezőgazdasági növénytermesztésből, erdőgazdasági, vagy ipari tevékenységből.

A fejlett ipari országokban környezetvédelmi okok miatt egyre nagyobb szerephez jut a biomassza (elsősorban: fa) mint megújuló energiaforrás. Ez a folyamat jellemző az EU-ra is, ahol jelenleg a biomasszából előállított energia a teljes energia-felhasználás 7-7,5%-a, de az a szám 2015-re tervek szerint eléri a 12,5%-os értéket is. Ezt az arányt a hagyományos források mellett olyan energiaültetvényekkel lehet megteremteni, melyek a hagyományos mezőgazdasági termelésből egyébként is kivonásra kerülő területeken létesülhetnek. Ezekben nagy tősűrűséggel ültetnek olyan növényeket – fákat, fűféléket vagy egyéb növényeket – melyekből elégetésük során annyi energia szabadul fel, mint a ligninből annak elégetése során. A biomassza égetésének nagy előnye, hogy sokkal kevesebb kéntartalmú gáz keletkezik, mint a szén égetésekor, így csökkenthető a savas esők mennyisége. Az

energiaültetvényeken nagy tősűrűségű, gyorsan növő, nagy hozamú növényeket termelnek. Ígéretes kísérletek folynak egyes nyár, fűz, akác és kínai nád fajokkal. Nyugat-európai és magyar tapasztalatok alapján 15-25 tonna/ha termelhető ezekből a növényfajokból. Ez évente hektáronként 200-350 GJ energiát jelent.

A fa- és szalmatüzelésű erőművek nemcsak fosszilis energiahordozókat takarítanak meg, hanem a légkörbe csak valamivel több szén-dioxidot juttatnak, mint amennyit a zöld növények előtte a légkörből megkötöttek. A biomasszát felhasználó erőművek emiatt is kevésbé környezetszennyezőek, mint a szénhidrogén alapú hőenergia előállítás. A szén és olajtüzelésű erőművek ezen kívül száznál több káros hatású anyagot bocsájtanak ki, amelyek jelentős környezeti problémákat okozhatnak. Ezek nagy része a biomassza erőműveknél szintén nem jelentkezik.

A biomassza-tüzelésű erőművek egyik jelentős problémája a felhasznált tüzelőanyag jelentős térfogata. A mező- és erdőgazdasági maradványok sokkal nagyobb tömegben és térfogatban tartalmaznak ugyanakkora energiát, mint a kőszén és a kőolaj (azaz kisebb az energiasűrűségük). Ezért nemcsak a begyűjtés, hanem a szállítás és a tárolás is további jelentős költségtényező. Ezzel is magyarázható, hogy a biomassza-tüzelés gazdasági mérlege nem a legkedvezőbb. Jelenleg a legjobb esetben is 30-70 %-kal drágábban lehet energiát előállítani e módszerrel, mint a nem megújuló energiaforrások használatával. Ez az arány azonban rövidesen meg fog fordulni, az utóbbiak árának növekedésével. A nem étkezési célra megtermelhető biomassza mennyiségét 2050-re 23,973 – 78,174 milliárd hordó olajegyenérték körül becsülik, feltéve, hogy a Föld népessége állandósul.

10.2.4 Alternatív energiaforrások

10.2.4.1 Magfúzió

A magfúzió során két kisebb atommag egyesül egy nagyobbá. A legnagyobb kötési energiával rendelkező elem a vas és a nikkel. Ha ezeknél kisebb elemek fúziójáról van szó, akkor a reakció exoterm (energia keletkezik), míg ha nagyobbak, akkor endoterm (energiát igényel). Ebből következően, ha a fúziós reakciót energiatermelésre szeretnénk használni, akkor könnyű anyagokat kell reakcióba léptetni egymással. A technikai részletek kidolgozásán már évtizedek óta dolgoznak a világ számos országában, de még számos

kérdést kell megválaszolni, eljárást kidolgozni, hogy ezen a módon nagyobb mennyiségű energiát tudjunk termelni.

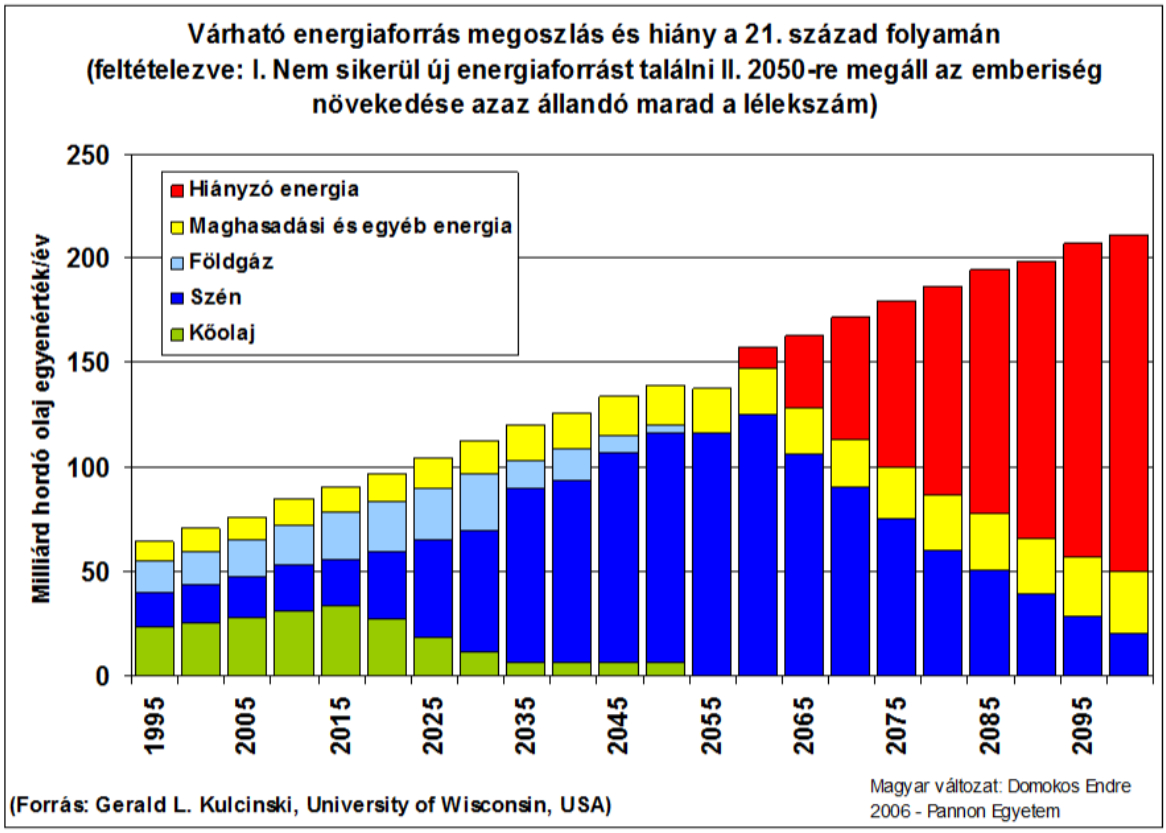
A fúziós erőművek tehát a jövő technológiája, melynek alkalmazása ugyan sok kérdést megold, de legalább annyit fel is fog vetni. Amennyiben, mint azt egyes tudósok jósolják, megvalósulása esetén korlátlan mennyiségű, olcsó energia áll majd rendelkezésre, akkor valóban az emberiség sok problémája oldódik meg, azonban elgondolkodtató, hogy mennyiben fog ez további pazarlással és környezetrombolással járni, hisz a környezet drasztikus átalakításának nem fogják útját állni a költségek.

10.3 Gondolatok

A megújuló energiaforrások lokális szinten megoldhatják kisebb közösségek energiaellátási gondjait, de sajnos az egyik legnagyobb energiafogyasztó, a közlekedés problémáira nem sok válasszal szolgálnak. A megújuló energiaforrások kinyerése esetleges (nap, szél), vagy helyhez kötött (geo, víz), s így egy autó üzemeltetésében közvetlenül kevés szerepet tudnak játszani.

Itt két alternatíva tör előre, részleges sikereket aratva: a biodízel, és a hidrogén alapú meghajtás. Az előbbi legfőbb problémája, hogy ha ezzel akarnánk üzemeltetni a közlekedési eszközeinket, akkor hol fogunk élelmiszert termelni? Az utóbbi pedig nem energiatermelési, hanem inkább energiatárolási mód. Azaz a hidrogént előbb energiafelhasználás segítségével elő kell állítani valahol, hogy aztán az autókba töltve azokat üzemeltethesse. Itt a hatékonyság és gazdaságosság kérdése az elterjedés feltétele.

Láthattuk, hogy elméletileg nem fog gondot okozni a következő évtizedekben az energia előállítása, de várhatóan 2050 körül egy jelentős válság veszi kezdetét. Bár a jelenlegi statisztikák alapján a földgáz és kőolaj-tartalékok még közel 70 évre elégségesek lesznek, de számolni kell azzal, hogy Kína és a fejlődő országok jelentős mennyiségű többletenergiát fognak igényelni a jövőben. Ezt az igényt a kőolaj és földgázkitermelési kapacitások lekötése miatt elsősorban szénből fogják tudni fedezni, mint az Kínában már jelenleg is zajlik. Egy lehetséges, ezen hatások által formált jövőképet – amikor nem sikerül alternatív energiaforrást széles körben bevezetni a világ energetikai piacán – mutat be az **57. ábra.** E szerint 2020 körül a szén szerepe ismét növekedni fog, míg arányaiban a földgáz és a kőolaj felhasználása vissza fog szorulni. A folyamat 2050 körül éri el csúcspontját, amikor a túlzott felhasználás miatt elfogynak a földgáz és kőolajkészletek és az energiaigényt döntően szénből elégítik ki (ide kell érteni többek között a szén elgázosítását is, ami motorhajtóanyagként való felhasználását teszi lehetővé). A csúcspont után a szénkészletek is rohamos fogyásnak fognak indulni és jelentős energiahiány fog fellépni világszerte, ami a ma ismert világ-gazdaság összeomlásához is vezethet. E jövőkép csak egy, a sok lehetőségből, de sajnos messze nem a legrosszabb.



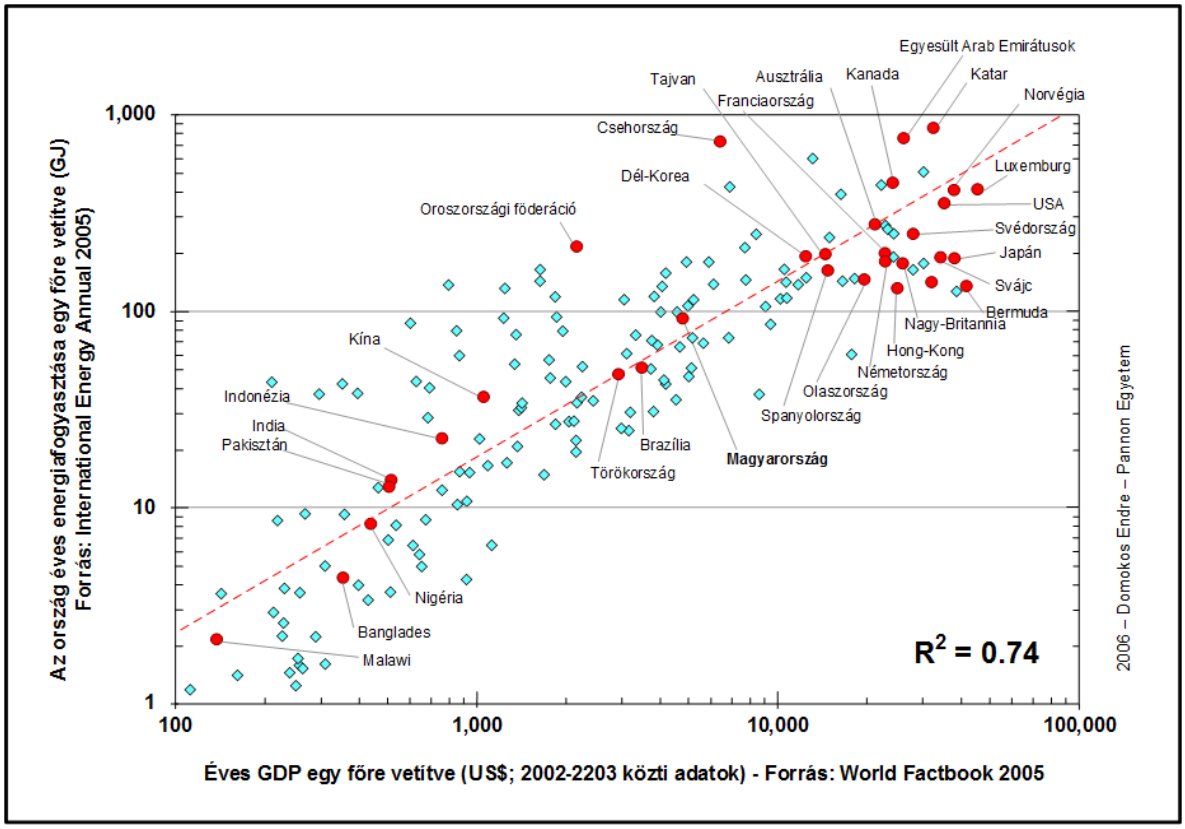
57. ábra: Várható energiaforrás megoszlás és hiány a 21. században

Ez energiahiány megelőzésének egyik sokat hangoztatott módja az energiatakarékosság, azaz ha valami nem kell azt ne használjuk (például kapcsoljuk le a lámpát, ha kimegyünk a szobából). Ez nagyon hasznos, de koránt sem elégséges – elsősorban azért – mert erősen épít a résztvevők egyéni hozzáállására és számos esetben nehezen kivitelezhető.

Ha összehasonlítást végzünk az országok gazdaság-központú energiahatékonyságára, azaz arra, hogy egységnyi GDP előállításához mennyi energiát használnak fel (**58. ábra**), megfigyelhető, hogy jellemzően a nagy szénhidrogénvagyonnal rendelkező országok (például Oroszország, Egyesült Arab Emirátusok) bánnak pazarlóan az energiával, míg a környezetvédelemmel komolyabban foglalkozó országok (például Nagy-Britannia, Németország) a világátlagnál jobban gazdálkodnak az energiával. Külön érdekesség, hogy az északi fekvésük miatt lényegesen nagyobb hőenergia-igényű országok esetében is jól látszik a gondolkodásbeli különbség: a pazarló Kanada és a környezet-tudatos Svédország hasonló éghajlati körülmények között, hasonló GDP-vel rendelkezik, de Kanada ugyanehhez a gazdasági eredményhez 80%-al több energiát használ fel.

Az energiatakarékosság tehát jó dolog, csak nehéz megvalósítani, sokkal többet ér az energiahatékonyság. Az a módszer, amikor minden eszközünket, a lehető legkevesebb

energiát fogyasztó módon tervezzük meg. Ekkor már nem csak a felhasználótól függ az elfogyasztott energia mennyisége, hanem „kénytelen" kevesebbet fogyasztani mindenki. Nézzünk egy példát, amikor egy hagyományos 60W-os égőt és egy hasonló fényerősséget létrehozó 11W-os korszerű égőt használunk: Egy közösségi mosdóban naponta 30·10 percre kapcsolják fel a világítást. Ha minden közösségi tag energiatakarékos szemlélettel rendelkezik, akkor összesen csak 300 percet ég a lámpa (5 óra·60 W =) 300 Wóra fogyasztás (legrosszabb esetben pedig – 24 óra·60 W – 1440 Wóra). Ha nem ilyen kedvező összetételű a közösség, de korszerű égőt használnak, akkor 10 órás munkaidőre vetítve (10 óra·11 W=) 110 Wóra, de még a legrosszabb esetven is csak (24 óra·11 W=) 264 Wóra a fogyasztás. (Ideális esetben – 5 óra·11 W – pedig összesen csupán 55 Wóra energia használódik el, azaz szélsőséges esetben akár 26-szoros fogyasztás is felléphet, de hazánkban – sajnos – tipikusnak mondható állapotokat feltételezve, azaz állandóan égő lámpa esetén is 5,5-szörös többletfogyasztás várható) (**58. ábra**).



58. ábra: A világ országainak enegriafogyasztása a megtermel GDP-re vetítve (logaritmikus skála)

Kevesebb energia fogyasztás esetén kitolható a rendelkezésre álló energiaforrások határa és idő nyerhető környezetkímélőbb új illetve továbbfejlesztett technológiák megalkotására.

11 A Föld tüdejének helyzete

Dr. Kováts Nóra

11.1 Ökológiai alapfogalmak

11.1.1 Biomok, zonalitás

A különböző klímatípusok következtében a bioszféra zonalitást (övszerű elrendeződést) mutat: ezeket a nagyobb egységeket nevezzük biomnak. A biomokat növényzeti összetevőjük alapján neveztük el, ezek között található alapvetően fás (ezek a tajgaerdők, a mérsékeltövi lomberdők, keménylombú erdők, monszunerdők és a trópusi esőerdők) ill. fátlan típus is (pl. a tajga vagy a szavanna). Találhatók átmeneti jellegű formációk is, pl. az erdőssztyepp.

11.1.2 Magassági övek (régiók)

A tengerszint feletti magasság emelkedésével változnak a klimatikus feltételek (csökken a hőmérséklet, erősödik a sugárzás, ill. változik a csapadék mennyisége és eloszlása), ez a vegetáció jellegzetes rétegződését váltja ki (**magassági régiók).**

11.1.3 Diverzitás

A biológiai diverzitás az életközösségek összetettségét fejezi ki matematikai formula (diverzitásfüggvények) segítségével. A biológiában beszélünk genetikai, életforma, élőhely, faj-egyed, stb. diverzitásról. A következőkben diverzitás alatt faj-egyed diverzitást értünk.

11.2 Erdők

Az erdők összetett rendszerek. Horizontálisan ún. szintekre tagoldódnak: a mérsékelt övi lombhullató erdőkben 5 szintet különböztetünk meg: alsó és felső lombkoronaszintet, cserjeszintet, gyepszintet és mohaszintet. A felső lombkoronaszintet a legmagasabbra növő fák alkotják, ezek fényigénye a legnagyobb. Az alattuk levő második vagy alsó lombkoronaszintben azok a fák találhatók, amelyek árnyéktűrők, hiszen csak azt a fénymennyiséget tudják hasznosítani, amit a felettük szétterülő lombok átengednek. A cserjeszint azokban az erdőkben alakul ki, amelyekben elegendő fény jut át a lomkoronákon, és emellett még a talaj tápanyag- és vízellátottsága is megfelelő. A cserjeszint általában 3-5 m magas fajokból áll, és nem feltétlenül alkot összefüggő tömeget, az egyes példányok szórványosan is elhelyezkedhetnek. A gyepszint szintén mozaikos elrendeződésű, kialakulhatnak csupasz foltok is.

A fényért való versengés következtében speciális életmódú fajok is kifejlődtek: epifitonok (azaz fatörzseken, ágakon élő) fajok ill. a lomkoronába felkúszó liánok. Hazai erdeinkben ilyen epifitonok lehetnek pl. a különböző zuzmók (**59. ábra**), lián életmódot pedig pl. a borostyán (*Hedera helix*) folytat.

59. ábra: Cserjén megtelepedő zuzmótelep

Örökzöld, tűlevelű erdők kb. az északi szélesség 50. fokától válnak uralkodóvá. Európában a Skandináv-félsziget jelentős részét természetközeli tűlevelű erdők (boreális fenyvesek) borítják, és nagyjából összefüggő övként húzódnak az Ohotszki-tenger partvidékéig. Ezekre az erdőkre jellemző, hogy a sűrű lombkoronaszint (amely ráadásul egész évben zöldel) csak nagyon kevés fényt enged át, ezért nagyon szegényes a cserjeszint és a lágyszárúszint. Természetesen a tűlevelű fák is folyamatosan váltják leveleiket, így a talajt összefüggő, vastag tűlevélszőnyeg fedi. A tűleveleket viaszos réteg borítja, amely csökkenti a párologtatás mértékét. Ez a védekező mechanizmus nemcsak a nyári, hanem a téli vízveszteség megelőzésére is fontos lehet, télen ugyanis a fagyott talajból nem tudna elegendő vízhez jutni a fa.

11.2.1 Főbb erdőtípusok

A **trópusi esőerdők** a trópusok humid zónájában találhatók, ahol az évi csapadék legalább 1500 mm, de esetenként a 10 000 mm-t is elérheti. A sok eső miatt nagyon magas a levegő relatív páratartalma. Ebbe a zónába tartozik az indo-maláj szigetvilág (Délkelet-Ázsia), Hátsó-India csapadékosabb területei, Közép- és Dél-Amerika nagy területei (az Amazonas vízgyűjtője, Kelet-Brazília, Kelet-Mexikó, az Antillák hegyvidékei, az Andok csapadékos lejtői), Afrikában pedig a Kongó-medence és Felső-Guinea.

Ezek a bioszféra legösszetettebb, legnagyobb diverzitású társulásai. A növényfajok nagy része fás növény; egyetlen hektáron a fás fajok száma meghaladhatja a 200-at, de egyes területeken egyetlen hektáron 350 fafajt is azonosítottak. Ezzel szemben az egyes fajok populációsűrűsége rendkívül kicsi, az azonos fajba tartozó egyedek elszórtan, egymástól jelentős távolságra fordulnak elő. Ez azt is eredményezi, hogy beporzásukat nem a szél, hanem állatok végzik (rovarok, madarak vagy akár denevérek).

A domináns felső koronaszint fái elérhetik az 50-60 m magasságot. A fák sűrű lomkoronáján csak nagyon kevés fény hatol el a talajig. A fényért való versengés miatt sok az epifiton, ill. a lián faj. Az epifitonok (zuzmók, a törzseket benépesítő mohák, páfrányok, orchideák ill. bromeliák /ananászfélék/) a fák koronájában és törzsén telepednek meg. Mivel vízszükségletüket csupán közvetlenül a csapadékból, ill. a levegő páratartalmából képesek felvenni, sajátos vízfelvevő-vízraktározó szerveik fejlődtek ki. Ilyenek lehetnek a lelógó, laza szövetű léggyökerek, vagy pedig fészekbe tömörülő gyökérhálózatuk. A bromeliák a vizet ún. pikkelyszőreikkel veszik fel, melyek a leveleket borítják. A vízraktározásnak is

kialakultak különböző formái, egyes orchideafajok pl. a raktározásra módosult nyélben, az ún. álgumóban tartalékolják a vizet. A levélrózsás fajok, mint nevük is mutatja, a levelek tövénél képződött mélyedésben tárolják a vizet.

Ugyancsak jellemzőek a lián életmódú növények, amelyek a fényért felkúsznak a fák koronájába. A legnagyobbak akár 40 cm átmérőt és 100 m hosszúságot is elérhetnek. Találhatók közöttük hasznosított fajok (pl. a bútoriparban alkalmazott rattan (*Calamus* sp., Hátsó-Indiában honos), ill. közismert szobanövények (pl. a *Philodendron* fajok).

Ebben a zónában nagyon sok haszonnövényt termesztenek: a teát (*Camellia sinensis*), a kávét (*Coffea arabica*), fűszernövényeket, mint pl. a bors (*Piper nigrum*) és a vanília (*Vanilla planifolia*).

Az időszakos trópusi esők övére jellemző, hogy a csapadék éves összmennyisége nem haladja meg az 1500 mm-t, és van egy száraz évszak. Ezért itt lombhullató erdők találhatók (trópusi lombhullató erdők, más néven **monszunerdők**.) Ezek már kevesebb szintből állnak, az erdők képe a száraz évszak hosszabbodásával változik. Rövidebb (2–3 hónapos) száraz periódus mellett csak a felső lombkoronaszint fái hullatják le lombjukat, az alacsonyabb fák, cserjék örökzöldek maradnak. Itt még sok a lián és epifiton. Hosszabb (4-6 hónapos) száraz évszak esetén a fák többsége lombhullató, hiányoznak az epifiton növények.

A monszunerdőkre jellemzőek a pálmák. Erdészetileg fontos fajok is származnak ebből a zónából, mint pl. a Hátsó-Indiában honos teakfa (*Tectona grandis*).

A trópusok és a mérsékelt öv között, a passzát- és monszunszelek hatása alatt mindkét féltekén előfordul egy átmeneti övezet, **a babérlombú (humid-szubtrópusi) erdők.** A csapadék aránylag kiegyenlített, esetleg előfordul egy téli csapadékminimum. Az évi átlaghőmérséklet 15 °C körül van, a tél hűvös, de fagypont alá csak átmenetileg száll a hőmérséklet. A legnagyobb kiterjedésű babérlombú erdő Közép-Kínában, a Jangce folyó völgyétől a burmai határig terül el. Jellemző rájuk a gazdag cserjeszint és a bambusz különböző fajai (*Phyllostachis, Arundinaria* sp.). Gazdag a fenyőflóra: itt él egy ún. reliktumfaj, a páfrányfenyő (*Ginkgo biloba*). Ugyancsak ebből a zónából származik a kínai mammutfenyő (*Metasequoia glyptostroboides*). Jellegzetesek a fatermetű páfrányok (pl. *Dicksonia*).

Keménylombú (mediterrán) erdők a mérsékeltövön találhatók, legnagyobb kiterjedéssel a Földközi-tenger medencéjében. (Mára már az eredeti elterjedésnél sokkabb kisebb területen

maradtak meg, az ókortól folyamatosan tartó erdőirtás miatt.) Nevét ez az erdőtípus onnan kapta, hogy a fás növényzet közös jellemzője a száraz, hosszú nyárhoz adaptálódott szklerofill (megvastagodott, bőrnemű) levelek, amelyek csökkentik a párologtatást. Jellemző haszonnövények erről a területről az olajfa (*Olea oleaster*), amely emberi hatásra terjedt el, a paratölgy (*Quercus suber*), a cserjeszintben található pisztácia (*Pistacia* sp.) és a babér (*Laurus nobilis*). Több közismert fenyőféle is ebből a régióból származik: pl. az atlanti cédrus (*Cedrus atlantica*), a ciprus (*Cupressus sempervirens*) ill. borókafajok (*Juniperus* sp.).

Az erdők helyén legeltetés, égetés hatására degradált növényzet alakul ki, egy kb. 2 m magasságú cserjés. Ennek neve a Földközi-tenger partvidékén **macchia**, Észak-Amerikában pedig **chapparal**. Ezeket a mediterrán cserjéseket a gyakori bozóttüzekhez való alkalmazkodás jellemzi.

Esőerdők a mérsékelt övön is találhatók (**mérsékelt övi (óceáni) esőerdők**), Észak-Amerika nyugati partvidékén, a megközelítőleg San Franciscótól Alaszkáig húzódó keskeny parti sávban. A klíma itt hűvös, csapadékos, de enyhe: ezek az erdők jellemzően fenyőerdők.

A **mérsékelt övi lombhullató erdők** mérsékelt-kontinentális jellegű klímában, legalább 4–6 hónapos vegetációs idő és kielégítő csapadék mellett fordulnak elő. Ide tartozik Európa nyugati és középső része, egy kelet-Európán át az Uralig húzódó sáv, kelet-Ázsiában egy kisebb terület, ill. az USA keleti fele. A legtöbb fafaj Kelet-Ázsiában található, Európában összesen mintegy 50 fafajt ismerünk. Ennek oka az, hogy a jégkorszakban számos faj, sőt egész nemzetségek tűntek el.

Európában jellemző erdőtípusok a tölgyesek: Angliában és Franciaországban az atlanti éghajlatú területeken, csapadékosabb-párásabb termőhelyen a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) alkot nagy kiterjedésű erdőségeket, a nyírrel (*Betula pendula*) elegyesen, közép-Európában pedig a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) a kocsányos tölggyel. Szárazabb termőhelyeken, ill. Délkelet-Európában elsősorban a csertölgy (*Quercus cerris*) és a magyartölgy (*Quercus farnetto*) az uralkodó. A tölgyeseknek gazdag a cserje- és a lágyszárúszintje.

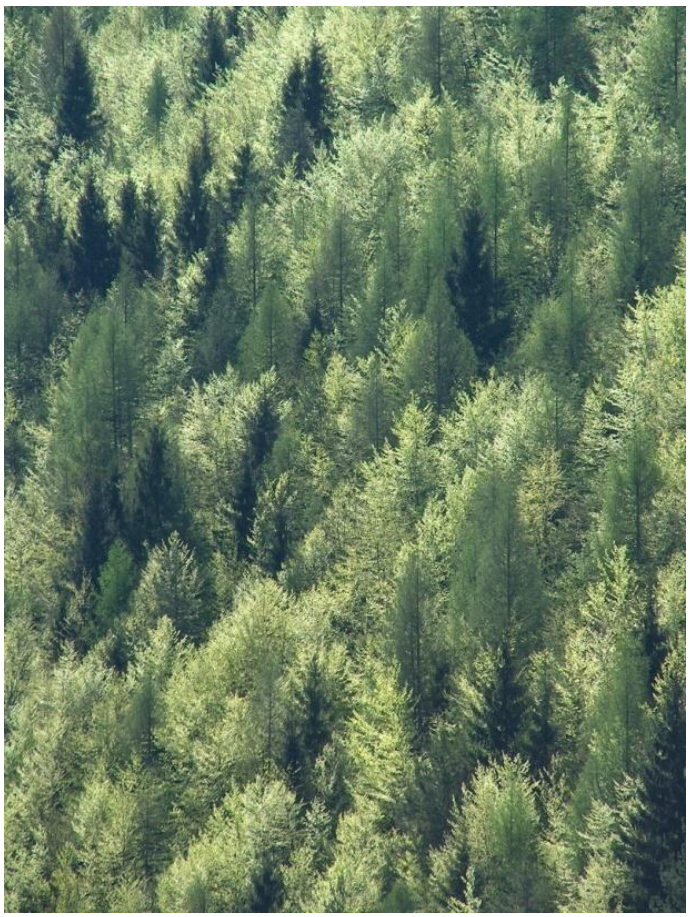
Közép-Európa hegyvidéki területein, ahol az éghajlat csapadékos és kiegyenlített, bükkösök találhatók. Nyugat-Európa atlanti tájain, ahol az éghajlat számukra kedvezőbb, már alacsonyabb térszíneken is megtelepednek. Uralkodó fa a bükk (*Fagus silvatica*), amelynek koronája olyan sűrűn záródik, hogy alig jut le fény a bükkös aljába. Cserjeszint ezért nem

alakul ki, a lágyszárúszintben élő hagymás-gumós növények (geofitonok) a bükk kihajtása előtt virágzanak.

A lomberdőzóna és a tajga határán változó szélességű **lombelegyes fenyves öv** húzódik, amelyben kislevelű hárs, kocsányos tölgy, kőris, korai juhar és szilfajok elegyednek az erdei- és lucfenyővel.

Még északabbra haladva, 4 hónapnál rövidebb vegetációs időszak és 0 °C alatti átlaghőmérséklet mellett alakultak ki a **boreális fenyőerdők** (tajga). (**60. ábra**) Cirkumpoláris elterjedésű, azaz az északi féltekén övként húzódik végig. Előfordul Európában Skandinávia és Észak-Oroszország nagy részén, Szibériában, a Távol-Keleten és az amerikai kontinensen, Kanadában is. Alacsony diverzitású együttes, a koronaszintet egy-két fafaj alkotja. Az aljnövényzetben törpecserjék, zuzmók, mohák élnek. Európában jellemző fajok a luc- és erdeifenyő.

A tajgaöv északi határán terül el az **erdős tundra**, ahol facsoportok, kisebb erdőfoltok csak a védettebb fekvésekben záródnak. Az erdős tundra képezi a fahatárt: ennél északabbra, a szubarktikus tundrán már a fásszárú növények közül legfeljebb törpecserjék tudnak megélni.



60. ábra: Boreális tajga

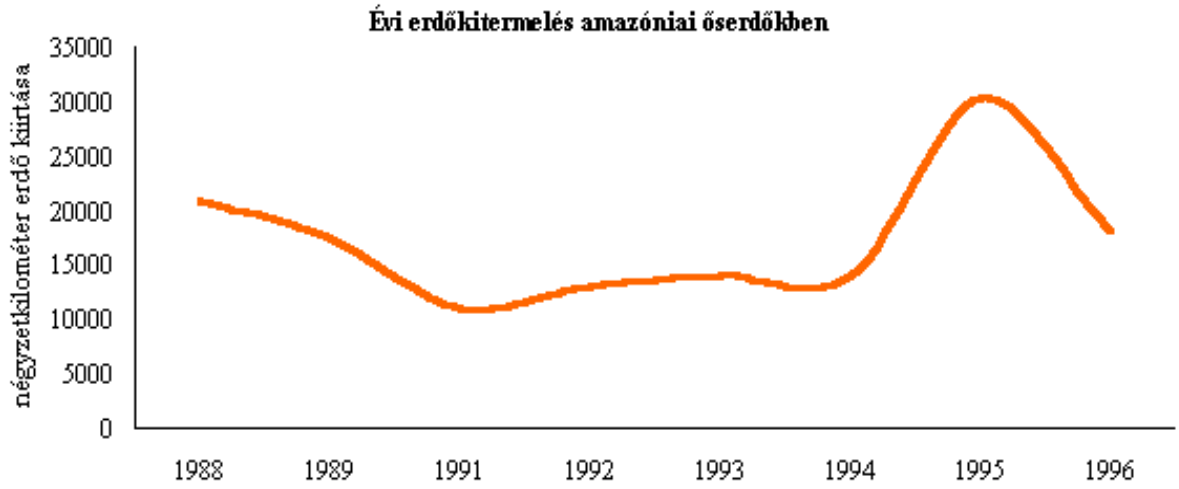
11.2.2 Az erdőirtás és ökológiai következményei

A világ erdőterülete évi 13 millió hektárral, azaz másfél magyarországnyi területtel csökken, de a természetes növekedésnek, és az új telepítéseknek köszönhetően lassul a csökkenés üteme (ENSZ Mezőgazdasági és Élelmezési Szervezete).

Az erdők irtásának mai ütemét alapul véve, 2050- re prognosztizálható, hogy a trópusi erdők mai nagy területei lényegesen csökkennek és részekre szakadnak, jelentős számú faj hal ki, a trópusi erdők flórája és faunája elszegényedik. A mérsékelt égövi erdők esetében ilyen drasztikus változás nem várható.

Az ENSZ Mezőgazdasági és Élelmezési Szervezete (FAO) felmérése szerint jelenleg a föld felszínének 30 százalékát borítja erdő, a 4 milliárd hektárnyi erdőterület kétharmada tíz ország − Ausztrália, az Egyesült Államok, Brazília, Kína, Kanada, Kongó, India, Indonézia, Oroszország és Peru − között oszlik meg.

Az utóbbi harminc év alatt az amazonasi esőerdő mintegy hatoda semmisült meg (**61. ábra**). Egy év alatt 23 ezer 750 négyzetkilométernyi erdő tűnt el az Amazonas medencéjében, ami Magyarország területének egynegyedének felel meg. 2002-ben még „csupán” 23 ezer 266 négyzetkilométernyi dzsungelt pusztítottak ki, vagy pusztult el más okból.



61. ábra: Évi erdőtermelésamazóniai őserdőkben

A fák kivágását elsősorban az magyarázza, hogy egyre nagyobb az igény a világon a szójatermesztésre és a marhatenyésztésre, a brazil farmerek pedig a szükséges területhez az Amazonas vidékén juthatnak hozzá. Napjainkban az illegális fakitermelés és kereskedelem

jelenti az erdők számára a legnagyobb veszélyt. A probléma elsősorban az Amazonas, Dél-Kelet-Ázsia illetve Oroszország távol-keleti területein a legsúlyosabb, és sok esetben védett területeket is érint. A szakértői becslések szerint Oroszországban a kitermelt fa 50 %-a, Indonéziában és Brazíliában pedig közel 80 %-a illegális kitermelés útján kerül forgalomba. A kitermelt mennyiség jóval meghaladja az erdők természetes megújuló képességét.

A FAO jelentése szerint az erdőkitermelés főként a fejlődő világ trópusi erdeire koncentrálódik, ahol 1980 és 1995 között évente 15,5 millió hektár erdőt vágtak ki. Az évi kitermelés 1990 és 1995 között 13,7 millió hektárra mérséklődött. Ázsiában és a Csendes-óceán térségében a legnagyobb mértékű az erdőirtás, hiszen az évi erdőkitermelési ráta itt 1,2 %. Ezt követi Dél-Amerika 0,8%-kal és Afrika 0,7%-kal. A szervezet által vizsgált országokban az utóbbi tíz évben csökkent az évente kitermelt erdőterületek mennyisége. Kivétel ez alól Brazília, ahol a kormány jelentései alapján a 90-es évek elejéig tartó kitermelési csökkenést 1995-ben több mint 30.000 km^2 erdőterület kiirtása követte, amely 1996-ban nemzetközi nyomásra 18.100 km^2-re csökkent. Műholdas hírforrások alapján a szervezet a kitermelés újabb növekedését jósolja az amazóniai esőerdőkben.

A kiirtott természetes trópusi erdők helyét többnyire olajpálma ültetvények vagy mezőgazdasági területek foglalják el. Ez utóbbi esetben a talaj igen hamar kimerül, így a gazdálkodóknak újabb földeket kell feltörniük.

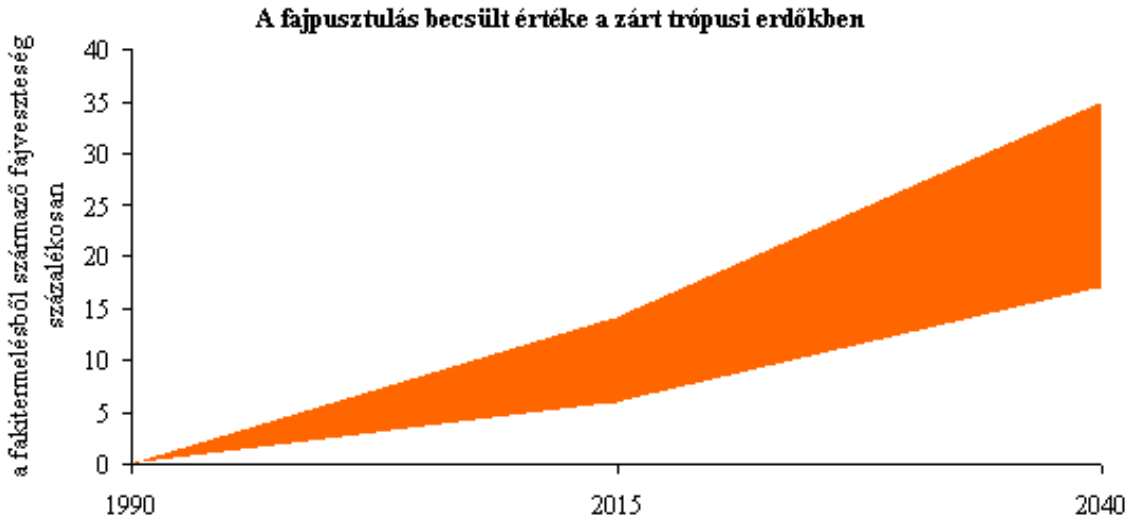
Két zöldszervezet is vitatja, hogy lassulna az erdőirtás üteme. A World Wide Fund for Nature (WWF) és a World Resources Institute (WRI) nevű nemzetközi zöldszervezetek szerint a FAO jelentése félrevezető. A WRI saját tanulmánya rámutat arra, hogy a FAO-jelentés azért fest hamis képet, mert beszámítja az évente ültetett erdőket is (átlagosan 3 millió hektár). A WRI saját adatai szerint a kilencvenes években 14 millió hektárnyi erdőt vágtak ki évente, ez az érték 2000-re 16 millióra nőtt. Ez azért érdekes, mert ha beszámítjuk a 3 millió hektárnyi évente ültetett erdőt, még akkor is négymilliós eltérés van a két szervezet becslése közt.

Az egyes régiókat vizsgálva a WRI hozzáteszi, hogy Délkelet-Ázsiában és Dél-Amerikában valóban csökkent valamelyest az erdőirtás mértéke, viszont Afrikában nőtt, Közép-Amerikában pedig nem változott. Észak-Amerikában és Európában több fát telepítenek, mint amennyit kivágnak. A WWF képviselője egyetért: szerintük a helyzet nem sokat változott, sőt lehet, hogy romlott. A FAO közleményében elismeri, hogy az erdőirtással kapcsolatos források gyakran nem egészen megbízhatóak.

11.2.2.1 A biodiverzitás csökkenése

A Föld legkomplexebb ökoszisztémái a trópusi esőerdők: míg területük a szárazföldek mindössze 5-6 %-át teszi ki, becslések szerint itt él a világ növény- és állatfajainak közel a fele (**62. ábra**).

Az évi 15 millió hektárra kiterjedő erdőirtás következtében a zárt trópusi erdőkben élő fajok körülbelül 6-14 %-a fog eltűnni 2015-re, és 17-35 %-a 2040-re. Ha az erdőirtás mértéke évi 10 millió hektárra csökkenne, akkor az esőerdőkben élő fajok 9-19 %-a tűnne el 2040-re hozzávetőlegesen, s ezzel egyidejűleg számos ritka, vagy unikális állat- és növényfajt is kipusztulás fenyeget. A gyógyszerkészítmények negyede olyan növényekből készül, amelyek csak az esőerdőben élnek. Az új, kísérleti rákgyógyszerek 70 %-a olyan növényeken alapul, amelyek kizárólag az esőerdőben élnek.



62. ábra: A fajpusztulás becsült értéke a zárt trópusi erdőkben

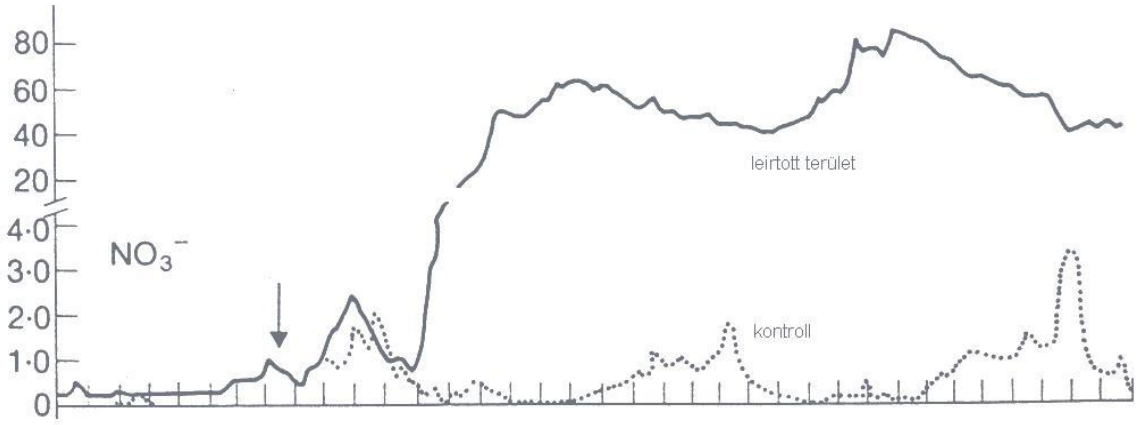
11.2.2.2 Az erdők szerepe a szén-dioxid ciklusban

A trópusi esőerdők négyzetméterenként kb. 1 kg szenet kötnek meg a levegőből, ez hektáronként kb. 1 tonnát tesz ki. Ezért jelentős tényezők a széndioxid-oxigén gázcserében, hosszú távon az üvegházhatás mérséklésében. Az amazonasi erdő területe a világ esőerdőinek felét teszi ki. Jelenleg évente 0,6 gigatonna széndioxidot nyelnek el, ez körülbelül a 8-10 %-a a nem megújuló energiaforrások elégetéséből a légkörbe kerülő széndioxid-mennyiségnek.

A legnagyobb fenyegetést a globális éghajlati rendszerre a huszadik század végén az üvegházhatást okozó anyagok egyre növekvő kibocsátása mellett az erdőirtás jelenti. A Föld tüdejének számító esőerdőknek körülbelül a fele tűnt el ebben az évszázadban, nagy része az elmúlt harminc évben. Jórészt mezőgazdasági és ipari okokból égetik fel és vágják ki az erdőket, rövid- és hosszútávon elképesztő károkat okozva a tőlük függő élővilágnak, áttételesen pedig az egész földi életnek. Mivel egyrészt globális problémáról van szó, a helyi, állami szabályozás ritkán segít. Másrészt sok szegény országnak nincs más gazdasági forrása, csak a nyersanyagai, nem állnak hát útjába a transznacionális fakitermelőknek.

11.2.2.3 Az erdőirtás és a vízgazdálkodás kapcsolata

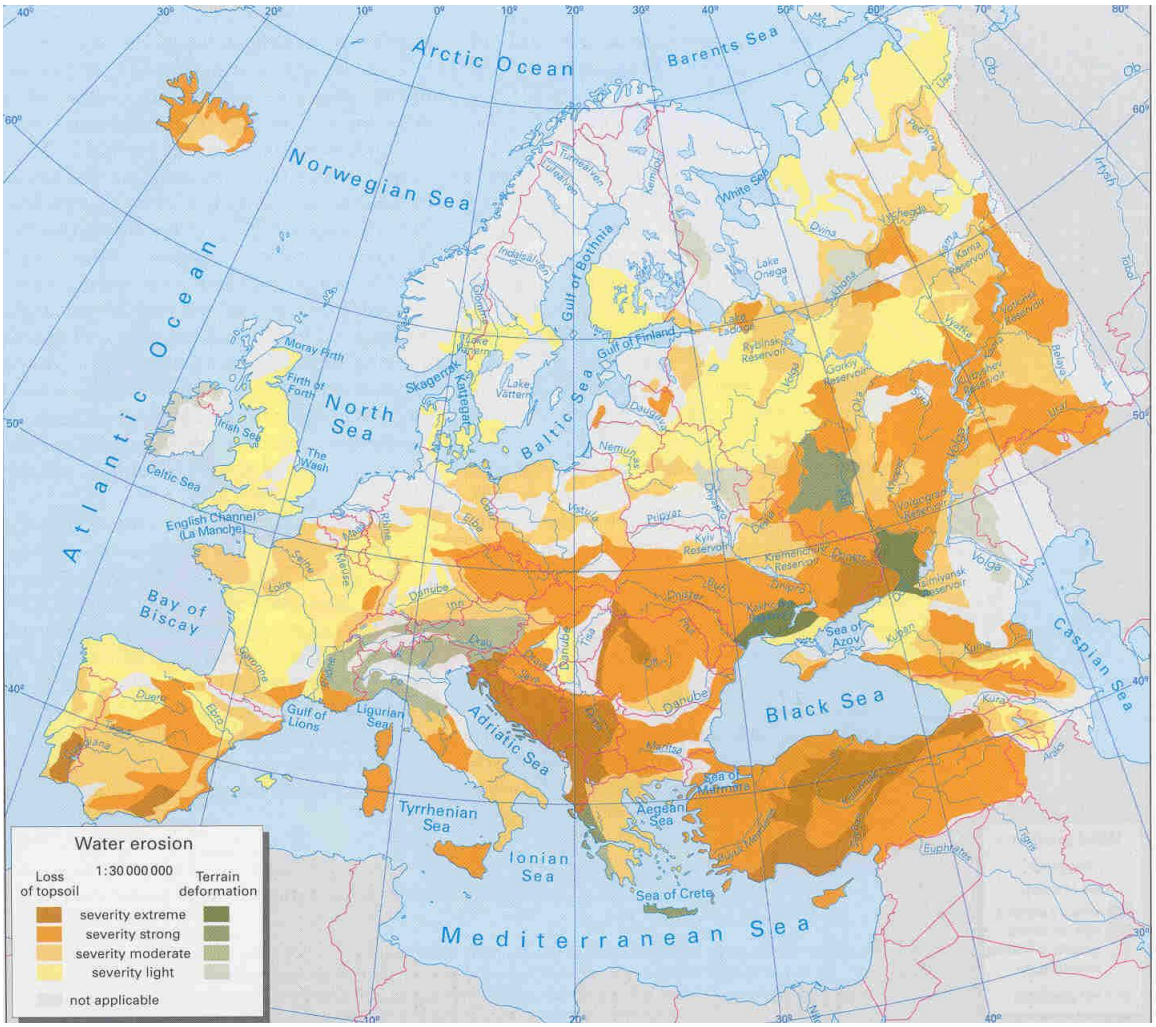
Az erdők természetes szerepe többek között a lehullott csapadék visszatartása, és a talajerózió megakadályozása. Azokon a területeken, ahol az erdőket kiirtják, értelemszerűen egyik funkció sem fog működni. A lehullott csapadék teljes egészében a talajra kerül és jelentős mértékű talajeróziót okoz. A **63. ábra** egy olyan kísérlet eredményét mutatja be, ahol az erdőt egy területről leirtották, és megmérték, különböző komponensekből mennyi kerül a Hubbard-patakba a leirtott és a kontrollként szolgáló, erdős területről. Itt példaként a nitrátot lehet látni: a fátlan területről lényegesen nagyobb mennyiség mosódik be.



63. ábra: Nitrát lemosódása erdős és leirtott területről (Forrás: Begon et al., 1986)

Egyre szaporodnak azok a hírek, amelyek özönvízszerűen lezúduló esőket, sárlavinákat, elöntött településeket mutatnak be. 2004-ben pl. Haitin több száz halálos áldozatot követelő árvíz keletkezett, amelyet Gérard Latortue haiti miniszterelnök a rendszeres erdőirtásnak tulajdonított. Haitin az erdőterület 80 százaléka már eltűnt, elsősorban azért, mert a lakosság a faszenet használja energiaforrásként. Hasonló a helyzet pl. a Fülöp-szigeteken is.

Sajnos hasonló tendenciák Európában is megfigyelhetők. A **64. ábra** Európai területeinek erózióveszély-térképe látható. A **65. ábra** egy jellegzetes, erdőirtás utáni angliai tájképet mutat be, és az erdőirtás szomorú következményét: az erodálódott területről akadály nélkül lezúduló sárfolyamot.



64. ábra: Európa erózióveszély-térképe

65. ábra: Tájkép erdőirtás után…

… és a potenciális következmények

11.2.2.4 Veszélyben a kelet-európai erdők

A WWF Duna Kárpátok Program Irodája által készített tanulmányok alapján elmondható, hogy az illegális erdőhasználat nemcsak a fejlődő országok problémája, hanem jelentős károkat okozó jelenség Kelet- és Közép-Európában is. A legjelentősebb problémák Bulgáriában, Szlovákiában és Romániában vannak. Bulgáriában a kitermelt famennyiség 45%-a, Szlovákiában 10%-a származik illegális forrásokból. Ezek az értékek mindkét országban jóval meghaladják a fenntarthatóan kitermelhető mennyiségeket. Romániában és Ukrajnában valószínűsíthetően hasonló a helyzet, de pontos adatok híján csak becslések vannak.

Az Európai Unió tagállamai tavaly év elején elfogadtak egy akciótervet (FLEGT − Forest Law Enforcement Governance and Trade), amelynek a célja az illegális forrásokból származó faanyag kiszorítása az EU fapiacáról, ahol jelenleg 10-15 milliárd Eurós forgalmat bonyolítanak ezek a termékek. A WWF már több ízben kérte az érintett kormányokat, hogy tegyék meg a szükséges intézkedéseket. Az érvényben lévő jogszabályokat áthágó illegális fakitermelések rendkívül súlyos természetvédelmi károkat okoznak. Romániában, Ukrajnában, Bulgáriában és Szlovákiában olyan erdők találhatóak, amelyeket nemcsak az adott országnak érdeke megőrizni, hanem az Európai Uniónak is, hiszen olyan fajok élnek ezekben az erdőkben, amelyek Nyugat-Európában már nem találhatóak meg (farkas, hiúz, barnamedve).

11.2.3 Az erdők védelme

Az FSC *(Forest Stewardship Council - Felelős Erdőgazdálkodás Tanácsa)* az egyik legelterjedtebb nemzetközi minősítés, amely garanciát jelent az ökológiailag fenntartható gazdálkodásra és a helyi lakosság jogainak és érdekeinek figyelembevételére. Az FSC-t 1993-ban hozták létre természetvédelmi szervezetek, faipari vállalatok, erdőgazdaságok és helyi közösségek. A tanúsítvány célja a világviszonylatban zajló környezetpusztító erdőgazdálkodás visszaszorítása.

A független akkreditált testülettől származó minősítés egyrészt garantálja, hogy az adott termék (fa- és papíráru) olyan erdőgazdaságból származik, ahol a kitermelés és erdő újratelepítés során figyelembe veszik a biodiverzitás és az ökológiai egyensúly fenntartását; ugyanakkor garantálja a helyi lakosság jogainak és érdekeinek figyelembe vételét, illetve a döntéshozatalba való bevonásukat.

Az alapítás óta eddig összesen 60 ország kapcsolódott be és mintegy 50 millió hektárnyi erdőterület nyert ilyen tanúsítványt; ebből 15 millió hektár Európa 21 országában található. Az utóbbi években folyamatosan nő a fenntartható használatú erdők területe, ami egyrészt a piaci keresletnek másrészt pedig annak tulajdonítható, hogy a bankok, biztosító társaságok az erdők tulajdonosaival, kezelőivel kötött biztosítási, hitelnyújtási szerződések esetén előnyként vagy feltételként tüntetik fel az FSC tanúsítvány meglétét.
Magyarországon jelenleg három területen (Mecsek, Nyírség, Somogy) összesen mintegy 140 ezer hektáron folyik FSC minősítésű erdőgazdálkodás.
Európában egyre többen gondolják úgy, hogy vásárlóként is szeretnének tenni valamit a természet és a helyi közösségek védelméért; ugyanakkor több nemzetközi (FSC, PEFC) és nemzeti minősítési (pl. Németországban Naturland) rendszer is létezik, amelyek között bizony néha nehéz eligazodni.

11.2.4 Hazai helyzetkép

11.2.4.1 Erdőterületek csökkenése

Ismereteink szerint az emberi tevékenység kiszélesedése előtt Magyarország területének mintegy 70 %-át borította erdő. Ez a II. világháború utáni évekre kb. 12 %-ra csökkent, ma ez az arány 18 %. Sajnos ennek mintegy fele, 9 % jelent csak természetközeli erdőket. 1945 után ugyanis hiába volt egy jelentős – 600 ezer hektáros – telepítés, ezzel egyidőben tovább csökkent a természetes és természetszerű erdők kiterjedése, egy részüket megsemmisítették és helyükre monokultúrás erdőket telepítettek. A szó szoros értelmében természetes az az erdő lenne, ahol az erdő fejlődését nem befolyásolta az emberi tevékenység. Ilyen erdő Magyarországon csak néhány speciális területen található. Helyesebb tehát természetszerű erdőkről beszélni, ahol ugyan megjelennek az emberi tevékenység hatásai, de a fajgazdagság a természetes erdőket megközelíti.
Az erdőirtás gyakorlatilag a földművelés és állattenyésztés megjelenésével egyidőre tehető, azaz már a neolit korban elkezdődött. A római korban is tudunk erdőirtásról, bár ekkor inkább hadászati jelentősége volt. A hadiutakat ugyanis a hegygerinceken vezették és a biztonságos belátás érdekében egy nyíllövésnyi távolságra az utak mentén kiirtották a fákat.
Közép-Európában a nagyarányú erdőirtás a bányászat, illetve faszénégetés és az üveghuták térhódításával a 13. században kezdődött. Az erdők pusztításának az üteme még inkább

felgyorsult a török hódoltságot követően. A 18. században a falvak újjáépítéséhez volt szükség sok fára, a 18-19. században pedig az ún. hamuzsír előállításához. A hamuzsír a fák elégetésekor keletkezett faszén kilúgzásával készült, egy mázsa fából kb. 5-6 deka hamuzsírt tudtak előállítani. Voltak évek, amikor közel 1 millió m^3 fát égettek el. Ez az időszak a 19. század közepéig tartott, amikor a hamuzsírt az ipari kálium-karbonát termelés váltotta fel.

Erdeink közül különösen veszélyeztetettek a vízközeli erdőtársulások: láperdők és ártéri, elsősorban keményfás (tölgy-kőris-szil) ligeterdők. Az ártéri erdők esetében még az is súlyosbító körülmény volt, hogy ezeknek a talaja ún. öntéstalaj, amely egyben kiváló minőségű termőterület.

Folyóink valamikori ártereinek a kiterjedése 2,4 millió hektár körül volt. Ma, amikor gátak közé szorítjuk a folyókat, az egykori árterekre a víz nem tud kijutni, így az ártéri élővilág a hullámterekre szorult vissza. A hullámterek kiterjedése ma mintegy 150 ezer hektár, amiből kb. 50 ezer hektárt borít erdő ill. faültetvény.

A vízrendezési munkálatokkal, pontosabban az ezek kapcsán bekövetkezett talajvízszint-csökkenéssel hozható összefüggésbe az alföldi erdők (pl. homoki és gyöngyvirágos tölgyesek) degradációja. A homoki tölgyesek kiterjedését leginkább a Duna-Tisza közén a folyószabályozások miatt bekövetkezett drasztikus talajvízszint-csökkenés szorította vissza. Ugyancsak nagy károkat okozott az is, hogy ezeknek a helyére fenyőültetvényeket telepítettek. Másik intrazonális és igen értékes társulás a sziki tölgyes. Mára csak két állományuk maradt fenn, az Ohati és a Margitai-erdő. Ezek védett területek. Általában elmondható, hogy az alföldi természetszerű társulások megmaradt foltjainak megóvására minden eszközzel törekedni kell.

Az elmúlt időszak ökológiai szempontból helytelen erdőművelési gyakorlata is sok kárt okozott. Elsősorban bükköseinket károsította, hogy az 1965-85 közötti két évtizedben igen sok, természetvédelmi szempontból nagy értékű, koros állományt termeltek ki. Fafajtól függően az egyedek biológiai élettartamuknál jóval korábban kerülnek kivágásra, így megszűnnek a biológiai értelemben vett öreg erdők, visszaszorulnak azok az élőlények amelyek ezekben az erdőkben találják meg életfeltételeiket.

Az erdőgazdaságok haszonérdekeltsége nemcsak a természetes állományok alacsonyra szabott vágáserettség koraiban jelentkezett, hanem abban is, hogy sok esetben az értékes őshonos állományok fenntartása helyett a gyors növekedésű, nemegyszer számos ökológiai

problémát okozó, vagy tájidegen fafajok és fajták telepítését helyezte előtérbe. Így például ártéri ligeterdőket nemesnyárasokra, homoki kocsányos tölgyeseket akácosokra és feketefenyvesekre, bükkösöket és tölgyeseket lucosokra, sőt helyenként erdei és/vagy vörösfenyvesekre cseréltek le.

A hullámtéri nemesnyár ültetvényeket a fűz-nyár ligeterdők helyére telepítették. Ma hullámtéri erdeinknek mintegy 40 %-a ültetvény. Amellett, hogy biológiai értelemben az egyik leggazdagabb erdőtípus tűnik el, a nemesnyárasok két további ökológiai veszélyt hordoznak magukban. Először is, ezekben az ültetvényekben olyan agresszív, tájidegen fajok szaporodnak el, mint például az amerikai zöld juhar (*Acer negundo*). Másodszor, a fekete nyárból származó nemesnyárak szaporodóképesek. Beporozva a fekete nyár egyedeket a genotípus megváltozását okozzák.

Összes fával borított területünknek mintegy 5 %-án találhatók akác monokultúrák. Az akác (*Robinia pseudoacacia*) (**66. ábra**) amerikai eredetű fa, számos ökológiai problémát okoz. Egyrészt nálunk nem él az a mikroflóra és mikrofauna, amely az elhalt akáclombot bontani tudná. Másrészt az akác pillangósvirágú lévén, a gyökerén olyan nitrogénkötő baktériumok élnek, amelyek hatására a talajban megnő a nitrogénfelhalmozódás. Így az akác mellett olyan nitrogénigényes gyomok jelennek meg, amelyek kiszorítják az eredetileg ott megtalálható növényeket. Az akácot eredetileg alföldi homokra telepítették. Legnagyobb veszélye abban rejlik, hogy folyamatosan nyomul fel a hegyvidékekre és egyenlőre nem lehet tudni, ennek a folyamatnak mik lesznek a következményei.

66. ábra: Akác (Robinia pseudoacacia)

Fekete és erdeifenyő ültetvények zömmel az alföldi homoki gyepeken ill. dolomit sziklagyepek (kopárok) helyén találhatók. Nemcsak értékes természetes növénytársulások semmisültek meg, hanem a fenyőerdőkben maradandó ökológiai változások is fellépnek, hiszen a hazai körülmények között csak nagyon lassan bomló tűlevelek elsavanyítják a talajt. Hasonló ökológiai problémákat okoznak az elsősorban az Északi-középhegységben telepített lucosok.

A tájidegen fajokkal végzett telepítések mellett egyre fokozódó gondot okoznak egyes gyomfák (pl. bálványfa, *Ailanthus altissima*), amelyek invazív, agresszíven terjeszkedő fajok.

A ma már környezetrombolónak tekintett erdőművelési technológiák is hozzájárultak erdeink degradációjához. A tarvágások területe ún. roncsolt területnek minősül. Itt az eredeti erdők helyén sok esetben másodlagos, degradált vegetáció fejlődik ki, az esetek nagy többségében közönséges, bolygatástűrő fajokból álló bozótos-cserjés növényzet. Erdeinket sűrűn behálózzák a széles feltáró utak, amelyek közvetlenül és közvetve is, a szegélyhatás révén okoznak kárt.

A túltartott nagyvadállomány is jelentős ökológiai problémákat okoz, különösen a tájidegen vadak elszaporodása (pl. muflon).

Erdeinknek vannak természetes ellenségei is. Erre jó példa a pár évenként robbanásszerűen elszaporodó gyapjaspille (*Lymantria dispar*), amely több hektáros erdőségeket tarolhat csupaszra (**67. ábra**).

67. ábra: Gyapjaspille... …..és egy általa lecsupaszított erdő a Balaton-felvidéken

11.2.4.2 Erdeink védelme

Jelenleg az erdők összterülete mintegy 1 787 400 hektár, az erdővel (faállománnyal) borított területek aránya, az erdősültség 19,2 %. Ez a szám magában foglalja a természetközeli erdőket és a faültetvényeket is. A védett természeti területeken álló erdők kiterjedése 348 944 hektár, amely az ország erdővel borított területének 19,5 %-át, Magyarország teljes területének 3,8%-át teszi ki. A fokozottan védett természeti területen álló erdők aránya nem haladja meg az ország erdővel borított területének 5%-át.

Elsődleges érdek, hogy olyan erdőművelési gyakorlatot alakítsanak ki, amely az eddigi profitorientált fakitermelési technológiával szemben biológiai-ökológiai alapokon nyugszik. A fenntartható erdőgazdálkodás azért is fontos, mivel a hazai flóra mintegy felének, illetve a fauna jelentős hányadának az erdő az élőhelye. Erdeink ezért fontos szerepet töltenek be a biodiverzitás fenntartásában. A korszerű erdőgazdálkodás feladata, hogy az erdőből kitermelhető fa mennyiségét úgy határozza meg, hogy az egyensúlyban legyen az erdők utánpótlódási ütemével.

Az áttérés a természetközeli erdőgazdálkodásra nem megy egyik napról a másikra. Első lépésként szét kell választani a természetközeli erdők művelését és a haszonfa-ültetvényeken alkalmazott monokultúrás nagyüzemi fatermelést. Erre a két tevékenységre külön-külön kell megállapítani a vonatkozó technológiai és gazdasági normákat.

Az erdészetben véghasználatnak nevezik azt a folyamatot, amikor tarvágáskor az öreg fák kivágása után az alattuk növő újulatból az adott területen újra erdő lesz. Újulat hiányában az erdőt mesterségesen kell felújítani, azaz facsemetéket kell telepíteni. Ennek során a következő ökológiai problémák léphetnek fel:

- Idegen helyről származó csemeték telepítése;
- A fafajok egy része szigetszerűen helyezkedik el, az egymástól távol eső, egymással szaporodási kapcsolatban nem levő állományok feltehetőleg eltérő genotípussal rendelkeznek (ezeket nevezzük ökotípusoknak). Hibát követünk el, ha az ország egyik részében megtermelt csemetét valahol máshol ültetjük el, hiszen feltehetőleg más ökotípust képvisel;
- Klónozás (vegetatív úton történő szaporítás);
- Vegetatív úton történő szaporítás során egyetlen példány génkészlete öröklődik tovább, így a populáció genetikai változékonysága radikálisan csökken;
- Elegyfák telepítésének mellőzése, vagy természetes arányuk megváltoztatása;

- Természetes erdeinkben az elegyfák (pl. madárberkenye egy bükkösben, vadcseresznye vagy barkócaberkenye egy gyertyános-tölgyesben) hiánya az erdő képének szegényedéséhez, az életfeltételek beszűküléséhez vezet. Az erdőfelújítás során tehát az elegyfák telepítésére is gondot kell fordítani. Ez néha problémákba ütközik, vagy azért, mert nem ismerjük pontos előfordulási arányukat, vagy mert nem sikerül megfelelő faiskolai anyaghoz jutni.

Bizonyos területeken ugyanakkor nem szabad erdősíteni, illetve el kell kerülni a beerdősülést. Az első csoportba tartoznak azok az élőhelyek, amelyekre eredendően fátlan növényzet jellemző, pl. a szikla- és löszgyepek. A második csoportba pedig azok, amelyeken a természetes szukcessziós folyamatok a beerdősülés irányába hatnak, így például hegyvidéki kaszálók, láprétek benyíresednek, a karsztbokorerdők virágos kőrises erdőkké alakulnak.

Az erdőgazdálkodásnak végül a termelési, erdő- és természetvédelmi funkciókon, tevékenységeken kívül még egy harmadik funkció kielégítésére is törekedni kell: az erdők jelentős része egyre erősödő társadalmi igényeket elégít ki, szociális-üdülési feladatokat lát el (**68. ábra**).

68. ábra: Turistaút a Bükk-hegységben

Az 1997-ben az Országgyűlés 83/1997. (IX. 26.) számú határozatával elfogadott *Nemzeti Természetvédelmi Alapterv 1997-2002* hat évre meghatározta a hazai természetvédelem főbb irányait és prioritásait. Ennek folytatásaként, de attól jelentősen eltérő szerkezetben készült el a *Nemzeti Természetvédelmi Alapterv 2003-2008.* E szerint az erdőterületek arányának ill. kiterjedésének a növelése a következő értékek szerint kívánatos (**36. táblázat**):

36. táblázat: Az erdőterület elvárt növelése a Nemzeti Természetvédelmi Alapterv

	Jelenlegi állapot	**Célállapot**
a faállománnyal borított és erdőfelújítási kötelezettség alá tartozó terület aránya (erdősültség)	19,20%	20,0%
az őshonos fafajokkal borított erdőterületek aránya az ország területéhez viszonyítva	9,50%	10,5%
védett természeti területeken lévő erdők kiterjedése (összes erdő arányában)	21,00%	25,0%
fokozottan védett természeti területeken lévő erdők kiterjedése (összes erdő arányában)	5,00%	6,5%
erdőrezervátumok területe (összes erdő arányában)	0,55%	1,0%

Védett természeti területnek minősülnek az ún. erdőrezervátumok. Eddig 63 erdőrezervátum-terület kijelölése történt meg 13 101 ha összterülettel. Ebből 49 védett természeti terület erdőrezervátummá nyilvánítása már megtörtént (9731 ha). A további 14 erdőrezervátum céljára jelölt − részben nem védett − természeti terület esetében az erdőrezervátummá nyilvánító miniszteri rendelet előkészítése folyamatban van. Az erdőrezervátumok erdőállományai az országos átlagnál idősebbek, jobbára száz évesnél idősebb bükkösökből, molyhos tölgyesekből állnak.

12 Földünk vészjelei

Jamniczky Rozália

E fejezet olyan jelenségeket sorakoztat fel, melyeket sokáig nem értett az Emberiség, de rá kellett ébrednünk , hogy pont az Emberiség az aki közvetve vagy közvetlenül, de okozza e hatásokat. Az itt felsorolt jelenségek egy részét már korábbi fejezeteinkben részleteztünk, azonban a „teljesség" kedvéért itt is felsorolásra kerültek, megemlítve a részletező fejezeteket.

Mint látjuk jelenleg olyan ütemben folyik a bolygó energiáinak felemésztése, hogy 2050-re két Bolygónyi természeti erőforrásra lenne szükség igényeink kielégítésére. Az emberiség „ökológiai lábnyoma" − vagyis az emberek igénye a természettel szemben − oly nagyra nőtt, hogy a Föld már nem képes önmaga regenerálására. A Föld ökoszisztémáit még soha olyan mértékben nem szipolyozta ki az emberiség, mint manapság. 1961 és 2003 között az „ökológiai lábnyom" több mint háromszorosára nőtt. Felmérések szerint az emberiség már 2003-ban 25 %-kal túllépte a bioszféra teljesítő képességét.

Döntő választás előtt áll az emberiség. Meddig fokozhatja népességünk kisebb hányada felfokozott fogyasztói szokásait, és a népesség többsége mennyire lesz képes életszínvonalát az emberi életmód felé közelíteni. Az életszínvonal emelése a természetre rótt terhek csökkentése mellett nem lesz könnyű. A városok amelyeket ma építünk, vagy a romboló túlfogyasztásba hajszolják a társadalmakat, vagy pedig rákényszerítik a fenntartható életvitelre a ma és a jövő nemzedékeit.

E természettel szembeni túlzó halsználatunkra, különböző hatásokat, jelenségeket tapasztalunk, melyeket az emberiség nagyon hosszú ideig nem tudott megmagyarázni. Mostanra a tudományos kutatásoknak és a megfigyeléseknek köszönhetően, rá kellett jönnük hogy pont az emberiség az, aki tevékenységével a természetet alakítja és aggresszív válaszlépésekre sarkalja., ráadásul min-e vészjelek egy irányba mutatnak, a globális klímaváltzás felé.

Hiszen környezetünk hőmérséklete fokozatosan emelkedik, nyaraink egyre melegebbek, teleink egyre hűvösebbek, ugyanakkor a szélsőséges időjárás sem ritka. Ennek oka a túlzott üvegházhatású gázok (szén-dioxid, metán) kibocsátása, emellett a sztratoszférikus ózon mennyisége antropogén szennyezők hatására nagy mértékben megfogyatkozott. A felmelegedésnek köszönhetően, a jégkorszakból ránk maradt gleccserek mára eddig soha nem tapasztalt ütemben olvadnak, a jégtakaró egyre csökken, hegységeinket borító hósipkák fokozatosan visszahúzódnak, esetenként eltűnnek. A korábban fehér hóval borított felszinek ezáltal feketére váltanak, így a nap sugarait is kevésbé verik vissza, így egyre gyorsulóbbá

válik az olvadás. A fagyott állapotban lévő víz olvadaásának köszönhetően megemekedik a tengerszint, ezáltal felhígulva mind a sókoncentrációt tekintve, mind pedig a víz hőmérsékletét figyelembe véve. Ezáltal megváltozhatnak, sőt le is állhatnak az óceánban működő szállító szalagok, melyek az érintett területek mikroklímáinak kialakulásáért felelősek. A fokozatos hőmérséklet emelkedés miatt nő a párolgás, ennek köszönhetően az állóvizek – a tavak – felszíne csökken, a légköri páratartalom nő, így tovább fokozódik a felmelegedés. Az esőzés intenzívvé válik, emellett azonban nem ritka a tartós aszály sem. Az erdőterületek egyre gyorsuló ütemben fogynak, ami a szélsőséges időjárás miatt elszaporodott kártevőknek és legfőképen az emberi tevékenységnek köszönhető. Így máris visszaértünk a körfolyamatunk elejére, hiszen ha csökken a zöldnövénnyel borított terület mértéke, akkor csökken a fotoszintézis kapacitás, így több szén-dioxid marad a légkörben, ami tovább fokozza a felmelegedést. E természeti változások miatt folyamatosan csökken az élővilág diverzitása, emellett az éghajlat és a mikroklíma változása miatt elszaporodnak az endematikus növényi és állati populációk, kiszorítva az őshonos fajokat, mely megint csak biodiverzitás csökkenéshez vezethet.

A globális klímaváltozás magaután vonja a szélsőséges időjárást, mely gyakran természeti katasztrófába torkollik. A környezeti, gazdasági és társadalmi hatások miatt immunrendszer ellenállóképessége csökken, ezáltal újra és újra felüti fejét egy-egy már rég elfeledett betegség, járvány, illetve a kórokozók kiváló alkalmazkodóképességének köszönhetően egyre kevésbé tudunk ellenük védekezni.

12.1 Atmoszférikus változások

12.1.1 Magasabb hőmérséklet

Bolygónk éghajlata melegszik. Az utóbbi évtizedben rekord éves átlaghőmérsékleteket mértek. A Föld különböző vidékein megfigyelték a felmelegedés más jeleit is:

- a jég eloszlásának változása
- a tengerszint változása
- a tengerek hőmérsékletének változása
- a tengerek sótartalmának változása

A melegedési tendenciára hatással volt az emberi tevékenység is – főleg a fosszilis energiahordozók elégetése és ennek nyomán az üvegházhatású gázok szaporodása a légkörben.

Az üvegházhatás a földi légkör hővisszatartó tulajdonságát jelenti, ami egyik fontos tényezője annak, hogy bolygónk nem hideg pusztaság. A Nap által sugárzott energia nagy része visszaverődik a világűrbe, másik hányadát a légkör elnyeli, végül ami eljut a Földre, az ott elnyelődve hőenergiává alakul át. A Föld felszíne ezt a hőt sugározza vissza a légkörbe, ezáltal melegítve annak alsó rétegeit. A felszín hosszú hullámú sugarakat is kibocsát, amelynek legnagyobb részét a levegő vízgőz- és széndioxid-tartalma elnyeli, hővé alakítja és visszasugározza a Föld felé. Ez a rendszer tartja melegen a bolygónkat

A légköri üvegházhatásért elsősorban a vízgőz felelős, melynek mennyisége kb. 13 billió tonna. Mennyiségét az ember csak közvetve befolyásolhatja. A többi üvegházhatású gáz mennyisége jóval kisebb, kb. 360-370 milliomod térfogatrész. Mennyiségüket az ember számottevően módosíthatja, befolyásolva így a Föld éghajlatát.

A hőmérsékletben és a páratartalomban bekövetkezett fokozatos és apróbb változások élettani és viselkedésbeli válaszokat egyaránt kiváltanak. Az egészséges emberek egy hatékony testhőmérséklet-szabályozó rendszerrel rendelkeznek, amely ellensúlyozni tudja a környezeti hőmérséklet kisebb emelkedését. A hőmérsékleti kényelemérzet így bizonyos határok között fenntartható. A gyenge egészségű vagy beteg emberek, akik élettanilag kevésbé rugalmasak, nem fognak ilyen jól alkalmazkodni.

A globális felmelegedés legnagyobb veszélye azonban nem a hőmérséklet fokozatos emelkedéséből, hanem az egyre gyakoribb és nagyobb hőmérsékleti szélsőségekből adódik.

Az átlaghőmérsékletben bekövetkező kis emelkedés azt jelenti, hogy minden évben sokkal több napon lesz szélsőséges a hőmérséklet.

A hőhullámok, amikor a nappali környezeti hőmérséklet több egymást követő napon meghaladja a testhőmérsékletet, gyakrabban fognak előfordulni. Úgy becsülik például, hogy Washingtonban, ahol jelenleg évente átlag egy nap emelkedik a hőmérséklet 38°C fölé, 2050-re évente átlagosan 12 ilyen nap lesz. Ezzel együtt azoknak a napoknak a száma, amikor a hőmérséklet 32 °C fölött van, kb. 10-ről 30-ra emelkedne.

A mérsékelt és forró égövi országokban a magasabb nyári hőmérsékletek miatt meg fog növekedni a meleggel összefüggésben álló tényezők okozta súlyos betegségek és halálesetek száma. Az idős emberek különösen nagy veszélyben vannak; a fejlett országokban a hőhullámok során meghalt, ill. kórházba került emberek három-negyede 60 év fölötti. Egy 85 éves ember kb. hatszor nagyobb valószínűséggel hal bele egy hőhullám hatásaiban, mint egy 60 éves, míg a csecsemők és a kisgyerekek 5-10-szer valószínűbben halnak meg, mint a nagyobb gyerekek.

A legközvetlenebb hőmérsékleti hatás a hősokk, amely hőkimerültséghez és hőgutához vezethet.

- A hősokk abból adódik, hogy a testhőmérséklet és a vérnyomás szabályozásának egyensúlya az egymással való versengés kényszere következtében felbomlik.
- A hőkimerültség, amelyet szédülés, gyengeség és fáradtság jellemez, a testnedvek és sók egyensúlyának felborulásából adódóan lép fel. Jellegzetesen több napi magas hőmérséklet és verítékezés után lép fel.
- A hőguta viszont súlyos állapot, amelyben a belső testhőmérséklet meghaladja a 41 °C-ot, amikor is zavarodottság, kábulat, majd eszméletvesztés áll be. A kimenetele gyakran végzetes.

A 2005-ös év volt eddig a legmelegebb a Földön, legalábbis a tizenkilencedik század vége, a tudományos módszerekkel történő hőmérsékletmérések kezdete óta (NASA).

A hőmérséklet különösen az északi-sarki övezetben emelkedett, ahol a gleccserek olvadásának felgyorsulását is megfigyelték. Az elmúlt évtizedben mérték az évszázad öt legmelegebb éves átlaghőmérsékletét. A júliusi kánikula még élénken él emlékezetünkben. De nem csak nekünk, hiszen a rendkívül forró, száraz napok Európán kívül jellemzőek Észak-Amerikára és Kelet-Ázsiára is.

A jelenség meglepte a meteorológusokat, hiszen a forróság és a szárazság korábban regionális, és nem globális problémaként jelentkezett. A klímaváltozást vizsgáló nemzetközi program szakértői közelmúltbeli találkozójukon határozottan állították, hogy a hosszú kánikula, valamint a területek nagy számának érintettség alapján a júliusi időjárásunk már a globális klímaváltozással hozható összefüggésbe.

Az üvegházhatású gázok kibocsátása növeli a hőhullámok kialakulásának valószínűségét, így 2040-re egy, a mostani júliushoz hasonló időjárású nyár átlagosnak lesz mondható, 2060-ban pedig egyenesen hűvösnek találjuk majd.

A NASA szakemberei a Terra műhold méréseinek segítségével különleges térképet is készítettek a forró júliusról. A térképen azt mutatták be, hogy 2006. július 12-19. között a felszín átlaghőmérséklete mennyivel volt alacsonyabb illetve magasabb az előző hat év (2000-2005) ugyanerre a hétre mért felszíni átlaghőmérsékleténél. Egyes területeken a hőmérséklet akár 10 °C-kal is meghaladhatta az előző évek átlagát.

Extrém hőségtől szenvedett az USA nagy része valamint Észak- és Nyugat-Európa. Nyugat-Kaliforniában az átlaghőmérséklet több városban meghaladta a 40 °C-t, a Death Valley nemzeti parkban 56,5 °C-t is mértek. Angliában és Skóciában átlagosan 7, Franciaországban és Németországban 7-9 °C-kal mértek nagyobb melegeket, mint a korábbi években. Pakisztán, Banglades, Dél-India 3, Közép-Kína 5 °C-kal forróbb júliust élt meg idén.

Még a dél-amerikai tél se a régi. Uruguayban, Argentínában illetve Chilében a korábbi évek átlagánál 7 °C-kal melegebb a tél. Ráadásul csapadékmentes is, a területen húsz éve nem esett olyan kevés eső, mint idén.

2006. júliusában bolygónk legkellemesebb helyei – legalábbis a hőmérséklet szempontjából – Oroszország nyugati része, Szibéria, Észak-Korea és Japán voltak.

A világon eddig végzett legnagyobb éghajlat-előrejelzési projektek egyike arra a megállapításra jutott, hogy a Föld egészének hőmérséklete akár 11 °C-kal is növekedhet, ha a globális felmelegedés folyamatai tartósnak bizonyulnak. Ez a 11 °-os felforrósodást sejtető adat óriási mértékben eltér a korábbi hasonló tanulmányok által jósolt mértéktől, tulajdonképpen kétszer akkora felmelegedést jelez előre, mint a többi kutatás.

12.1.2 Több szén-dioxid

Komoly probléma, hogy a felmelegedés soha korábban nem tapasztalt gyorsasággal megy végbe. A légkör kémiai összetételében az emberi tevékenység hatására az utóbbi évtizedekben nagyobb változások következtek be, mint a korábbi évszázezredek alatt.
A modern kor embere igen nagy mennyiségben kezdett fosszilis eredetű energiahordozókat égetni, egyre növekvő igényei kielégítésére. Ezzel drasztikusan növelte a levegő szén-dioxid, dinitrogén-oxid, metán, halogén és egyéb üvegházhatású gáz tartalmát. Ezeknek a gázoknak a levegőben található koncentrációja évről-évre nő, fokozva ezzel a földi légkör üvegházhatását, ami globális felmelegedéshez, éghajlatváltozáshoz vezethet.
Az üvegházhatást a vízgőzön kívül további gázok is befolyásolják. Ezek közül a legnagyobb arányú a szén-dioxid (45 %). Mennyisége a légkörben évmilliókon keresztül közel állandó volt. Az ipari forradalom kezdetétől azonban jelentős változások következtek be.
A fosszilis tüzelőanyagok elégetése során évente közel 20 milliárd tonna szén-dioxid kerül a légkörbe, ami teljes, 2,8 billió tonnára becsült szén-dioxid-tartalomnak közel 1 %-a. Az erdőirtások 4-7 milliárd tonna szén-dioxidot juttatnak évente a légkörbe és emellett csökkentik a szén-dioxid egyik legfőbb elnyelőjét, a vegetációt. A légköri szén-dioxid-koncentráció növekedésének üteme jelenleg körülbelül 1,45 %/év. A légkörben a szén-dioxid és az egyéb üvegházhatást előidéző gázok mennyisége fokozatosan és egyre gyorsuló ütemben emelkedik az ipari forradalom óta.
A Kormányközi Éghajlatváltozási Panel (IPCC) 1995-ben készült értékelő jelentése szerint:

- az üvegházhatásért felelős gázok koncentrációja emelkedett és jelentősen emelkedni is fog,
- a légkör emelkedő szén-dioxid-tartalma miatt a Föld felszíni középhőmérséklete átlagosan 0,3-0,6°C-kal nőtt,
- a klímaváltozást bemutató szimulációk igazolják, hogy az üvegházhatásért felelős gázok és aeroszolok várható kibocsátási értékei alapján a Föld felszíni középhőmérséklete átlagosan 1,4-5,8°C-kal fog emelkedni 2100-ra.

Sokan felhívják a figyelmet arra, hogy a klímaváltozás nem egyértelműen azonosítható a globális felmelegedéssel. A klímaváltozás magában foglalja az időjárási szélsőségeket is, azaz nő az éghajlati változékonyság, és az éghajlati szélsőségek egyre gyakoribbak és nagyobb mértékűek lesznek.

A feltételezett globális klímaváltozás lehetséges hazai hatásaira ismételten ráirányították a figyelmet a közelmúlt szélsőséges meteorológiai és hidrológiai viszonyai.
A nagy melegben megnő a vízfelhasználás, amit ráadásul a csökkenő csapadék- és a vízkészletek növekvő párolgása miatt kevesebb vízből kellene fedezni. Növekedhet a hűtésre, légkondicionálásra és talajmegmunkálásra fordítható energia.
A több nyári napsütés – a felszínhez közeli rétegek szennyezettségétől függetlenül – növeli a nyári, fotokémiai szmog kialakulásának esélyét az ipari körzetek, városok környezetében.
Elvileg ritkábbak lesznek az áprilisi-májusi, illetve a szeptemberi-októberi fagyok, ám a tenyészidőszak meghosszabbodásával a kockázatos időszakok is a hideg évszak felé tolódnak. (**lásd még 9. fejezet**)

12.1.3 A légkör metán koncentrációjának növekedése

Bár a kilencvenes évek közepén úgy tűnt, hogy a Föld légkörében az üvegházhatásért is felelős metán koncentrációja stagnál, sőt, kis mértékben csökken, a klímakutatók most azt állítják, a statisztikák csalókák voltak. A földből kiáramló metángáz valóban csökkent, ám az emberi eredetű metán mennyisége növekedett.
A klímakutatók sokáig keresték az okát a kilencvenes évek vége felé annak a jelenségnek, hogy a légkörben megfigyelhető metángáz mennyisége a globális felmelegedés ellenére miért nem növekszik. A nyolcvanas évek mérései ugyanis azt mutatták, hogy az üvegházhatásért felelős metán koncentrációja drasztikus mértékben emelkedett, amely természetesen nagyban hozzájárult a globális felmelegedés ütemének gyorsulásához, ám ez a növekedés megtorpant a kilencvenes évek közepére. Környezetvédők és optimista szakemberek a jelenség mögött azt feltételezték, hogy figyelemfelkeltő munkájuk eredményeképpen stabilizálódik a metánkoncentráció.
Az optimizmus már lassan kezdett átragadni a környezet védelmével foglakozó világszervezetekre is, így többek között az International Panel on Climate Change (IPCC) nevű intézményre. Az IPCC jelentésében még igen optimistán szól a légköri metán mennyiségéről: tanulmányuk szerint a korábban becsültnél jóval kevesebb metángáz fogja szennyezni a légkört, ami hozzájárulhat a globális felmelegedés ütemének csökkenéséhez.
Csakhogy a jelentés szerzői még nem olvasták Philippe Bousquet csapatának a Nature-ben megjelent tanulmányát, amelyben a francia kutató arra hívja fel a figyelmet, hogy a tudósokat tulajdonképpen egy egyszerű természeti jelenség csapta be. Bousquet és csapata 1984 és

2003 között világszerte 68 helyen végzett mérések kielemzésével és bizonyos természeti jelenségek figyelembevételével állapította meg, hogy a földből természetes módon kiáramló metán mennyisége a kilencvenes években valóban jelentősen csökkent.

Ez elsősorban annak volt köszönhető, hogy a légköri metán elsőszámú természetes forrásai a mocsaras, vizenyős területek a jelentősebb szárazságok miatt visszahúzódtak, sok helyen el is tűntek. (A korábbi feltételezések azt mutatták, hogy a hatalmas erdőtüzek okozzák a legnagyobb természetes kárt a levegőben, ám a mostani tanulmány azt is kimutatta, hogy a légköri metángáz növekedését vagy éppen csökkenését elsősorban a mocsarak, lápvidékek befolyásolják.)

A kilencvenes években megfigyelt stagnáláshoz járult még hozzá minden valószínűséggel a volt Szovjetunió és ipari termelésének összeomlása, amely átmenetileg szintén csökkentette, de legalábbis stabilizálta a metángáz kibocsátását. A trend azonban az ázsiai országok, köztük is elsősorban Kína robbanásszerű ipari fejlődésével egyértelműen megváltozott, ami arra is rámutat, hogy a stagnálás elsősorban nem emberi beavatkozásnak, hanem a mocsarak visszahúzódásának volt köszönhető.

Éppen emiatt a kép sokkal szomorúbb, mint azt az ezredforduló környékén hihettük: a legfrissebb jóslatok szerint ugyanis a lápvidékek pusztulása visszájára fordul, sőt, az északi régiókban, a permafrost, az örökké fagyott talaj lassú felolvadásával újabb és újabb területek mocsarasodhatnak el. Ezzel viszont az autókból, gyárakból, hulladéklerakókból kiáramló metán mennyigését a természet nemcsak hogy kompenzálni nem tudja, de jelentősen meg is növeli. A metánnal a legnagyobb probléma az, hogy ugyan jóval kisebb mennyiségben van jelen a légkörben, mint a a szén-dioxid, ám legalább húszszor hatékonyabban fejti ki káros hatását. A metángáz egyébként a jelenlegi becslések szerint már most is legalább egyharmad arányban felelős az üvegházhatás felgyorsulásáért. A légkörbe kerülő metán összmennyiségének mindössze egyharmada származik természetes forrásokból (mocsarakból, erdőtüzekből, szénbányákból illetve az óceánok mélyéről), kétharmada emberi eredetű.

A negatív tendenciát erősíti, hogy egyes becslések szerint az óceán mélyéről felbuggyanó metángáz mennyisége is jelentősen növekedhet a közeljövőben. A globális felmelegedés ugyanis az óceánok mélyén megbúvó metángázokat is felszabadítja, amely a légkörbe kerülve csak méginkább elősegíti a globális felmelegedés növekedését, egy ördögi kört elindítva ezzel. (**lásd még 9. fejezet**)

12.1.4 Az ózonpajzs állapota

A sztratoszférában körülbelül 15-30 km magasságban előforduló, három oxigénatomból álló ózon fontos szerepet tölt be a földi élet védelme szempontjából: elnyeli a káros ultraibolya sugarak jelentős részét. Az ózonréteg fogyatkozása menetrendszerűen télen és a sarkvidékek térségében következik be.

A 2005-ös tél, ami a déli sarkvidéken márciusban köszönt be, hidegebb volt, mint a 2004-es, ám annyira zord nem volt, mint 2003-ban. Ezzel magyarázható, hogy az ózonlyuk kiterjedése a 2003-asnál kisebb, a 2004-esnél viszont nagyobb volt. 2003-ban az ózonfogyatkozást 29 millió négyzetkilométer területen figyelték meg, ekkor a déli sarkvidéken túlra, egészen Dél-Amerika déli területéig elért. 2005-ben a kiterjedése 25 millió négyzetkilométer volt. Ez az érték megegyezik az 1995-2004 között mért átlaggal.

A kutatók szerint a déli sarkvidék felett évente megjelenő ózonlyuk az elkövetkező 5-10 évben még növekedhet, majd a helyzet fokozatosan javulhat. Az évszázad közepére elképzelhető, hogy az ózonfogyatkozás veszélyével már nem kell számolni.

Miért fogyatkozik az ózonréteg, és miért elsősorban a rendkívül hideg sarkvidékeknél?

Ismert, hogy az ózonlyuk kialakulásáért klórvegyületek felelősek. A klór elsősorban az emberi tevékenység (légkondicionálók, hűtőgépek, szigetelőhabok), nevezetesen a klórozott szénhidrogének (CFC-k) kibocsátása folytán kerül a légkörbe. A CFC-k akár ötven-száz évig is megmaradhatnak a légkör alsóbb részében, évtizedek is eltelhetnek mire a légkör 30 kilométeres magasságaiba jutnak, ahol a Nap ultraibolya sugárzásának hatására szétbomlanak. A CFC-k használatát ma már nemzetközi egyezmények tiltják.

A CFC-molekulákból felszabaduló klór a sztratoszférában stabil vegyületekké, úgynevezett „klórrezervoárokká” alakul át. A klórrezervoárok közé elsősorban a sósav gáz halmazállapotú vegyületei tartoznak, amelyek a légkör közönséges alkotórészei, például a metán és a klór-nitrát, illetve a nitrogénvegyületek között végbemenő kémiai reakciókban keletkeznek. A klórrezervoárok önmagukban még nem bomlasztják a légkört. Ha azonban a klór valamilyen módon felszabadul, akkor az ózonréteg káros elvékonyodásához vezet.

Amikor a sztratoszféra hőmérséklete -80 °C köré süllyed, benne erős felhőképződés indul el. E felhők kémiai összetétele jelentősen eltér a légkör alacsonyabb részében, a troposzférában ismert felhőkétől. A sztratoszférában a nagy hidegben keletkező felhők az addig veszélytelen klórrezervoárokból nitrogént kötnek meg, amely révén a vegyületekből felszabaduló klór katalizátorként kezdi bomlasztani az ózonréteget. (**lásd még 9. fejezet**)

12.2 Hidroszférikus változások

12.2.1 Vékonyodó jégtakaró

Grönland és az Északi-sarkvidék jégtakarója olyan ütemben olvad, hogy 2100-ra már csak a mai töredéke marad fenn – derül ki egy négy éves kutatásból. A változásokhoz négymillió embernek kell alkalmazkodnia.

Nemcsak a sarkvidéki emberek és az állatvilág számára jár drámai változásokkal az arktiszi jégtakaró gyors ütemű olvadása, a világ más tájain az alacsonyan fekvő partvidéki területeken élőkre szintén komoly veszélyt jelent a vízszint növekedése.

2004 szeptemberében az Északi-sarkvidéket az éves átlagnál 13,4 %-kal kevesebb jég borította, azaz csaknem 14 Magyarországnyi terület olvadt el a nyáron – állítják az amerikai Colorado Egyetem kutatói a NASA műholdfelvételei alapján.

2002-ben az északi-sarkvidéki jég 15%-kal csökkent, 2003-ban 12%-kal. Az elmúlt 100 évben azonban a nyári olvadás során átlagosan csak a jégtábla 8%-a tűnt el szeptemberre.

A 2004 sorban a harmadik év, amikor extrém méretű jég olvadt el a nyár folyamán. A sarkvidék melegedési tendenciái messze felülmúlják bolygónk átlagát, aminek oka, hogy a jéggel borított területeken a klímaváltozás ún. pozitív visszacsatolása valósul meg.

A sötétebb vízfelszín ugyanis a fehér, jégfedte tájnál lényegesen jobban nyeli el a napsugárzást, emiatt annál sokkal jobban felmelegszik. A „meleg” tenger pedig képes a többéves jéggel borított területeket is megolvasztani. Az elolvadt területeken télen újrakeletkező jégtakaró már vékonyabb, mint az előző évben, így gyorsabban olvadásnak is indul a következő nyáron.

A tanulmány több mint 300 kutató négy éves munkájának eredménye. A kutatók szerint a felmelegedés hatásai már szemmel láthatóak: a sarkvidéki jégtakaró területe csökken, a gleccserek fogyatkoznak, az örök fagyos altalaj, a permafrost olvad.

A jövőbeli hatások felméréséhez a kutatók több klímamodellt is alkalmaztak, amelyekben a széndioxid és egyéb üvegházhatású gázok, azaz a globális felmelegedésért leggyakrabban kárhoztatott gázok „visszafogott kibocsátásával” kalkuláltak.

Milyen következményekkel számolhatunk?

A múltbéli adatok alapján Alaszka, Nyugat-Kanada és Oroszország keleti részén a téli átlaghőmérséklet az elmúlt 50 évben 3-4 °C-kal növekedett, ami kétszerese a globális

átlagnak. Az elkövetkező száz évben ezeken a területeken további 4-7 °C-os hőmérsékletemelkedés várható.

A század végére az Északi-sarkvidék felén a téli jég a mostani felére csökken, egyes szimulációk szerint nyaranta száz év múlva már teljesen jégmenetes lehet a terület. A grönlandi jégtakaró jelentős része szintén elolvad. A grönlandi jégtakaró önmagában annyi vizet tartalmaz, hogy teljes elolvadásával a világtengerek szintje akár 7 méterrel is megemelkedhet. Az olvadás drámai hatásokkal jár:

- A nyári jégtakaró teljes eltűnésével kihalnak többek között a jegesmedvék és egyes fókafajok.
- Eltűnnek azok a fajok, amelyek a sarkvidéken élő emberek hagyományos táplálékforrásai. Ez együtt jár majd bizonyos kultúrák eltűnésével is.
- A jégtakaró csökkenésével könnyebben hozzá lehet majd férni bizonyos ásványkincsekhez (pl. gáztartalékok), a permafrost visszahúzódásával növekszik a mezőgazdasági művelésbe vonható területek aránya, a melegebb tengervíz révén pedig eredményesebb lehet a halászat.
- A nagymennyiségű édesvíz elolvadása hatást gyakorol az óceáni áramlatokra, egyes régiók éghajlata gyökeresen átalakulhat.
- Az emelkedő vízszint világszerte elönti az alacsonyan fekvő partvidékeket, ennek komoly gazdasági, társadalmi és környezeti kihatásai lesznek.

12.2.2 Olvadó gleccserek

A geolológusok szerint huszonöt éven belül eltűnhetnek az Andok gleccserei, amennyiben a fogyás a jelenlegi ütemben folytatódik. Ez komoly veszélyt jelent a környező területek ivóvíz- és élelmiszerellátására (**69. ábra**).

Az Andok gleccserei az elmúlt két-három évtized során olyan gyors ütemben húzódtak vissza, hogy egyes feltételezések szerint 15-25 éven belül teljesen eltűnhetnek. Ez komoly veszélyt jelent számos – perui, chilei, venezuelai, ecuadori, argentínai és bolíviai − nagyváros lakosságának vízellátására valamint élelmezésére.

Jó példa erre a Bolíviában található, rohamos ütemben fogyó Chacaltaya gleccser, amely a főváros, La Paz és El Alto város ivóvizét biztosítja. Peru legismertebb hegye, a Huascaran az elmúlt harminc év során 1280 hektárnyi jeget, vagyis a harminc évvel ezelőtti jégterület mintegy 40 %-t veszítette el. Az argentínai Upsala gleccser 14 métert húzódik vissza évente,

a chilei O'Higgins pedig az elmúlt száz év alatt több mint 15 km-t rövidült. Kolumbiában a gleccserek 1850 óta területük mintegy húsz százalékát elveszítették; a Cotopaxi vulkánt borító jégnyelvek területe 1976 óta 30 %-kal csökkent.

A gleccserek ilyen gyors ütemű visszahúzódása megdöbbentette a kutatókat – a legfrissebb felmérést a tárgyban egy brit kutatócsoport publikálta a közelmúltban. Ez a folyamat rövidtávon a gleccserkörnyéki területek elöntéséhez, földcsuszamlásokhoz, sárlavinákhoz vezethet, hosszútávon pedig veszélyezteti a térség ivóvíz- és élelmiszerellátását. A gyors olvadás arra ösztökéli a helyi lakosságot, hogy egyre magasabb területeket vonjanak szántóföldi művelés alá, ami a vízkészlet túlzott kiaknázásához vezethet. Az egyre nagyobb területen kiirtott erdők miatt megnő a talajerózió veszélye, ami hosszútávon bizonytalanná teszi a népesség megélhetését.

69. ábra: Olvadó gleccserek

A világ tetejének tekintett tibeti magasföldön évente 7 %-kal zsugorodnak a gleccserek a klímaváltozás következtében. A tibeti magasföldön az átlaghőmérséklet 0,9 °C-kal emelkedett a 80-as évek óta.

A Tibeti-fennsík gleccsereinek zsugorodása a tundrát száraz, csapadékszegény területté változtatja, amely aszályokhoz, újabb sivatagok képződéséhez és a homokviharok számának növekedéséhez fog vezetni. Ez utóbbiak rendkívül érzékenyen érintik majd az ázsiai ország északi és nyugati területeit.

Amerikai klímakutatók kimutatták, hogy a Grönland keleti partján található Kangerdlugssuaq gleccser, amely évente 14 km-t tesz meg, nagyon gyorsan fogy: csak idén mintegy 5 km-rel húzódott vissza. Egy év alatt a felhalmozódott jég 4 %-a olvad el, 10 km^3-nyi friss vizet juttatva az Atlanti-óceánba. Ez nem csak a világtengerek szintjének emelkedését befolyásolja jelentősen, hanem a sarkvidéki mélytengeri áramlatokat is.

A Kangerdlugssuaq gleccsertől délre fekvő Helheim gleccsernél szintén hasonló folyamatok játszódnak le, azzal a különbséggel, hogy egy kicsit lassabban, vagyis „csak" 12 km/év sebességgel halad, ami egy napra vetítve fél focipályányi távolságnak felel meg.

A nagy területen elolvadt jégfelszín jelentős vízmennyiséget képez, és ha le tud szivárogni a gleccser aljára, az aljzatot alkotó kőzet felszínén eljut a tengerbe. Amennyiben a felmelegedés révén melegebb tengervíz éri el a Kangerdlugssuaq és a Helheim gleccsert, felgyorsulhat a jégnyelv visszahúzódása.

A tengerszint emelkedésével kapcsolatos eddigi modellek nem számoltak ilyen mértékű jégdinamikával. A tudósok most szembesülnek azzal, hogy ez milyen jelentős komponens, és ez azt sugallja, hogy a következő évtizedekre vonatkozó a tengerszint emelkedés mértékével és időzítésével kapcsolatos számításokat jelentősen alábecsülték eddig.

Hasonló folyamatok zajlanak Alaszkában is, a Columbia gleccser 1980 óta mintegy 14-km-t húzódott vissza, és éves sebessége csaknem eléri a grönlandi Kangerdlugssuaq-hoz.

A Columbia gleccser Észak-Amerikában az egyetlen összefüggő széles jégnyelv, amely hozzájárulhat a tengerszint emelkedéséhez. Az alaszkai gleccserekből származó olvadékvíz több mint 10 %-át adja.

Az 1980 óta tartó visszahúzódás egy komplex fizikai folyamat eredménye és nem magyarázható csupán a felmelegedéssel. Az árapályhoz hasonlóan viselkedő alaszkai gleccsereknél kimutatható, hogy viszonylag rendszeres időközönként előrenyomulnak majd

visszahúzódnak. Míg előrenyomulásuk lassú, akár ezer év is lehet, a visszahúzódás jóval gyorsabb, néhány évtized alatt lejátszódik.

1985-2000 között a svájci gleccserek közel 20 %-kal húzódtak vissza – jelentették a Zürichi Egyetem kutatói. A kiemelkedően forró 2003-as nyár során a gleccserek átlagosan 3 m-rel fogyatkoztak meg.

A gleccserolvadást különösen az 1990-es évek forró nyarai gyorsították fel. A jégvisszahúzódás mértéke messze felülmúlja az előzetes várakozásokat. Míg 1973-85 között a gleccserek csupán 1 %-kal fogyatkoztak, 1985-2000 között körülbelül 18 %-uk olvadt el. Korábbi előrejelzések úgy vélték, hogy 1980 és 2025 között a gleccserek 30 %-kal húzódnak majd vissza – ez a prognózis a mostani adatok tükrében nagy valószínűséggel nem tartható.

A kilencvenes évek forró nyarai, és a kiemelkedően meleg 2003-as nyár ugyanis sok kisebb gleccser számára végzetesnek bizonyult. Míg a gleccserek a nyolcvanas években még évente átlagosan 30 cm-rel húzódtak vissza, a kilencvenes években már évente 70 cm-rel rövidültek, 2003-ban pedig 3 m-rel.

A gleccserek visszahúzódását a szakértők elsősorban a globális felmelegedéssel magyarázzák. Az elmúlt 150 évben az Alpok átlaghőmérséklete 1,2 °C-kal emelkedett, a klímatológusok 2100-ra további 2-4 °C-os hőmérsékletnövekedést várnak.

A globális felmelegedés azonban nem csak az Alpok gleccsereit, hanem legkeményebbnek tűnő sziklacsúcsait is elérte. A hegység sziklacsúcsai egyre komolyabban töredeznek. A sziklaomlás önmagában nem szokatlan jelenség, a hegységek természetes eróziójának része. A sziklacsúcsok töredezéséhez és leválásához azonban egyre nagyobb mértékben járulnak hozzá a nyári heves esőzések is. Az esőzések következtében a csúcsokról lerohanó görgetegfolyamok nem csak elzárják a csúcsra jutás lehetőségét, hanem nagy robajjal meg is indulhatnak a völgyek felé.

A 2003-as, kiemelkedően forró nyárban viszont nem voltak heves zivatarok, a sziklák töredezése és omlása ennek ellenére folytatódott. A klímaváltozás következtében a ragasztóként funkcionáló örökfagyott altalaj, a permafroszt szintje a nyári melegben egyre mélyebbre süllyedt. A permafroszt egyre erősebb nyári olvadása pedig beindítja a rendszeres olvadás-fagyáshoz, valamint a gravitációhoz kapcsolódó felszínalakítást.

Egy adott területen az örökfagyott altalaj olvadása két tényezőtől függ: a levegő hőmérsékletétől és a napsugárzás mennyiségétől. Míg a bal oldali lejtőkön a sziklák

hőmérséklete gyakorlatilag a levegő hőmérsékletének szintjére emelkedik, az erős napsugárzásnak kitett déli lejtőkön jócskán meghaladhatja azt.
A fagyott altalaj, valamint a kőzetrepedésekben lévő, tulajdonképpen ragasztó anyagként funkcionáló jég kiolvadása az egész sziklát instabillá teszi, hozzájárul töredezéséhez. Értelemszerűen a nagyobb napsugárzásnak kitett déli lejtők valamint a hegycsúcsok a legveszélyeztetettebbek.

12.2.3 Visszahúzódó hósipkák

2005-ben készült először a Kilimandzsáróról hó nélküli fotó. A szakértők szerint a káprázatos hósapka és a gleccserek 2020-ra teljesen eltűnhetnek, ami az Afrika legmagasabb hegye előtt elterülő füves puszta élővilágában jelentős változásokat eredményezhet. A Kilimandzsáró hegység Tanzánia és Kenya határán húzódik, nagyobbik része Tanzániára esik. A szinte tökéletesen szabályos vulkáni kúp Afrika legmagasabb, és talán a legszebb hegycsúcsa. A mérések szerint az Egyenlítő közeli hósapka területe 2000-ben az 1912-es adatoknak csak egyötöde volt.
A kutatók a hó eltűnését egyrészt a globális felmelegedéssel magyarázzák, másrészt a Kilimandzsáró erdőinek kivágásával. A feltételezések szerint az erdők „megnedvesítik" az egyébként száraz felszálló légáramlatokat, és így vízutánpótlást nyújtanak az ötezer méter magasságban lévő jégrétegeknek. De a folyamat fordítva is igaz: az alacsonyabban lévő lankák a csúcs közelében lebegő felhőkből bőven jutnak nedvességhez, így a hegy flórája és faunája rendkívül változatos.
A káprázatos hegycsúcsról Ernest Hemingway 1938-ban A Kilimandzsáró hava címmel kisregényt írt. Az 1952-ben megfilmesített regény világszerte ismertté tette a hegyet, a Kilimandzsáró Nemzeti Park évente 15 ezer látogatót vonz. A hó eltűnése a tanzániai gazdaság számára komoly bevételkiesést jelentene.

12.2.4 Emelkedő tengerszint

Amikor a jég megolvad a melegben, a gleccserekből és jégtakaróból több víz áramlik a tengerbe, az óceán vize pedig fölmelegszik és a térfogata megnő. E hatások együttese játszott szerepet abban, hogy az utóbbi száz év alatt 10-20cm-el emelkedett a világtengerek szintje.

A kutatók hangsúlyozzák, hogy erre már korábban is volt példa, azonban a tengerszint növekedése a közelmúltban felgyorsult az utóbbi két-háromszáz év átlagához képest, s a vízszint ma 2,4 mm-t emelkedik évente.

Sohasem éltek még ilyen sokan és ennyire közel a tengerparthoz. Bolygónkon százmilliónál több ember lakik legföljebb 1 méterrel az átlagos tengerszint felett – az emelkedő tenger kényének-kedvének kiszolgáltatva.

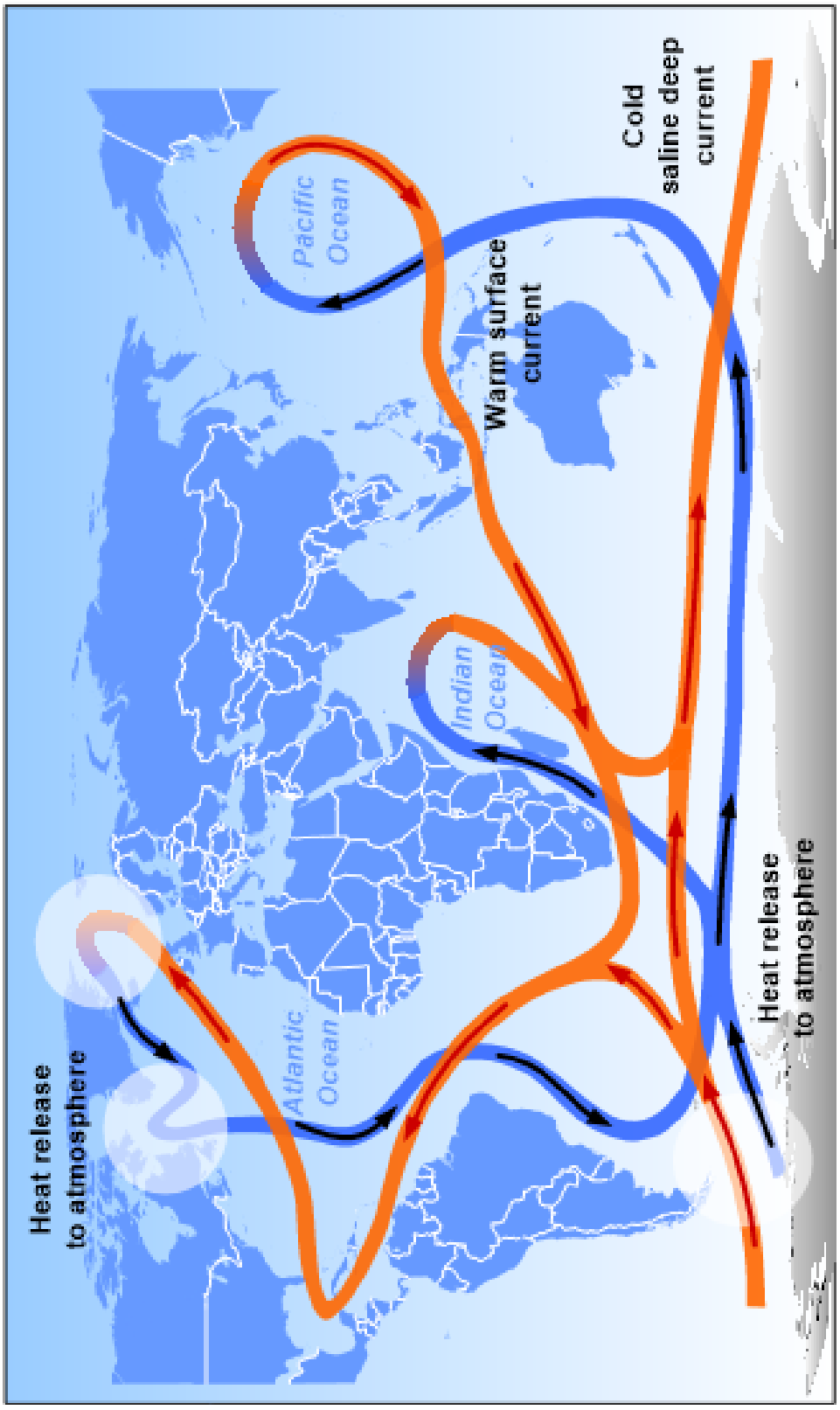
Veszély fenyegeti a parti síkságok és folyódelták népes nagyvárosait – Sanghajt, Bangkokot, Jakartát, Tokiót vagy New Yorkot. Az alacsony fekvésű, nagy népsűrűségű s reménytelenül szegény országoknak politikai és humanitárius katasztrófákra kell felkészülniük.

A kilátások még némely gazdag országban is nyugtalanítóak – például Hollandiában. Ha 1 cm-rel növekszik a vízszint, a homokos partvonal az erózió miatt több mint egy méterrel húzódik hátrább.

Az édesvíztartó rétegekbe benyomuló tengervíz veszélyezteti az ivóvízforrásokat és megnehezíti a növénytermesztést. A Nílus-deltában – mely Egyiptom legfontosabb agrárvidéke – a nagymértékű erózió és a sósvíz benyomulása végzetes lenne, az országban ugyanis e vidéken kívül nagyon kevés a megművelhető terület. (**lásd még a 4. és 8. fejezet**)

12.2.5 Óceáni szállítószalag változása

A tengeri áramlásoknak fontos szerepük van a kontinensek hűtésében, fölmelegítésében és csapadékellátásában, valamint az Egyenlítő és a pólusok közti hőátvitelben is. A szállítószalagot a cirkuláció hajtja, amelyet a víz változó hőmérséklete és sótartalma révén kialakuló sűrűségkülönbségek hoznak létre (**70. ábra**).



70. ábra: Óceáni szállítószalag

A Föld vízkörforgásában a meleg, trópusi területekről felszálló pára a hidegebb hőmérsékletű területek felé vándorol. A pára víz vagy hó formájában végül visszahull az északi tengerekbe. Az édes víz ezután az Egyenlítő felé visszaáramlik, ezáltal egyensúlyt biztosítva a víz összetételét illetően. A tengervíz hőt ad le a levegőnek. A hideg sósvíz sűrűsége nagyobb, így a tenger mélyebbre süllyed, s a helyébe felszíni, melegebb víz ömlik. Az Atlanti-óceán meleg, sós vize a trópusokról északra, a sarkvidék felé áramlik a felszínen, például a Golf-áramlásban. A mélyben a hideg víz az Atlanti-óceán déli medencéje, az Indiai-és a Csendes-óceán felé áramlik, végül pedig, a meleg vízzel keverve, ismét a felszínre emelkedik. A víz hőfokának, sótartalmának változása nagyban befolyásolhatja az óceáni szállítószalag működését. A tenger hőmérséklete az összes óceáni medencében növekszik, ráadásul jóval nagyobb mélységekben is, mint korábban azt gondolták. Az óceán hőmérsékletének, sótartalmának túlzott módosulása olyan mértékben eltérítheti az áramlásokat, hogy a szállítószalag le is állhat.

A kutatók az elmúlt négy évtizedben számos mérést végeztek az Atlanti óceánban Grönlandtól Dél-Amerikáig. Azt tapasztalták, hogy a trópusi óceánok egyre sósabbak, a sarki vizek sótartalma pedig egyre kisebb, a folyamat 1990 óta fel gyorsult. A nettó kipárolgás (párolgás – visszahulló csapadék) az Atlanti óceán trópusi vidékei felett az elmúlt negyven év során 5-10 %-kal növekedett.

Más kutatások sókoncentráció-változást mutattak ki a Földközi-tengerben, a Csendes- és az Indiai-Óceánban is.

A „great conveyor belt” elnevezésű áramkör, melynek a Golf-áramlás is része, a felszínen a Fülöp-szigetektől, Afrika megkerülésével, a Jeges-tenger térségéig halad, majd lebukva mélységi áramlatként tér vissza oda, ahonnan elindult. Ha viszont a Jeges-tenger vízének sókoncentrációja jelentősen csökken, az áramlat nem lesz képes lesüllyedni, alábukni. Ráadásul a sarki vizek „sótalanítását” erősíti a gleccserek és sarki jég olvadása is. Ezért a tudósok szerint a Föld vízkörforgásában komoly változások következhetnek be már rövid távon is.

12.2.6 El Niño

A halászok által El Niño-nak nevezett jelenség már egy évszázada ismert, azonban csak akkor kezdtek vele komolyan foglalkozni, amikor felfedezték, hogy kapcsolatban áll más területek, többek közt az Egyesült Államok vagy Afrika időjárásával is.

El Niño bölcsője Dél-Amerikában Peru és Equador partjainál van. Decemberben a Csendes-óceán, keleti partjának vize 8 °C-kal hidegebb, mint a nyugati parton Indonéziában. A hőmérsékletkülönbség oka a tengeráramlásokban és az Egyenlítő mentén fújó szelekben keresendő. Dél-Amerika partjaihoz a déli sarkvidék felől áramlik a hideg víz, és a téli antarktiszi vizek ebben az időszakban érik el az Egyenlítőt, jelentősen lehűtve az óceán nyugati felét. A lehűlést tovább fokozza az Egyenlítő mentén uralkodó K-Ny-i irányú széljárás, ami elősegíti a mélyből a felszín felé tartó hidegebb, halban és táplálékban gazdag víztömegek áramlását. Földünk legkülönbözőbb pontjain vizsgálták az időjárási szélsőségek (például a szárazság, a heves esőzés, az erős tornádók és hurrikánok) kialakulásának feltételeit és előfordulásuknak a gyakoriságát **(71. ábra).**

Több vizsgálat rámutatott, hogy az időjárási szélsőségek előfordulása szinkronban van az El Niño éveivel:

- enyhe telek Alaszkában,
- szokatlan erősségű hóviharok Kaliforniában,
- kimaradó monszunperiódusok,
- ingadozó hómennyiség a Himalájában,
- szárazság a Szahel-övezetben (A száhel szó az arab nyelvben a sivatag szegélyét jelenti, és valóban, a Száhel-övezetet a világ legnagyobb sivatagjának déli szélén találjuk. A szavanna és a sivatag között található ez a valaha termékeny, bozótos, ligetes terület. Az esős időszak 25-35 napig tart csak, de ez is elegendő a köles megtermeléséhez, ami a terület legfontosabb gabonája. Ha azonban elmaradnak az esők, ha a hatalmas sáskarajok is útra kelnek, semmi nem marad az embereknek.),
- változó tornádó- és hurrikán-gyakoriság Észak-Amerikában.

Tudományos körökben ma már El Niño kifejezéssel csak azokat az eseményeket illetik, amikor a tengerfelszín felmelegedése erőteljesebb és kiterjedtebb. Ahelyett, hogy márciusban vagy áprilisban visszaállna a szokásos érték, a tengerfelszín hőmérséklete ilyenkor végig a perui partok mentén, valamint az egyenlítői Csendes-óceán keleti és középső vidékein megemelkedik és ez az állapot akár évekig is eltarthat.

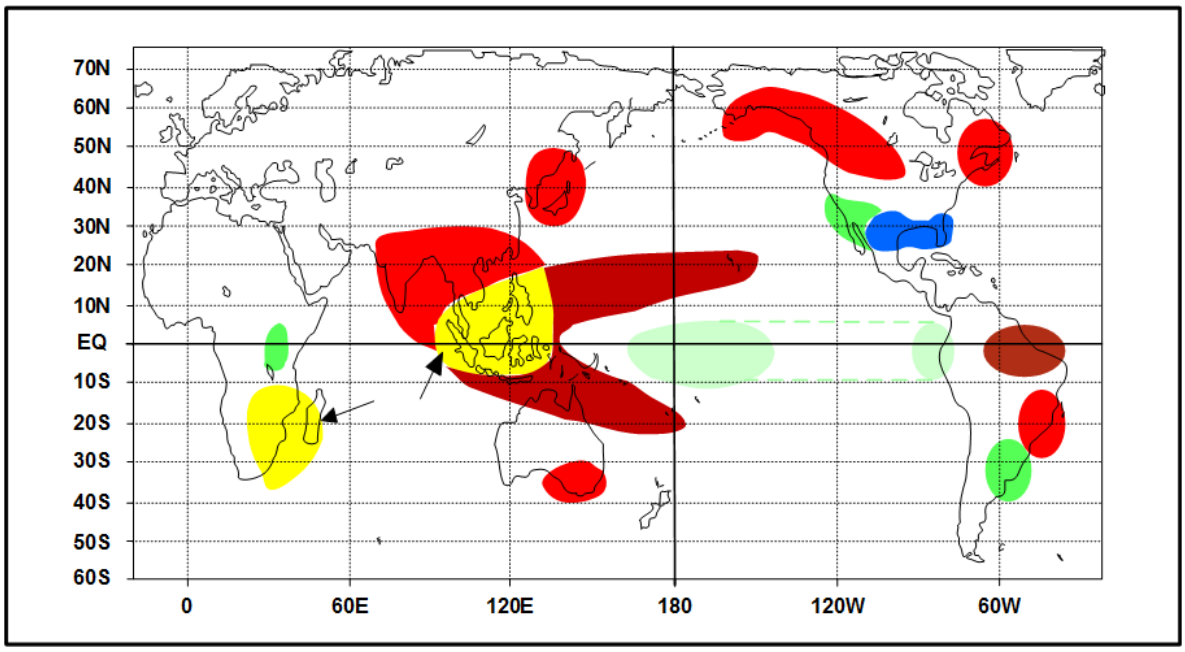
Ilyen, erőteljes El Niño eseményeket már az 50-es évektől feljegyeztek, ám az elmúlt egy-másfél évtizedben a jelenség fokozottan jelentkezett. Voltak olyan időszakok, amikor a perui partok előtt a tengerfelszín több mint 7 °C-kal melegedett föl.

Az 1982-83-ban fellépő különösen intenzív El Niño végképp ráirányította a figyelmet a jelenségre. A Meteorológiai Világszervezet 1985-ben elindította trópusi óceán- és légkörprogramját. Ma már kialakult egy általánosan elfogadott kép arról, hogy az El Niñonak nevezett jelenség összefügg a Csendes-óceán fölött fellépő légköri cirkulációval. Ez utóbbit Déli Oszcillációnak nevezik, és a csendes-óceáni medence keleti és nyugati területei közötti nyomáskülönbség hozza létre. Amikor Peru partjainál megemelkedik a légnyomás, akkor az Indonézia és Észak-Ausztrália fölött csökken, és megfordítva.

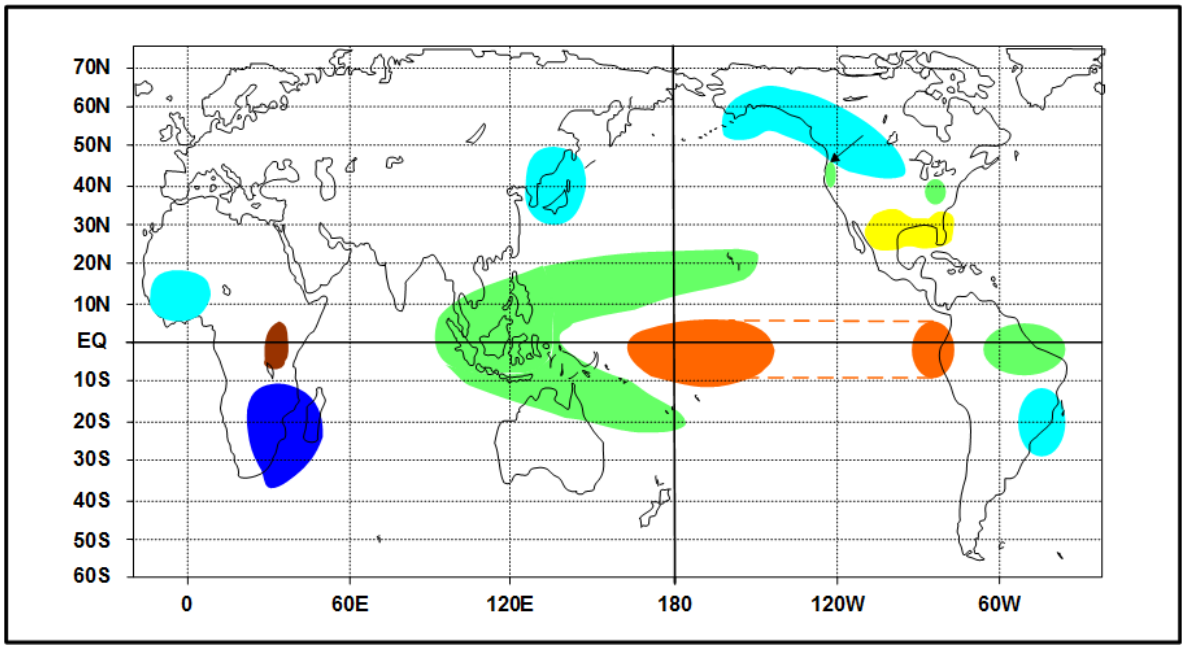
A helyzetet bonyolítja, hogy ma már egy La Niña-nak nevezett jelenséget is számon tartanak (**72. ábra**). Az El Niño időszak és a normális állapot mellet egy olyan időszakot is megfigyeltek amikor Peru partjainál az átlagosnál jóval hidegebb a tengervíz. Ilyenkor viszont Indonézia környezetében lesz átlag feletti hőmérsékletű a tengervíz amit erős csapadékhullás kísér. Ez gyakorlatilag egy fordított állapotot jelez (hideg viszonyoknak is nevezik), aminek a következménye is eltérő lesz. Ilyenkor erősebb a passzátszél és a trópusi monszun is több csapadékot szolgáltat.

Ezeket a jelenséget az óriási méretű légkör-óceán kapcsolatrendszer részének tekintjük. Ebből viszont az is következik, hogy az El Niño hatások a Csendes-óceán területeitől távol is érvényesülnek. Sok évtizedes meteorológiai megfigyelések tanúskodnak róla, hogy bizonyos El Niño években a Csendes-óceántól távolabb fekvő területeken is nagy áradások, máshol pedig aszályok pusztítanak. A trópusi ciklonok pedig sokkal gyakoribbak lesznek.

Az El Niño nemcsak a csapadékeloszlásban jelent változást, de a halászat számára is igen kedvezőtlen. A Perui-áramlás hideg, oxigénben gazdag vizében a nagy planktonállomány bőséges táplálékot biztosít a halaknak, azok pedig gazdag madárvilágot táplálnak. Az El Niño idején érkező meleg, oxigénben szegény víz viszont tápanyagban is szegényebb, ezért ilyenkor a halállomány drasztikusan visszaesik, és komoly veszteséget okoz a térség halászainak. A halállomány csökkenése a madarak körében tömeges pusztuláshoz vezet.



71. ábra: Az El Niño hatásai és távkapcsolatai (világoszöld: nedves és meleg; lila: nedves és hideg; zöld: nedves; piros: meleg; barna: száraz; sárga: száraz és meleg**)**



72. ábra: A La Niña hatásai és távkapcsolatai: (világoskék: hideg; lila: nedves és hideg; zöld: nedves; narancs: száraz és hideg; barna: száraz; sárga: száraz és meleg**)**

Habár az El Niño -jelenség legerősebben Peru partjainál érzékelhető, valójában az egész Csendes-óceán térségében kifejti hatását. Ebben az időszakban például Kalifornia területén nem ritkák a pusztító erejű téli viharok, Délkelet-Ázsia és Ausztrália területén pedig az átlagosnál nagyobb aszály figyelhető meg.

12.2.7 Csökkenő állóvízfelületek

A Science magazin szerint 125 nagyobb tó eltűnt az elmúlt évtizedekben az Északi-sarkkörön túli területeken. Mindez annak köszönhető, hogy emelkedik bolygónk átlaghőmérséklete, s az örök hó birodalmában is olvadásnak indult a jég. Márpedig ez a jégpáncél megtartotta a fölötte elhelyezkedő vizet. Ha elolvad a jég, akkor viszont a tavak egyszerűen eltűnnek, beissza a vizet magába a föld. A víz pedig az első víztartó rétegig süllyed a talajban.

Más tavak nem tűnnek el, csupán a felületük zsugorodik össze. Az űrfelvételek szerint a változások gyorsan történnek. A műholdképek tanúsága szerint a tavak egyszer még ott vannak, aztán hirtelen eltűnnek. A hirtelen kiszáradás egész ökoszisztémákat változtathat meg, befolyásolhatja például a madarak vándorlását, vagy a vízhez kötődő szárazföldi vadállatok életét. A költözőmadarak számára nyáron például létfontosságú az édesvíz, ahol kicsinyeiket táplálhatják.

Az Aral-tó esete klasszikus példája az emberi beavatkozás miatt bekövetkező ökológiai és humán katasztrófának. Az Aral-tó partja 100-150 km-rel került beljebb eredeti partjánál. Valaha évi 44.000 tonna halat halásztak a tóból, az iparág mára teljesen összeomlott. 1966 óta 42.000km^2 sós sivatag keletkezett. A volt szovjet tagállamok közül itt a legnagyobb a gyermekhalandóság. Gyakori betegség a kolera, a tífusz, a gyomorhurut és a nyelőcső-rák.

A Csád-tó egykor Afrika egyik legnagyobb tava lehetett, mára azonban eredeti nagyságának alig 1/20-t éri el. Könnyen elképzelhető, hogy a Csád-tó a globális felmelegedés és az emberi beavatkozás hatása miatt fokozatosan eltűnik a térképről. Csád, Kamerun, Niger és Nigéria közös tava az utóbbi negyven évben jelentős változáson ment keresztül: az átlagosan alig másfél méter mélységű tó egykoron hatalmas kiterjedésének köszönhetően, igen sok ember vízellátását oldotta meg. Bár fénykorában is a legmélyebb pontján csak 7 méteres mélységet ért, de így is a négy ország legalább 20 millió lakosának jelentett biztos megélhetést; nem csak ivóvize, hanem gazdasági ereje révén is: a tó körül élő emberek java része ugyanis halászatból tartotta fenn magát. A visszahúzódó tó azonban a halak számára is a pusztulást jelentette. Halászat helyett, a környező lakosság immáron mezőgazdasággal kénytelen foglalkozni a termékenyen hátrahagyott tómedence területén; csakhogy ez korántsem jelent biztos megélhetést. Pár év után ugyanis az egykori tófenék talaja teljesen kimerül, és mivel nincs utánpótlás, a sivatagosodásnak köszönhetően a Szahara egyre délebbre húzódik.

Jó hat ezer évvel ezelőtt még 400.000 km^2-en terülhetett el a Csád-tó; 1960-ban, geográfusok 26.000 km^2-re becsülték a méretét; egy 2000-ben végzett felmérés szerint azonban már csak

alig 1.500 km^2-nyi területet foglalt el. A vízutánpótlást két forrás biztosította: egyrészt a júniustól augusztusig tartó bőséges monszunesők, másrészt a Csád-tóba torkolló két nagyobb folyó. Az emberi beavatkozásnak köszönhetően visszafordíthatatlanná válik a tó kiszáradása. A dominó-hatásként leírt folyamat kezdetén a tó körül élő lakosság a visszahúzódott tó medrében és a tó egykori partjai körül fogott bele a földművelésbe és az állattenyésztésbe. Az egykori szavanna és a tó medrében kinövő növények drasztikus lelegeltetése következtében azonban a helyi ökoszisztéma is teljesen felborult: a hiányzó növények immáron nem voltak képesek az atmoszférába visszaforgatni a megfelelő mennyiségű nedvességet ahhoz, hogy kialakulhassanak a monszunesők. A monszunesők hiánya miatt egyre radikálisabban kell kihasználniuk a két nagy folyó illetve a Csád-tó immáron utánpótlás nélkül maradt vizét: nemcsak követni kezdték a visszahúzódó tavat, de a folyókon hatalmas erőműveket illetve öntözőrendszereket építettek ki. A megélhetéshez és mezőgazdasághoz szükséges vizet immáron a meg nem újuló vízforrásokból kell biztosítani. (**lásd még 8. fejezet**)

12.3 Litoszférikus változások

12.3.1 Tartós aszály

Az aszály nagy hőséggel párosuló hosszan tartó csapadékhiány. Közvetlenül elsősorban a mezőgazdaságot sújtja, a gazdaság minden más területén is érezteti hatását. Szakértők szerint 25 éven belül a jelenlegi 1,7 milliárd helyett 5,4 milliárd ember él majd olyan területeken, amelyeket akut vízhiány sújt. Afrikában a csapadék mennyiségének csökkenése új sivatagi területeket alakíthat ki.

Az aszály előfordulásának valószínűsége Magyarország egyes területein növekvő tendenciát mutat. Az elmúlt években a mérsékelt aszály előfordulásának valószínűsége minden évszakban jelentősen nőtt és emellett a tavaszi és téli időszakban a rendkívüli aszályok előfordulásának valószínűsége is egyre nagyobb lett.

Magyarország területének körülbelül 90 %-a aszállyal veszélyeztetett. Aszálymentesnek csupán az ország nyugati, délnyugati része tekinthető. A legsúlyosabb aszályok természeti adottságainknak és földrajzi elhelyezkedésünknek megfelelően az Alföldön, főleg annak középső részén alakulnak ki. 50 éve nem volt hazánkban akkora aszály, mint 2003-ban. A burgonya- és a gabonatermés 30-40 %-kal zuhant alá, a gyümölcsök pedig vagy kicsik, vagy nincsenek.

Előzetes számítások szerint hazánkban 2050-ig a globális hőmérséklet-növekedés eléri a 0,5-1,0 °C-t. Egyfokos hőmérséklet-emelkedés esetén a csapadék mennyisége 60-70 mm-rel csökken. Az aszályos napok száma pedig 60 %-kal is megnövekedhet.

12.3.2 Több csapadék

A csapadék mennyiségét elemezve egyáltalán nincsenek egyértelmű következetések az éghajlatmodellek alapján. Egyes számítások szerint növekedni fog az eső és a hó mennyisége hazánkban, mások szerint viszont éppen az ellenkezője történik majd. A csapadék lehullására vonatkozó becslések azt is valószínűsítik, hogy bár az esős napok száma csökkenhet a jövőben, a lehullott csapadék mennyisége viszont akár nőhet is, tehát ritkább, de intenzívebb esőzésekre és havazásokra kell számítani az elkövetkező 50-100 évben.

12.3.3 Csökkenő erdőterületek

A WWF egyik tanulmánya szerint a Föld 8000 évvel ezelőtti több mint 8 milliárd hektárnyi erdejéből 1998-ra már csak kb. 3 milliárd hektár maradt. E rablógazdálkodás okai a termőföld iránti kereslet növekedése, az ipari és tűzifaigény fokozódása, valamint az úthálózatok építése voltak. 1992-re a trópusi erdők 42 %-át már megsemmisítették. Jelenleg a legnagyobb pusztítás Venezuelában történik.

Az erdők pusztításával élőhelyek szűnnek meg, fajok tűnnek el, megnő az erózió és az árvizek veszélye. Erdőirtással megváltoznak a fény és hőviszonyok a felszínen, égetéskor szén-dioxid kerül a levegőbe. A világ erdőségeit négymilliárd ember használja fel tűzifaként, fűrészáruként, papírként és rengeteg más, kevésbé fontos termék formájában. A szegény országokban a falusiak, tizedelik a helyi erdőket. Az egy főre eső tűzifaigény évi egy és két tonna között mozog a falvakban, és a szaporodó falusi népesség tűzifaigénye oly mértekben növekszik, hogy sok helyütt máris túllépte az erdők megújulási képességét. A népességnyomás hatására az erdők egyre távolabb húzódnak a falvaktól, mígnem teljes körzetek és országok válnak gyakorlatilag erdőtlenné.

A tűzifa csak a fejlődő országukban számít alapvető energiaforrásnak, de a fa a világon mindenütt a legfontosabb építőanyagok közé tartozik. Hatalmas erdőségeket vágnak ki, hogy a házak, iskolák, templomok, hivatalok, üzletek, hidak, vasutak, gyárak, raktárak építéséhez szükséges épületfát biztosítsák. Bár az erdőket már eddig is alaposan megtizedelték, az emberiség legnagyobb részének rossz a lakáshelyzete: évente körülbelül 64 millió új lakásigénylőnek kell lakást biztosítani, és ehhez jön még a meglevő lakások felújítása, ami összességében oly nagy igényt támaszt a még megmaradt erdőkkel szemben, amely már tarthatatlan.

A harmadik nagy nyomás a papírszükséglet révén éri a világ erdőségeit. Ez a „tápláléka" a modern ipari társadalmaknak, már a több ember dolgozik a hivatalokban, mint a gyárakban és a mezőgazdaságban. Minthogy nő az írni-olvasni tudó népesség részaránya, növekszik a papír iránti szükséglet is, mégpedig gyorsabb ütemben, mint a népesség. A növekvő kereslet még nyomasztóbbá válik attól, hogy a legfontosabb papírfelhasználó országokban nem megoldott az elhasznált papír újrafeldolgozása.

Az erdő az emberiség egyik legértékesebb gazdasági kincsének bizonyult, és ennek köszönhetően kiaknázása is erőteljes. A Közel-Kelet és Észak-Afrika legnagyobb részéről, az ázsiai kontinensről, Közép- és Dél-Amerikának az Andokra eső területeiről gyakorlatilag

már kipusztultak az erdők. A lekopasztott területeken a fa és a faáru ritka és drága. Ázsia keleti részét kivéve, tovább fogynak e területeken az erdők.

Európa területének átlagosan 27 %-a erdő (pl. Skócia, Írország csaknem teljesen kopár). Magyarország területének 18 %-át borítják természetszerű erdők és faültetvények (főleg akác). Sajnos hazánkban háttérbe szorult a lassan növő honos fajok (bükk, cser, tölgy, gyertyán) telepítése.

Az Észak-Afrikában mindenütt megkezdett erdőtelepítési programok ellenére a nettó veszteség változatlanul fennáll. Afrika szaharai részének füves szavannáiból legalább egyharmad részt borított erdő valamikor. Az egymást követő légi vizsgálatok bizonyítják, hogy az Elefántcsontpart sűrű erdőségeinek területe 1956 és 1966 között 30 %-kal csökkent. Nigériában az erdők visszahúzódása olyan méreteket öltött, hogy egy erdész szerint „még a századvég előtt faínségre számíthatunk".

Indiában a Dekkán fennsík húsz évvel ezelőtt még erdőségekkel borított részeit már művelés alá vették, a Jáváról készült műholdfelvételek alapján pedig megállapítható, hogy a sziget egykor buja növényzetéből már csak 12 %-nyi területen van erdő.

Latin-Amerikában a népesség növekedésével és a jövedelmek emelkedésével egy időben rekordütemet ért el az erdők pusztítása. Az Andok országaiban egyre ritkábbá válik a tűzifa. Brazíliában az erdők rovására terjeszkedik a mezőgazdaság, és az erdők visszahúzódása hozzájárul a talaj tömörebbé válásához és eróziójához. Az olajkitermelés öt év alatt 50 ezer hektárt tett tönkre Equadorban. Venezuela 1961 és 1970 között elvesztette erdőinek egyötödét. Chilében évente 60.000 hektárnyi erdő pusztul ki, Mexikó pedig évente 350-500 ezer hektárnyi erdőt veszít.

Olyan területek, mint a Közép-Kelet − melyeket évszázadokkal ezelőtt sűrű növényzet borított −, már hosszú ideje fa mentes területek, és számos ország követi a régi közép-keleti civilizációk példáját, talán visszafordíthatatlanul tönkreteszik tájaikat. Ahogy a francia filozófus, Chateaubriand írja: „Az erdők megelőzik a civilizációt, sivatagok követik".

A világ erdőinek állapotáról készült beszámoló nem ad okot az optimizmusra. Erik Eckholm a talaj tönkretételéről írott alapvető művében (*Losing Ground*) megjegyzi, hogy Nyugat-Európa ésszerű összhangot talált az ökológiailag szükséges erdőmennyiség és más földhasznosítási módok között, de az összhang fenntartása részben feltételezi, hogy nagy mennyiségben importálnak fát és fa alapanyagú termékeket, elsősorban Skandináviából, a Szovjetunióból és a trópusi Afrikából. Japán − hasonlóképpen – „most már védi a lejtős

területek erdőit a kiirtástól", de ehhez az szükséges, hogy Észak-Ázsiában és máshol importálható fához jusson. Csak Észak-Amerika, Skandinávia és a Szovjetunió rendelkezik viszonylag megfelelő erdőgazdálkodási programmal és akkora erdőségekkel, hogy ki tudja elégíteni a hazai szükségleteket.

Az *Economist* egy cikke 1977 elején (Sweden's Coming Timber Shortage − Svédországban fahiány lesz) leírja, hogy a svéd faipari termékek iránti jövőbeli exportkereslet túl fogja lépni az erdők megújulási képességét. Két ENSZ-tanulmány előrejelzései szerint „a faipari termékek iránti egyre növekvő kereslet hamarosan meghaladja azt a mennyiséget, amit Svédországban ki lehet termelni. Minthogy jelenleg Svédország biztosítja Európa faszükségletének 30-, cellulózszükségletének pedig 60 %-át, ez a tény súlyosan fogja érinteni az európai építő- és papíripart". Még olyan, erdőben gazdag területeken is, mint Skandinávia, az egyre növekvő összkereslet a kitermelés jelenlegi üteme mellett veszélybe hozhatja az erdők önfenntartó képességét.

Bár az erdőirtás hozzájárul a talaj eróziójához, az árvizekhez és a hordalék-lerakódáshoz, és veszélyezteti a jövőbeli tűzifa-, fűrészáru és papírellátást, jelenleg igen kevés lépés történik ennek a folyamatnak a visszafordítására. Egy ENSZ-tanulmány arról számol be, hogy Brazíliában az irtásos-égetéses művelés alá vett területeknek mindössze 10 %-ra telepítettek új erdőket. Kolumbiában a kiirtott erdőnek évente csak 1 %-át telepítik újra.

Az erdőirtás okozta fahiány és az ökológiai problémák számos kormányt erdőtelepítési programok bevezetésére késztette. Sajnos − mint Eckholm megállapítja – „az elmúlt évtizedekben tucatjával találkozhattunk olyan ambiciózus erdőtelepítési tervekkel, amelyeket a kormányok nem teljesítettek, mert vagy az akarat, vagy a képesség hiányzott ahhoz, hogy megfelelő anyagi és politikai támogatásban részesítsék őket".

12.3.4 Gyakori erdőtüzek

Az aszályos évek és minden egyes nagyobb kiterjedésű erdőtűz után a figyelem ráirányul az erdőkre, illetve a természetben előforduló tüzek megelőzésére azok oltására, az oltás technikai és szervezési kérdéseire. 2100-ra megduplázódhat a tűz sújtotta területek kiterjedése.

Több kutatás is rámutatott arra, hogy a mostaniakhoz hasonló mértékű erdőtüzek a jövőben valószínűleg „normálisnak" számítanak majd, amennyiben a globális felmelegedés és a szárazság a jelenlegi ütemben folytatódik. A globális felmelegedés hatására az erdőtűz

„szezon" átlagosan mintegy 78 nappal, a nagy tüzek élettartama, pedig az eddigi átlagos 7,5 napról 37,1 napra nőtt.

Mivel a hegyekben a hóolvadás hamarabb következik be, a növényzetnek több ideje van „kiszáradni", így tökéletes táptalajt biztosít az erdőtüzekhez.

Becslések szerint 2100-ra a nyugati államok erdőterületein megduplázódik a tűzveszélyes területek kiterjedése, amennyiben a nyári középhőmérséklet 0,9 °C-kal nő.

Az emberi életfeltételek egyik legnagyobb fenyegetésévé kezdenek válni az erdőtüzek. Az erdők irtása a civilizáció állandó kísérő jelensége volt és marad ma is. Ennek két döntő oka a mezőgazdasági és lakóterületek nyerése. E mellet két új keletű jelenség tizedeli az erdők terültét és minőségét: a régebbi az ún. savas esők kártékony hatása, az újabb az egyre gyakoribb erdőtüzek. Amióta vannak erdő, erdőtüzek is voltak, de az elmúlt években egyrészt érezteti hatását a klímaváltozás: a melegebb és szárazabb időszakok növelik az erdőtüzek kockázatát és számát. Ugyanakkor szembe kell nézni azzal a reális veszéllyel, hogy az erdőtüzek tudatosan alkalmazott fegyverré is kezdenek válni.

A jelentős erdőtüzek nagy területen zajlanak természeti katasztrófa jellegével, amelyeknek kezelésére még nem rendelkezünk hatékony eszközökkel, éppen ezért – legalább időlegesen – az emberiség sebezhető lesz ezen a fronton. A jelenlegi prognózisok figyelmeztetőek. Ha nem teszünk határozott és eredményes lépéseket, az elkövetkező években annyi erdő pusztulhat el erdőtüzekben, amennyi elegendő visszafordíthatatlan klimatikus és környezeti folyamatok kialakulásához.

Az El-Niño előidézte szárazság erdőtüzeket lobbant fel, az erdőtüzekből a légkörbe kerülő szén-dioxid és metán pedig tovább növeli az El-Niño előfordulásának, a szárazságnak a gyakoriságát − a becslések szerint a duplájára.

Kétszeresen terhelik az erdőtüzek a Föld éghajlatát: az erdők égésük során szén-dioxid-megkötőből egycsapásra szén-dioxid kibocsátó forrássá válnak.

Az erdőtüzeknek tehát sokkal nagyobb a szerepük a klímaváltozás sebességét illetően, mint eddig vélték. És ennek alapján valószínűleg korrigálni kell a klímaváltozás sebességére vonatkozó eddigi becsléseket is.

12.4 Bioszféra változásai

12.4.1 Biodiverzitás csökkenése

Már nem az a kérdés, hogy a globális felmelegedés következményeként elkerülhető-e a fajok kihalása, hanem az, hogy hány faj tűnik el a Földről a következő fél évszázad során. Akár egymillió állat- és növényfaj eltűnhet 2050-re. Kutatások szerint hat vizsgált régióban (amelyek egyébként Európától Dél-Amerikáig, Dél-Afrikától Ausztráliáig több kontinenst öleltek fel) található fajok 15-37 %-a 2050-ig feltehetőleg eltűnik a Föld színéről.

Ha az eredményeket globálisan kiterjesztenénk, azaz a vizsgálatba be nem vont területek növény- és állatvilágára is kiterjesztenénk az adatokat, azt kapnánk, hogy 2050-ig több mint egymillió faj tűnik el a Földről. A legtöbb fajnak eltűnik a megfelelő klímájú élőhelye, mások pedig nem lesznek képes az új élőhelyek felkutatására.

Az IUCN természetvédő világszervezet által közzétett Vörös Lista 2004 című publikációja szerint, már 15.589 fajt fenyeget a kihalás veszélye.

A lista felsorolja és attól függően mennyire veszélyeztetett, három kategóriába rendezi a kipusztulás szélén álló fajokat. Eszerint jelenleg 7.266 állat- és 8.323 növényfaj található a listán. A XVI. század óta 784 faj halt ki, és további 60 már csak fogságban található.

A riasztó eredmények szerint édesvízi teknősök fele, a kétéltűek 32 %-a, az emlősök 23 %-a és a madarak 12 %-a tűnhet el a Föld színéről az elkövetkezendő évtizedekben. Az élővilág ugyan folyamatosan változik, fajok halnak ki és újak jelennek meg (gondoljunk csak például a dinoszauruszokra), de a természet elszegényedésének mértéke hihetetlenül felgyorsult, a normális szint ezerszeresére nőtt. A pusztulás fő oka az élőhelyek csökkenése az emberi tevékenységek hatására, de a klímaváltozás is egyre nagyobb kockázati tényező.

Magyarország legveszélyeztetettebb gerinces állatai közé tarozik a rákosi és a parlagi vipera, a túzok, vagy a hazánkból egyszer már eltűnt hiúz, melynek hazai állománya nehezen tud újra megerősödni. A növények közül ide sorolható az Alföld valaha egyik leggyakoribb fafaja, a fekete nyár.

A felmérés kimutatta, hogy Brazíliában, Kínában, Ausztráliában, Indonéziában és Mexikóban található a legtöbb veszélyeztetett faj. A biológiai sokféleség megőrzésében nagy szerepe van a nemzetközi összefogásnak, hiszen éppen azok az országok rendelkeznek különösen gazdag és védelemre szoruló természeti környezettel, ahol kevés az egy főre jutó

nemzeti jövedelem (ilyen Brazília, Kamerun, Kína, Kolumbia, Ecuador, India, Indonézia, Madagaszkár, Peru és a Fülöp-szigetek).

12.4.2 Nem őshonos fajok terjedése

Hazánk nemcsak éghajlati, hanem biogeográfiai szempontból is átmeneti területen van: a közép-európai lomberdőövezet és a kontinentális erdőssztyepp határán, jelentős szubmediterrán hatásokkal.

A Kárpát-medence életföldrajzi képének alapvonása a flóra- és faunaelemek sokfélesége: a széles elterjedésű és tűrőképességű fajoktól a korlátozott elterjedésű és gyakran szűk tűrőképességű életföldrajzi színezőelemekig. Ilyen körülmények között akár egy kisebb mértékű éghajlatváltozás is erős flóra- és faunamozgást (bevándorlásokat és kihalásokat) indítana meg a természetes élővilágban és a termesztett kultúrnövénykörben.

Fokozza a hazai élővilág érzékenységét az a tény, hogy az elmúlt évtizedekben az emberi tevékenységektől (kemizált nagyüzemi mezőgazdaság, a tájmozaikot homogenizáló földhasználat, nagy területek vízháztartását deficitessé tevő meliorációs programok, a szűk ártereken ligeterdők kiirtása, stb.) károsodtak a tájszintű ökológiai rendszerek – s ez a folyamat is hozzájárulhatott a mezoklíma megváltozásához és az éghajlati szélsőségek hatásainak éleződéséhez. Mindezek következtében az egyre szárazabbá váló klíma hatására várható (és részben már ma is megfigyelhető) a mediterrán és a balkáni növényfajok nagyobb térhódítása, továbbá a kozmopolita és adventív fajok (pl. gyomnövények) elterjedése.

A Magyarország élőhelyeinek térképi adatbázisa nevet viselő program keretében 2002-ben indult meg az ország teljes körű vegetációs feltérképezése, mintegy kétszáz botanikus részvételével.

A terepbejárás során a kutatók az egyes területeket besorolták élőhely-típus szerint, majd többek között meghatározták, hogy adott helyen mekkora az inváziós fajok aránya, mely fajok, és mennyire veszélyeztetik az eredeti vegetációt. Az inváziós fajok elterjedéséről, területborítási arányukról korábbi adatok nem állnak rendelkezésre.

Hazánkban a vizes élőhelyek – árterek, nedves rétek − a legveszélyeztetettebbek az inváziós fajok szemszögéből. Leggyakrabban az egykori árterek magaslatain, az elmaradó elöntés miatt alakulnak ki olyan szélsőséges életfeltételek, hogy miközben az őshonos fajok legyengülnek, az inváziós fajok előtt lehetőség nyílik a megtelepedéséhez és elszaporodásához.

Így tűnik fel az árterek ligeterdőiben a zöld juhar *(Acer negundo)* vagy az amerikai kőris *(Fraxinus pennsylvanica)*.

A vadszőlő-fajok *(Parthenocissus)*, a kanadai- és a magas aranyvessző *(Solidago canadensis, S. gigantea)*, a süntök *(Echynocistis lobata)*, a japán keserűfű *(Reynoutria japonica)* és a gyalogakác *(Amorpha fruticosa)* tömeges megjelenésével sok helyen már át is vette az uralmat az aljnövényzetben.

A vizes élőhelyek mellett a másik erősen veszélyeztetett élőhely-típus a homokos terület; különösen a Kiskunság és a Nyírség erősen fertőzött. Esetükben a legnagyobb veszélyt a fehér akác és a selyemkóró *(Asclepias syriaca)* tömeges elszaporodása jelenti.

A ma széles körben elterjedt, kiszabadult tájidegen fás szárúak többségét eredetileg erdészeti céllal telepítették be. A fehér akác *(Robinia pseudoacacia)* erdészeti szempontból kiváló fának bizonyul, hiszen tápanyagban szegény, száraz talajokra is telepíthető, gyorsan nő, és már 30-35 év alatt vágáséretté válik. Természetvédelmi szempontból viszont számos káros hatása van. Messzire (akár húsz méterre) elnyúló gyökérzete elszívja a nedvességet a szomszédos növényektől. Az akácosok cserjeszintjében leginkább csak a szintén inváziós nyugati ostorfa *(Celtis occidentalis)* és a kései meggy *(Padus serotina)*, az őshonosok közül pedig a fekete bodza *(Sambucus nigra)* képes megélni.

A gyér aljnövényzet szegényes állatvilágot von maga után, hiszen kevés búvóhelyet és táplálékot biztosít az állatok számára. „Sikeressé" teszi az akácot az is, hogy nagyon könnyen sarjadzik, a magja pedig annyira ellenálló, hogy a talajban akár ötven évig is életképes marad, vagyis gyakorlatilag, ha valahol megjelenik, onnan csak nagy erőfeszítésekkel lehet kiirtani.

A fehér akác egyébként Észak-Amerika keleti területén honos. Habár nálunk elsősorban síkségi területeken terjedt el, eredeti élőhelyén 1500 méter magasságig megtalálható. Ez a tulajdonsága sajnos nálunk is kezd érvényre jutni, ugyanis középhegységeinkben az utóbbi időben már magasabb térszinteken is megjelent. Jelenleg az ország erdőterületének 22 százalékát adja.

Több olyan inváziós fás szárú faj is van, amelyet nem a faanyag hasznosítása miatt, hanem a szélsőséges termőhelyek talajának megkötésére telepítettek. Ilyen például a bálványfa *(Ailanthus altissima)*. Mivel nem érzékeny a légszennyezettségre városi sorfaként is előszeretettel alkalmazzák.

Az özönnövények okozta veszélynek sokan nincsenek tudatában, ráadásul a törvényi szabályozás sem támogatja eléggé az őshonos fajok ültetését. Erdőtelepítéskor például akácra

ugyannyi támogatás jár, mint egy őshonos fafajra. Habár jogszabály írja elő azt is, hogy védett területeken tilos idegen fajokat telepíteni, a nemzeti parkok is küzdenek a betörő özönnövényekkel. Az Aggteleki Nemzeti Park területén az akác már veszélyeztette a fokozottan védett magyar nőszirom élőhelyét, ott a fák vegyszeres injekciójával a közelmúltban sikerült a faállomány kilencven százalékát k9rtani.

Mit lehet tenni, ha már valahol megjelent egy özönnövény?

Ilyenkor főleg mechanikai módszert vagyis gyomlálást; homogén növényborítottság esetén pedig vegyszeres kezelést alkalmaznak. A kúszónövényeknél rosszabb a helyzet, hiszen a hatalmas területet borító szövevények eltávolítása, vegyszeres irtása nehezen megvalósítható a többi növény károsodása nélkül.

A fás szárúak esetében gyakran a fa törzsébe injektált méreganyaggal pusztítják el a fát, vagy a kivágott fa tönkjét kenik be speciális vegyszerrel, amely megakadályozza a sarjadást. Ezek viszont idő- és pénzigényes eljárások, és a vegyszerhasználat is problémát okoz környezetvédelmi szempontból.

Az ártéri területeken hosszútávon a legjobb módszernek az eredeti talajvízszint visszaállítása bizonyulna. A tartósan magas talajvízszint ugyanis védelmet nyújt az inváziós fajok ellen, hiszen csökken a bolygatás, amely legyengíti a tájjellegű vegetációt (**lásd még 9. fejezet**).

12.4.3 Terjedő betegségek

Az Egészségügyi Világszervezet az elmúlt évek világméretű és riasztó járványai kapcsán többször felhívta már a figyelmet arra, hogy mindez még csak a kezdet volt.

Minden valószínűség szerint közeleg egy világméretű pandémia, melynek a világ népességének akár 25-30 %-a is áldozatul eshet, de a legoptimistább becslések szerint is legalább 5-6 millió ember halhat meg a veszélyességébe egy atípusos tüdőgyulladáshoz hasonló kórban.

Kutatók egyetértenek abban, hogy kb. 20-30 évente felüti fejét egy olyan vírus, mely emberek ezreinek halálát okozza. Csak a 20. századból ismert három nagy járvány: 1918 és 1920 között a spanyolnátha egyes becslések szerint mintegy 40 millió embert vitt el. 1957-ben az ún. ázsiai nátha követelt világszerte 700.000 halottat, 1968-ban pedig a honkongi vírus ölt meg egymillió embert.

A távolsági közlekedés fejlődése valóban egyik fő komponense a világméretű járványok kialakulásának. Gondoljunk csak bele mennyire más volt a helyzet a középkori pestis

esetében: a fertőzöttek egy héten belül meghaltak általában, ezen egy hét alatt azonban maximum száz kilométeres távolságra tudták elvinni magukkal a betegséget. A pestis három év alatt jutott el Szicíliából Norvégiába. Manapság egy járvány egy héten belül megjelenhet a világ különböző pontjain.

A UNAIDS jelentése szerint a HIV-vírussal fertőzött emberek száma 2001-ben 35 millió, 2002-ben pedig 36,6 millió volt, 2003-ban pedig rekordszintre 39,4 millióra emelkedett. A fertőzöttek számára vonatkozó becslés alsó határa 35,6 millió, míg a felső 44,3 millió. Összesen 3,1 millió ember halt meg a HIV-vírus által okozott AIDS-betegségben 2004-ben, és 4,9 millió fertőződött meg HIV-vírussal (**lásd még 4. fejezet**).

12.5 Bolygónk vészjelei

12.5.1 Természeti csapások

Egyre több embert sújtanak szerte a világon természeti csapások, ezek nagy része az éghajlatváltozással van összefüggésben, de jelentős hányaduk a gáttalan városiasodás eredménye. Természetesen ezen jelenségek előre nem láthatók, és bekövetkezésük is rapszodikus, de ezzel együtt az adatokból megállapítható, hogy az emberek egyre nagyobb tömegeit érintik a csapások. Ezt a tendenciát erősíti az urbanizáció jelensége is: egyre többen kényszerülnek megélhetési okokból a nagyvárosokba, amelyek nyomornegyedei sokszor a természeti katasztrófák elsőszámú károsultjaivá válnak. Előrejelzések szerint ez utóbbi veszély 2025-re közel 2 milliárd ember életviszonyaira lesz hatással, ugyanis a világ 100 legnagyobb városából 70 veszélyeztetett térségben fekszik.

A globális felmelegedés változékonnyá teheti a légáramlatokat és az óceáni áramlatokat, ideértve a sztratoszférabeli gázáramlásokat is. A hőmérsékletben és az éghajlat állandóságában emiatt bekövetkező változások módosítanák a bozóttüzek, aszályok, forró égövi ciklonok, árvizek, földcsuszamlások és a lejtőerózió gyakoriságát és súlyosságát.

Ez azután fokozottan okozna haláleseteket, baleseteket, stresszel kapcsolatos rendellenességeket és a társadalmi szétszakadásból, kényszerű lakóhely változtatásból és a városi nyomornegyedekbe való beköltözésből származó számos, egészségre káros hatást. Mint mindig, a természeti szerencsétlenségeket most is azok sínylenék meg legjobban, akik a legvédtelenebbek és akik a legkevesebb anyagi erőforrással, valamint szociális és szervezeti támasszal rendelkeznek.

A forró égövi ciklonok energiájukat a 27 °C fölötti felszíni hőmérsékletű tengerekből származó meleg párából nyerik. Az üvegházhatás következtében megemelkedhet a tengerek felszínének hőmérséklete, ami megnövelheti a ciklonok gyakoriságát. Az alacsony életszínvonalú, elszegényedett lakosság, mint pl. Bangladeshé, különösen védtelen a megnövekedett ciklontevékenységgel szemben.

Azokon a területeken, ahol gyakoribbakká válnak a heves esőzések, gyakrabban fordulnának elő hirtelen árvizek. A vihar-hullámokat még tovább súlyosbítaná bármely velük egyidejű tengerszint-emelkedés. A gátak és más vízszabályozó rendszerek könnyebben megrongálódhatnának, ezzel is növelve az embereket fenyegető katasztrófák eshetőségét. Az

olyan területek, ahol széleskörű erdőirtást végeztek árterületekbe csatlakozó hegyoldalakban, különösen ki lesznek téve az árvízveszélynek a víz akadálytalan lezúdulása miatt.

Még mindig sokat nem tudunk az óceánok hőszállító áramlatairól és arról, hogy ezek mennyire érzékenyek és mennyire vannak befolyással az éghajlat változásaira.

A Csendes-óceán nyugati partjain és az azon túli területeken az éghajlat és a ciklontevékenységet két áramlat határozza meg, a kelet-nyugati melegvíz áramlat, a La-Niña és a nyugat-keleti irányú El-Niño, melyek periodikusan fordulva váltják egymást.

Az Észak-Kelet-Ausztráliában és Dél-Afrikában 1991-92-ben bekövetkezett súlyos szárazságot alapvetően az El-Niño valamilyen eseménye okozta.

A mai világban az emberi egészségre az éghajlat szélsőségei leginkább a súlyos szárazság miatt bekövetkező alultápláltság és éhínség alakjában hatnak. Az 1980-as évek elnyújtott szárazsága az afrikai Szahel övezetben, Szomáliától az Atlanti-óceán partjáig már eddig is több millió ember halálát okozta, és további több tízmillió embert taszított az éhezés szélére.

A Szahara fokozatos déli terjeszkedése mutathatja a természet egyik nagy ciklusát, de lehet egy kezdődő, az egész bolygót érintő és helyi éghajlat-változás következménye is, amit még súlyosbít az erdőirtás, a talajpusztulás és a helyi nedvesség elveszítése is. Az élelemhiány rendszeresen a talajpusztulással, polgárháborúval, rossz közlekedéssel és gyenge szociális-politikai intézményrendszerrel együtt jelentkezik.

A bozóttüzeket, különösen Ausztrália és az Egyesült Államok melegebb, erdős területein elősegíti a szárazság, a hőhullámok, az alacsony páratartalom és az erős szél. A közúti balesetek száma is megnőhet, legalábbis elszórtan, a megnövekedett esőzések, szél, úthibák és a vezetőkre ható egyéb stresszhatások, pl. a hőhullámok miatt. Egyes parti utak ki lennének téve a tengerszint-emelkedés különböző káros hatásainak.

A természeti katasztrófáknak sok pszicho-szociális hatása is van, amelyek mind az áldozatokat, mind az őket segítőket érinti. A „katasztrófa utáni tünetcsoport” keretében előfordul depresszió, visszahúzódás, mánia, idült aggodalom és valódi pszichózis. Ausztráliában a fent említett „Hamvazó Szerdai” bozóttüzek után megnövekedtek az elmebetegségek valamint a stresszhez kapcsolódó rendellenességek, mint pl. a magas vérnyomás és a gyomorfekély. 1972-ben az Egyesült Államokban egy nagy gát összeomlása 125 ember halálát okozta és 4.000 embert tett hajléktalanná. A szerencsétlenség után neurotikus tünetek jelentkeztek a legtöbb túlélőnél, hosszantartó gyászolással, a túlélés szégyenérzetével, a reménytelenség és a tehetetlen düh érzésével. Az érintett családok

esetében sok gyermeknél jelentkeztek fejlődési rendellenességek az elkövetkező évek során. Néhány embernél a szerencsétlenség utáni tünetek, köztük az érzelmeket zsibbasztó bűnös-túlélő tünetcsoport, meghatározatlanul folytatódtak.

Sokszor annyira összefonódnak azok az események, amelyek természeti katasztrófához vezetnek, vagy ahhoz hozzájárulnak, hogy egy adott tevékenység vagy döntés végső hatását nehéz előre jelezni. Az egyik folyó vízgyűjtő területének túlnépesedése fokozhatja az erdőirtást, ami viszont árvizeket okozhat, melyek tönkreteszik a termést, ez viszont élelmiszerhiányhoz, éhínséghez és politikai nyugtalansághoz vezet. Egy másik, hasonló vízgyűjtőterület túlnépesedése viszont talajerózióhoz vezethet, a vízi erőmű víztárolójának eliszaposodásához, és nehezítheti a városok elektromos energiával való ellátását a folyó alsó folyásánál.

A természet nem mindig egymaga teremti a katasztrófákat. Az emberi tevékenység az események olyan láncolatát képes mozgásba hozni, amely csak látszólag természeti eredetű. Az ipar terjeszkedése és a túlszántás például növelheti a felsőbb légrétegek portartalmát. Ennek eredményeként megváltozik a csapadékhullás gyakorisága, és visszaesik az élelmiszertermelés. Ez még a nemzetközi fizetési egyensúlyra és az országok közötti politikai viszonyokra is kihat. Röviden, az emberi és természeti hatások ok-okozati összefüggései beláthatatlanok, és újabb terhek hárítása a Föld ökoszisztémájára bonyolult gazdasági és társadalmi bajokat teremt.

12.5.2 Az éghajlatváltozás 12 forró pontja a Földön

Könnyen lehet, hogy az éghajlatváltozás okozta katasztrofális események sokkal közelebbi jövőnket érintik, mint eddig hittük. A brit Tyndall Centre for Climate Change Research kutatói 12 olyan „forró pontot” állapítottak meg bolygónkon, melyeket a globális felmelegedés hatásai elsőként érinthetnek.

Ha a jelenlegi trendek folytatódnak, egy évszázadon belül katasztrofális következményekkel járó éghajlatváltozásra számíthatunk. Az eddigi legpesszimistább becslés, amely egy kormányközi szervezettől származik, és az átlaghőmérséklet 5,8 °C-kal emelkedne egy évszázad alatt, még mindig igen optimistának tűnhet annak fényében, amit most a norwich-i éghajlatkutató-intézet munkatársai állítanak.

Az intézet kutatói 12 olyan forró pontot állapítottak meg, melyek területén a globális felmelegedés hirtelen és radikális változásokat hozhat – akár egy évszázadon belül is.

12.5.2.1 A Szahara

A globális felmelegedés furcsa módon a Szahara peremterületein élőket inkább pozitívan érintené, mint negatívan. A felmelegedés hatásaként ugyanis a sivatag elkezd zsugorodni, ami annyit jelent, hogy a sivatag helyén gazdag flórával rendelkező terület alakulhat ki. A terület növekvő csapadékmennyisége ezenkívül azt is eredményezi, hogy az eddig művelésre alkalmatlan talaj termékennyé válik.

Első pillantásra ez akár örvendetes is lehetne, ám a lokális pozitívumok globális negatívumokkal párosulnak. A sivatag felett kialakuló szélviharok ugyanis igen sok port szállítanak az Atlanti-óceán fölé, ahol a tápláléklánc fenntartásában igen komoly szerepe van a messziről érkezett szaharai homoknak. A porszemek között ugyanis igen sok tápanyag található a tengerek táplálkozási lánc legalsó tagjaként ismert planktonok számára. Ha a planktonok nem jutnak megfelelő tápanyaghoz, az egész táplálkozási lánc felborul.

A sivatag „eloázisodása” a planktonok révén közvetlenül a légkörre is kihat. A planktonok ugyanis szén-dioxidot kötnek meg, melyből közismert módon egyre több van a légkörben. Ezzel a tevékenységükkel gátolják a további felmelegedést, azaz ha nem lennének planktonok, úgy a felmelegedés üteme még gyorsabb volna. Harmadrészt a Szahara felől érkező homokviharok a hurrikánok kialakulását is akadályozzák valamelyest, így amennyiben valóban beteljesül a tudósok által felvázolt pesszimista forgatókönyv, akkor még komolyabb hurrikánok kialakulásával kell számolni a közép-amerikai térségben.

12.5.2.2 Az Amazonas-medence

A globális felmelegedés a hatalmas trópusi esőiről ismert Amazonas őserdeiben éppen ellenkező folyamatot indítana el. Itt ugyanis egyre kevesebb eső esik majd, ami az erdők kiszáradásával jár. A közvetlen élővilág pusztulása mellett itt is számítani kell eddig figyelmen kívül hagyott mellékhatásokkal. A fák és növények kihalásával egyidőben ugyanis a rothadásukból felszabaduló szén-dioxid gázok szintén az üvegházhatást fokozzák. A legrosszabb elképzelések szerint ez a rothadási folyamat akár olyan mennyiségű szén-dioxidot is termelhet rövid időn belül, mint amennyit a fosszilis üzemanyagok termeltek az egész XX. században.

12.5.2.3 Ózonlyuk

A globális felmelegedés révén az ózonlyuk nagysága is növekedésnek indul. Nagy magasságban az ózon pajzsként viselkedik a káros napsugarak megszűrésekor. Amennyiben azonban a felmelegedés hatásaként a sztartoszféra ezen régiói is melegednek, az ózon nem tudja többé kifejteni azt a hatást, melyet alacsony hőmérsékleten biztosít az emberiség számára.

12.5.2.4 Grönland

Grönland szigetén mintegy 2,6 millió m^3 víz található, fagyott állapotban. Amennyiben a globális felmelegedés 3 °C fölött lesz, úgy lassan elkezdhet olvadni ez az iszonyatos mennyiségű jég. Amennyiben a felmelegedés eléri a 8 °C-t, Grönland szigete teljes egészében eltűnik, az óceánok vízszintje akár hét méterrel is emelkedhet. Könnyen el lehet képzelni, hogy a tengerparti városok számára ez mit jelenthet.

12.5.2.5 Tibet

Mivel a tibeti régiót állandóan jég és hó borítja, így az úgy viselkedik, mint egy tükör, a napsugárzás jelentős részét visszaveri a légkör irányába. Ezzel tulajdonképen akadályozza a Föld felmelegedését, amennyiben a hó és a jégtakaró elolvad, a tükröző hatás is megszűnik, így a Föld felszíne tovább melegszik.

12.5.2.6 „Sószelepek”

Komoly változásokat okozhat a tengerek felmelegedése a Gibraltári-szoroshoz hasonlóan, két eltérő sókoncentrációjú víztömeget elválasztó, tulajdonképpen sószelepként funkcionáló földrajzi képződmények élővilágában is. A Gibraltári-szoros az Atlanti-óceánt és a Földközi-tengert választja el egymástól. Mivel a két szomszédos víztömeg sókoncentrációja különbözik, így a só, az oxigén és a különféle tápanyagok állandó áramlásban, mozgásban

vannak a szoroson keresztül. A speciális viszonyokhoz magas fokon adaptálódott ökológiai rendszer alakult itt ki.

Ha a globális felmelegedés megbolygatja az óceáni áramlatokat, az adott sókoncentrációhoz alkalmazkodott tengeri élővilág finom egyensúlya felborulhat, az ott élő állatoknak nagyon kevés idejük marad az alkalmazkodásra. Így túlélésükre is kevés az esély. A Földközi-tenger élővilága már most is a veszélyeztetettek közé tartozik, néhány évtizeden belül a fajok további eltűnésével kell számolni.

12.5.2.7 Észak-atlanti áramlat

A globális felmelegedés előidézheti az óceánok nagy tengeráramlási rendszerének lelassulását, amire egyébként már most is vannak jelek.

A világ egyik legerősebb tengeráramlata az Észak-atlanti áramlat, ennek előfutára a Golf-áramlat. A Mexikói-öbölből indul és átszelve az Atlanti-óceánt Nyugat-Európa partjait fűti, mivel trópusi vizeket szállít. Az áramlat körülbelül 100.000 nagy erőmű által termelt hőt szállít Európa partjaihoz, néhol akár 10 °C-kal is emelve az átlaghőmérsékletet.

De hogyan keletkezik ez az áramlat?

Az Atlanti-óceán északi részének felszínét az Észak-Amerikából érkező nyugati szelek hűtik, ezáltal a sűrű, hideg, sós víz a sarkköri területeken lesüllyed, és a mélyben az Egyenlítő felé halad. Ennek ellensúlyozásaként meleg, alacsonyabb szélességekről származó víz áramlik a felszínen a sarkvidékek felé. Ez a keveredés globálisan osztja el a hőt, és mérsékeltebbé teszi az éghajlatot.

A klímaváltozás mindezt felboríthatja. A számítógépes modellek szerint az észak-atlanti térség egyre csapadékosabb lesz, illetve a grönlandi jégtáblák olvadása következtében növekvő tömegű édesvíz keveredik a sós tengervízhez. Így a víz sótartalma és sűrűsége csökken, ezáltal lassabb lesz a lesüllyedése, illetve könnyebben megfagy, mielőtt lesüllyedhetne. A folyamat természetesen több évtizeden keresztül zajlik. Az elmúlt 50.000 évben az áramlat legalább hétszer leállt. A leginkább veszélyeztetett területek az észak-európai országok – Írország, Nagy-Britannia, Norvégia −, de a hatást Európa is megérzi majd.

12.5.2.8 El-Niño

Az El Niño néven ismert jelenség Ázsiában és Ausztráliában szárazságot, Ecuadorban és Észak-Peruban pedig áradásokat okoz. Korábban El Niño-ként azt a meleg óceáni áramlatot jelölték, amely karácsony körül érkezik meg Peru északi partjához. A felmelegedés nem terjedt délebbre Peru legészakibb részeinél, és rendszerint márciusra vagy áprilisra véget ér. Tudományos körökben ma már a kifejezéssel csak azokat a rendkívüli eseményeket illetik, amikor a tengerfelszín felmelegedése erőteljesebb és kiterjedtebb. Ahelyett, hogy márciusban vagy áprilisban visszaállna a szokásos érték, a tengerfelszín hőmérséklete ilyenkor a perui partok mentén megemelkedik, heves esőzéseket, áradásokat, és jelentős kárt okozva a mezőgazdaságban.
Az El-Niño szabálytalan időközönként következik be, mégpedig az úgynevezett Déli Oszcillációval, vagyis egy, a délkeleti és a nyugati Csendes-óceán között végbemenő jelentős légnyomás-ingadozással összefüggésben.

12.5.2.9 Nyugat-antarktiszi jégtömbök

A hatalmas Antarktiszi-félsziget jégtakarója nem valószínű, hogy rövid időn belül elolvad, felszínét néhol több kilométer vastag jég borítja. Aggasztó viszont a hatalmas jégtömbök leválása. Két évvel ezelőtt a Larsen-B jégtömb leválásakor, majd jéghegyekre való szétesésekor 35 napon belül 3.250 km^2 jégfelület tűnt el, a tömb ma már csak eredeti méretének 40 %-t teszi ki. A felmelegedés következtében a jéghegyek olvadása világszerte akár hat-hét méterrel is megemelheti a tengerek vízszintjét.

12.5.2.10 Metán-klatrátok

A szibériai fagyos altalaj mélyén, valamint a jeges északi tengerek fenekén található üledékekben hatalmas mennyiségű gáztartalmú jég, ún. metán-klatrát raktározódik. Az alacsony szibériai hőmérséklet, valamint a jeges óceánok súlya alatt a klatrátok stabil állapotúak. A melegedéssel azonban a jégkristályok darabokra töredeznek, a bennük lévő gázok pedig a légkörbe és az óceánba kerülnek.

Az Amerikai Geológiai Társaság mérései szerint az óceán mélyén fekvő klatrátok körülbelül a Föld ismert földgáz tartalékának húszszorosát teszik ki. A nagy mennyiségű metán légkörbe kerülése, lévén szintén üvegházhatású gáz, tovább gyorsítja a globális felmelegedést. A kibocsátott metán mérgezi az óceánokat is, és kioldja a vizek által elnyelt szén-dioxidot is.

12.5.2.11 Monszun

Március-áprilisban az indiai szubkontinens melegedni kezd, májusban eléri az éves hőmérsékleti csúcsot, és megérkezik a várva várt monszun. A mérsékelt övi monszunok előidézője a kontinensek és óceánok eltérő fölmelegedése, valamint az ezzel együtt járó nyomáskülönbségek kialakulása. A jobban fölmelegedő kontinensek belsejében alacsony nyomású anticiklonális területek alakulnak ki, ami a felszín közelében az óceánokról a kontinensek belseje felé irányuló légáramlást okoz. A nedves levegő találkozik a kontinens feletti kontinentális eredetű légtömeggel, így bőséges eső keletkezik a régióban, gyakran hatalmas károkat okozva. Ha a globális felmelegedés következtében tovább melegszik nyáron a kontinens, úgy lesznek az esőzések, áradások is egyre erősebbek, még nagyobb károkat okozva a mezőgazdaságban.

12.5.2.12 Sarki áramlatok

Ugyancsak veszély fenyegeti a legjelentősebb Antarktisz körüli hidegvizű áramlatot, amely másodpercenként 140 millió köbméter vizet forgat a jeges kontinens körül. Az áramlat a hideg sarki vizet a Csendes-, az Atlanti- és az Indiai-óceán vizével keveri, többek között biztosítva ezzel az itt élő élővilág megfelelő tápanyagellátását. Az áramlat lelassulása az élővilágra nézve kritikus lehet.

12.5.3 Mit hoz a klímaváltozás Magyarországon?

A globális éghajlatváltozás hatásai hazánkban leginkább melegebb nyár, csökkenő csapadék, gyakoribb szélsőséges időjárási viszonyok (hőhullámok, heves esőzések, aszály) formájában prognosztizálhatók.

Az MTA és a zöld tárca közösen végzett három éves kutatásának célja az volt, hogy feltárják a globális klímaváltozás hazánkban várható negatív és pozitív hatásait, feltérképezzék a

várható következményeket, valamint javaslatokat dolgozzanak ki a humán, az ökológiai és a gazdasági károk elkerülésére, enyhítésére.

A nyári átlaghőmérséklet 1,5 °C-kal magasabb lehet a század végére.

Az ipari forradalom óta fokozatosan növekvő üvegházhatású gázkibocsátás a huszadik században átlagosan 0,6 °C-os hőmérsékletnövekedést eredményezett, ám ez az érték regionális szinten jelentős eltéréseket mutat. Magyarországon az elmúlt száz év során mintegy 0,7 °C-kal emelkedett az átlaghőmérséklet, és a trend az elmúlt harminc évben felgyorsult. 2100-ra a nyári átlaghőmérséklet növekedése akár 1,5-2 °C-os is lehet, viszont a téli és őszi hónapokban kisebb mértékű változás várható.

A hőmérséklet növekedése azért is jelent komoly gondot, mert a XX. században jelentősen csökkent a csapadék, főleg a nyári hónapokban, ez pedig komoly változásokat okoz a természetes vegetáció, valamint a felszíni- és felszín alatti vizek vízháztartásában. Az éves csapadék jelenleg mintegy 25 %-kal kevesebb, mint a XX. század elején.

A klímaváltozás eredményeként hazánkban további felmelegedés várható, ezen belül is a nyári hőmérséklet kiemelkedő növekedésére valamint a csapadék csökkenésére lehet számítani. Ugyanakkor gyakoribbá válnak a szélsőséges időjárási jelenségek, mint aszály, hírtelen lezúduló nagy intenzitású csapadék, fagyhullámok.

Egy 2070-2100 közötti időszakra végzett nemzetközi kutatáson alapuló prognózis szerint egész Dél-Európában hasonló jelenség várható, vagyis nő a hőmérséklet és csökken a csapadék, ezzel szemben a kontinens északi felén növekvő csapadékkal kell számolni. Ugyanakkor előreláthatólag jelentős mértékű csapadék-átstrukturálódás következik be, vagyis a nyári csapadék nő, a téli csökken. Gyakoribbá válnak a szélsőséges időjárási viszonyok.

A kutatás legfőbb kérdése a változás társadalmi, gazdasági és természetre gyakorolt várható következményeinek feltárása volt. A szélsőségessé váló csapadékeloszlás árvíz, belvíz, helyi elöntések, sárlavinák, valamint az aszály növekvő veszélyét rejti magában. Becslések szerint csak 1998 és 2002 között ár- és belvízvédekezésre, valamint helyreállításra több mint 65 milliárd forint ment el a központi költségvetésből.

A szélsőséges időjárási események (pl. gyakori hőhullámok, frontok) növelik az egészségügyi kockázatokat a lakosság körében: gyakoribbá válhat a hőguta, idő előtti elhalálozás, az UVB sugárzás okozta rosszindulatú daganatos megbetegedések, a fokozódó pollenterhelés okozta allergiás megbetegedések. Ez utóbbi elsősorban a gyerekekre és az

idősekre jelent nagy veszélyt. Franciaországban a 2003-as hőhullám 15 ezer fővel növelte a halálesetek számát a korábbi évek azonos időszakához képest.

Hazánk lakosságának 65 %-a városokban él, ahol a környezeti és energiaproblémák (légköri szennyezőanyag kibocsátás, ivóvízhasználat, zöld területek hiánya, fokozott energiafogyasztás) koncentráltan jelentkeznek, határozott lépéseket kell tenni ezen területek levegőminőségének fokozott védelme, a víz- és energiatakarékosság, valamint az alternatív energiatermelés terén.

A természetes ökoszisztémák körében leginkább a vizes élőhelyek száradása, valamint a száraz területek még szárazabbá válása okozhat problémát. Ugyanis a gyors változás nem teszi lehetővé a fajok alkalmazkodását, vándorlását, az elterjedési terület eltolódását.

A szélsőséges időjárási jelenségek révén gyakoribbá válhatnak az olyan természeti károk, mint az erdőtüzek, fagykár, szélvihar. A szárazodás révén a könnyebben alkalmazkodó fajok várhatóan jobban elterjednek, ilyen például a parlagfű, a selyemkóró, a gyapjaslepke és a szúfélék.

Ezt az ökológiai szempontokat figyelembe vevő vízgazdálkodással, valamint a természeti adottságokhoz igazodó tájhasználattal lehet kivédeni. A víz kérdéséhez hozzátartozik még a csökkenő édesvízkészlettel való ésszerű gazdálkodás. A szárazság növekedésével várhatóan fokozódó öntözővíz használat kiküszöbölésére kiemelt hangsúlyt kell fektetni a szárazságtűrő fajokkal kapcsolatos kutatásokra és azok széleskörű alkalmazására.

12.5.4 Mit tehetek személy szerint én az éghajlatváltozás ellen?

Még a csapból is az éghajlatváltozás „folyik”, így nem csoda, ha sokaknak már a szó hallatán is borsódzik a háta, és egy legyintéssel elintézi, mondván: nem egyedül rajta múlik. Borús jövőképfestés helyett az alábbiakban néhány egyszerű, olcsó ötlete kerül bemutatásra azzal kapcsolatban, hogy mit is tehetünk mi magunk mindennapjainkban az éghajlatváltozás és a környezetpusztítás ellen.

Az Európai Bizottság „Az éghajlatváltozás rajtunk múlik!” jelmondatú kampánya, arra ösztönzi az embereket, hogy az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának jelentős mértékű csökkentése érdekében változtassanak mindennapi szokásaikon.

Az öreg kontinensen az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának mintegy 16 %-ért a háztartások tehetők felelőssé. Ennek legnagyobb részét az energiafogyasztás adja, és további 10 %-kal járul hozzá a kibocsátáshoz a személygépkocsi-használat.

Bár keveseknek van lehetősége olyan házat építeni, amelyben maximálisan érvényesülnek a környezetvédelmi szempontok a villamos- és hőenergia, valamint a vízellátás terén, de egy átlagos lakásban is kis változtatással és odafigyeléssel sokat tehetünk a víz- és energiatakarékosság érdekében. Lássunk néhány példát!

A háztartásokban felhasznált energia több mint felét a fűtés viszi el. Bár sok lakás nem központi fűtésű, de ahol erre lehetőség van, érdemes az egyes helyiségek hőmérsékletét külön szabályozni. Gyakori jelenség a lakóhelyiségek túlfűtése; ha két fokkal lejjebb vesszük a hőmérsékletet, mintegy 10 %-kal csökkenthető az energiaigény. Az ideális szobahőmérséklet 21 °C, ha fázunk, inkább öltözzünk fel jobban.

Ajánlott naponta többször, de rövidebb ideig tárva nyitott ablakkal szellőztetni, mintsem huzamosabb ideig résre nyitott ablakkal, ugyanis ez utóbbi esetén csak az utcát fűtjük, és a levegő sem cserélődik ki kellő mértékben. A fűtőtestet ne zárjuk körül bútorokkal, mert csökken a hatásfoka; ha párásítót teszünk a fűtőtestre, melegebbnek érezzük az adott hőmérsékletű levegőt.

Az energiatakarékos izzó kevesebb áramot fogyaszt és tartósabb is, de csak olyan helyiségekbe szereljük be, ahol sokat tartózkodunk, ugyanis a gyakori fel-le kapcsolgatás rontja a hatásfokát és megrövidíti az életidejét.

Egyre több elektromos háztartási gép könnyíti meg az életünket. Egy-egy ilyen beruházás előtt érdemes végiggondolni, hogy − azon túl, hogy a szomszédnak is van − tényleg szükség van-e rá, vagyis, hogy tényleg megkönnyíti-e a munkánkat egy elektromos kenyérvágógép, morzsaporszívó vagy villanyfogkefe. Ha vásárolunk, válasszunk energiatakarékos fajtát, és lehetőleg szabályszerűen működtessük, hogy minél később kerüljön a szemétbe. A hűtőszekrényt ne tegyük meleg helyre − fűtőtest, tűzhely mellé −, mert ezzel növeljük az energiafogyasztását.

Szinte természetesnek vesszük, hogy a víz (viszonylag) korlátlan mennyiségben áll rendelkezésünkre, csak meg kell nyitni a csapot; míg számos afrikai vagy latin-amerikai országban az embereknek (jó esetben) kilométereket kell gyalogolniuk, hogy egy kannányi vízhez jussanak. Magyarországon az egy főre jutó napi vízfelhasználás 80-120 liter, de nagyvárosokban ez több is lehet. A víz nagy részét tisztításra, tisztálkodásra és WC öblítésre használjuk.

Egy kis körültekintéssel jelentős mennyiségű vizet takaríthatunk meg anélkül, hogy hiányozna, mivel gyakran észrevétlenül elfolyó mennyiségről van szó. Hetente akár egy

kádnyi vizet is megtakaríthatunk, ha megjavíttatjuk a csöpögő csapot. Ha vízcsapot vásárolunk érdemes keverőfejeset venni, mert nem kell túl sok vizet kiengedni feleslegesen, ahhoz, hogy a kívánt hőmérsékletű vizet kapjuk.

Egy WC-tartályból egyszeri ürítéssel 8-12 liter vizet használunk el, ez naponta mintegy 50-60 liter vizet jelent fejenként, amit víztakarékos (szabályozható) tartállyal akár felére is csökkenthetünk. Mosás előtt gyűjtsünk össze egész adag ruhát, ugyanis bár már a legtöbb mosógépnél van féladagos program is, ennek energia- és vízigénye nem sokkal kevesebb az egész adagos mosáséhoz képest. Mosogassunk állóvízben; elég, ha csak öblítéskor folyatjuk a csapot. Családi házaknál az összegyűjtött esővízzel kiválthatjuk az öntözővíz jelentős részét.

Minden háztartásban óhatatlanul keletkezik hulladék. Ennek egy része csomagolóanyag, aminek előállítása energiát, nyersanyagot igényel. Más részük kiöregedett háztartási gép, papír, szárazelem. Bár már egyre több helyen van lehetőség szelektív hulladékgyűjtésre, a hulladékkezelés problémája nem a kukánál kezdődik.

Bizonyára sokan tapasztalták már, hogy amikor kibugyolálták a csomagolásból a terméket, a szemetesvödör félig megtelt csak a csomagolóanyaggal. Már vásárláskor érdemes odafigyelni, hogy milyen terméket választunk. Igyekezzünk a legkevésbé agyoncsomagoltat venni; a zöldséget, gyümölcsöt vegyük inkább a piacon, ahol nem csomagolják előre. Üdítő- és szeszesitaloknál érdemes a betétdíjas csomagolás mellett dönteni, ugyanis az üveg újratöltése kevesebb energiába kerül, mint az anyagában történő újrahasznosítás, nem is beszélve arról, ha a hulladéklerakóra kerül.

A termék származási helye sem utolsó szempont; ha van választási lehetőségünk, vegyünk inkább helyi (vagy legalábbis közeli területről származó) terméket a sok ezer kilométert utaztatott helyett.

Nem csak irodákban, de háztartásokban is keletkezik veszélyes hulladék, ilyen többek között a szárazelem vagy az elektronikai hulladék. Ezeket ne tegyük a kukába (pláne ne az erdőszélre), hanem gyűjtsük külön, és alkalomadtán − ha új elektromos berendezést vásárolunk − leadhatjuk az adott szakboltban; de sok boltban ill. hulladékudvarokban vásárlás nélkül is beveszik. Szárazelem helyett vehetünk újratölthető akkumulátort, ami jóval hosszabb életű.

Akinek van saját kertje, érdemes a konyhai (biológiailag lebomló) hulladékot komposztálni. Ma már sok tájékoztató kiadvány van forgalomban, amely beavat a komposztálás rejtelmeibe.

A számítógép-használat mindennapivá válásával igen könnyen hajlunk arra, hogy mindent kinyomtassunk. Mielőtt rákattintunk a print gombra, érdemes meggondolni, hogy tényleg szükség van-e az adott anyag kinyomtatására; és ne feledjük, hogy egy papírlapnak két oldala van, használjuk mindkettőt! Ha van lehetőségünk, nyomtassunk, illetve fénymásoljunk mindkét oldalra, a már felesleges papír üres oldalát pedig használhatjuk firkapapírnak. Ma már a legtöbb papír és írószer boltban lehet kapni újrahasznosított papírt igényes kivitelezésben, amelyek nyomtatásra, fénymásolásra is használhatók. A szelektíven gyűjtött papírhulladékot elvihetjük a legközelebbi hulladékudvarba vagy hulladékszigetre.

Ezekkel a fogásokkal nem csak a környezetet kíméljük, hanem a hulladék és egyben a szemétdíj csökkenése révén a pénztárcánkat is.

Mindannyian naponta többször is közlekedünk elsősorban az otthonunk és a munkahely vagy az iskola között. A légkörbe kerülő nitrogén-oxidok több mint 60 %-ért, a por- és korom-szennyeződésnek pedig 20 %-ért a közlekedés felelős.

Nyugat-Európában a kerékpározás már kinőtt a hobbi kategóriából, és a tömegközlekedéssel valamint az autóval megfelelően kombinálva egy gyors közlekedési alternatívává vált; nálunk ez a folyamat még igencsak kezdeti stádiumban van. A nagyvárosi agglomerációkból ingázóknak érdemes a város szélén hagyniuk a gépkocsit és onnan kerékpárral vagy tömegközlekedéssel továbbmenni. Ugyanez igaz a városon belüli közlekedésre is: nem muszáj a sarki közértig is autóval menni, válasszuk inkább a kerékpárt, a tömegközlekedést, vagy a sétát, ezzel nem csak a légszennyezést csökkentjük, de a zajterhelést és a zsúfoltságot is, vagyis saját közvetlen környezetünket tesszük élhetőbbé.

Irodalomjegyzék

A világ helyzete Budapest; Föld napja Alapítvány; 1994-2006

Albert József- Farkas János: Környezetszociológia, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 1997.

Barrow, John. D.: A világegyetem születése. Kulturtrade Kiadó Budapest 1994.

Bod Péter Ákos: A pénz világa – a világ pénze KJK-KERSZÖV Bp. 2001.

Csikós-Nagy Béla: A közgazdaságtan a Globalizáció világában I. II. kötet MTA Társadalomkutató Központ Budapest 2002.

Fodor M., Kárpáti Á., Kováts N., Laczó K., Müllerné E., Németh Zs., Pásztor I., Sulyok I., Surányi P., Szalay T., Thury P.: Szennyvíztisztítás fejlesztésének, szimulációjának, ellenőrzésének újabb eredményei, Veszprém, Veszprémi Egyetem Környezetmérnök és Kémiai Technológia Tanszék, 2005.

Gastil, Raymond D.: The comparative Survey of Freedom: Experiences and Suggestions. Megjelent: Alex Inkeles (szerk.): On Measuring Democracy. Transaction Publishers, New Brunswick, N. J., 1991.

Groszmann P.: Ultraszűrő membrán alkalmazása az ülepítő kiváltására a biológiai szennyvíztisztításban, Diplomadolgozat; Veszprém; Veszprémi Egyetem Környezetmérnök és Kémiai Technológia Tanszék, 2005.

Hans Peter Martin, Harald Schumann: A globalizáció csapdája (Támadás a demokrácia és a jólét ellen) Perfekt Kiadó Bp. 1998.

Hawking S., Penrose R.: A tér és idő természete. Talentum, Budapest 1996.

http://www.kornyezetunk.hu/ A Környezetünk magazin honlapjának cikkei

http://www.mkt.bme.hu/kornybiol/2004/szennyviz.doc Mezőgazdasági Kémiai Technológia Tanszék

Huang YH, Chen CC, Huang GH, Chou SS. Comparison of a novel electro-Fenton method with Fenton's reagent in treating a highly contaminated wastewater, Water Sci. Technol.; 43 (2):17–24, 2001

Hulladékgazdálkodás, szerk: Dr. Nagy Géza, Széchenyi István Egyetem, Távoktatási és Szakképzési Központ, Győr, 2002

Kárpáti Á.: A szennyvíztisztítás fejlődése a XX. században, eleveniszapos tisztítás tervezési irányelvei, Oktatási segédlet, Veszprém, Veszprémi Egyetem, 2001.

Kocsis-Kupper Zsuzsanna: Nemzetközi környezetjog, ELTE Jogi Továbbképző Intézet, Budapest, 2003, 14-23. oldal.

Láng István: Agrártermelés és globális környezetvédelem, Mezőgazda Kiadó 2003, 9-42. oldal.

Láng István: Környezet és Természetvédelmi lexikon I-II, Budapest, Akadémiai Kiadó, 2002.

Lesjean, B.; Rosenberger, S.; Schrotter, J. C.: Membrane aided biological wastewater treatment–overview on applied systems and their fields of application, Membrane Technology, 2004.

Mészáros E.: A környezettudomány alapjai, Budapest, Akadémiai Kiadó, 2001.

Némedi Varga Z.: Általános és szerkezeti földtan. Tankönyvkiadó, Budapest 1990

Norris, R. D.; Huber, B. T.; Self-Trail, J.: Synchroneity of the K-T oceanic mass extinction and meteorite impact; Blake Nose, western North Atlantic, Geology (Boulder), 1999.

Padisák J.: Általános limnológia, Budapest, ELTE, Eötvös Kiadó, 2005.

Papp Sándor-Rolf Kümmel: Környezeti kémia, Tankönyv kiadó, Budapest, 1992.

Parson, S.: Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment, IWA Publishing, 2004.

Pásztó P.: Vízminőségvédelem, vízminőség szabályozás, Veszprém, Veszprémi Egyetemi Kiadó, 1998.

Schumacher, E. F.: A kicsi szép, Közgazdasági és Jogi Kiadó

Shanshan Chou, Yao-Hui Huang, Shen-Nan Lee, Gaw-Hao Huang, Chihpin Huang: Treatment of high strength hexamine containing waster by elektro- Fenton method (First received January 1998; accepted in revised form June 1999);

SPECIALIST GROUP on Use of Macrophytes in Water Pollution control, Constructed Wetland for Water Pollution Controll, IWA Publishing London, UK, 2001.

Steiner F.: A Föld fizikája. Tankönyvkiadó, Budapest 1969

Stephen Jay Gould: Az élet könyve, Magyar Könyvklub, Budapest 1998.

TÖMÖSY L.: Szennyvíztisztítás Oktatási segédlet a Víztisztaságvédelem, Környezetvédelem, Környezetvédelmi eljárások és berendezések c. tantárgyakhoz;

VILÁGATLASZ országlexikonnal és tematikus fejezetekkel, Nyír-Karta Bt, 2004.

VYMAZAL J.: The use of sub-surface constructed wetlands for water treatment in the Chezk Republic:10 years experience; 2002; Ecoloogical Engineering; Vo.18; issue 5;

Westholm, L. J.: Constructed wetlands for treatment of landfill leachate – Experiences from Sweden and Norway, Vatten 60: 7-14, 2004.

Zelenák Adrián: Brüsszeli útvesztők, KukaBúvár, 2006. ősz