

Darvay Sarolta – Nemcsók János – Ferenczy Áron

Fenntartható fejlődés

Sustainable Development



Összefoglalás

A fenntartható fejlődés fogalma az elmúlt 1-2 évtizedben terjedt el a mindennapi életben (tudomány, gazdaság, társadalom). Az elmúlt évtizedekben az ipari és mezőgazdasági termelések drámai felgyorsulása rendkívüli módon megterhelte Földünk ökológiai állapotát. A legújabb adatok szerint Földünk 1,6-szorosára lenne szükségünk ahhoz, hogy a környezetszennyezések (talaj, víz, levegő) öngyógyulással eltűnjenek, és helyreálljon Földünk természetes ökológiai állapota. Jelen tanulmányban áttekintést adunk Földünk ökológiai problémáiról, a természetes egyensúly helyreállításának céljából létrejött intézményekről, azok tevékenységéről. A fenntartható fejlődés szempontjából külön foglalkozunk korunk fontos környezeti, társadalmi, gazdasági problémáival (vízkészlet, hulladékgazdálkodás, klímaváltozás). Bemutatjuk az elmúlt időszakban önálló tudományággá váló nanotechnológia jelentőségét.

Summary

The concept of sustainable development has become a part of everyday life in the last 10-20 years (science, economy, society). Over recent decades, the dramatic acceleration of industrial and agricultural production has overloaded the ecological condition of the Earth to an extraordinary extent. According to the latest findings, a surface area 1.6 times that of the Earth would be needed for all the environmental pollution (soil, water, air) to disappear by a process of self healing and for the natural ecological state of our planet to be restored. The aim of our study is to review ecological problems, to

DR. habil. DARVAY SAROLTA, ELTE Tanító- és Óvóképző Kar, Természet-tudományi Tanszék (darvay.sarolta@tok.elte.hu), PROF. DR. NEMCSÓK JÁNOS egyetemi tanár, Selye János Egyetem Biológiai Tanszék, Komárom (nemcsok.janos@t-online.hu), FERENCZY ÁRON egyetemi hallgató, Szegedi Tudományegyetem.

present the institutions established to restore the natural balance of the planet, and to discuss their activities. In particular, we deal with the important environmental, social and economic issues of our age (climate change, waste management, water resources) which are significant in terms of sustainable development. We also demonstrate the importance of nanotechnology.

„A jövő a mi kezünkben van. Együtt mindent meg kell tennünk annak érdekében, hogy az unokáinknak ne kelljen majd megkérdezniük tőlünk, miért nem sikerült helyesen cselekednünk, és nem szabad hagynunk, hogy a mi hibáink következményeit ők szenvedjék el.”

Ban Ki-moon, az ENSZ főtitkára, 2007

A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS FOGALMÁNAK TÖRTÉNETE, JELENTŐSÉGE ÉS KAPCSOLATA A KÜLÖNBÖZŐ TUDOMÁNYTERÜLETEKSEL

Az emberiség valódi globalizált világot teremtett magának, melyben a globális mértékű változások lényeges hatással vannak a Föld mint rendszer működésére. Természetes és antropogén komponensei is vannak a változásnak. A sokrétű változásokat főleg szocioökonómiai (demográfiai, gazdasági, politikai), biológiai (ökológiai) és fizikai-kémiai (légműfizikai, hidrofizikai, környezetkémiai) tényezők okozzák.¹

Az ember egyoldalúan képes hasznot húzni a bioszféra működéséből. A fosszilis tüzelőanyagok felhasználása óta egyetlen faj, a *Homo sapiens* mohó módon uralma alá vonta bolygónkat. Ma már antropocén korszakról beszélnek a szakemberek, utalva az 1950-es évek óta felgyorsult emberi tevékenységre a Földön.²

Az emberi népesség létszámának és fogyasztásának növekedése tekinthető a globális változás legfontosabb okának. A növekedéssel, illetve a gazdasági tevékenység fokozásával együtt jár a földfelszín globális léptékű megváltozása.³ A globális változásnak a természetes élőhelyek területének csökkenése mellett a legfeltűnőbb eleme a klímának, illetve a légkör összetételének változása.⁴ Annak ellenére, hogy a globális világproblémák összefüggéseinek feltárása már régen elkezdődött, a Föld ökológiai helyzete fokozatosan romlik.

A fenntartható fejlődés kérdése a politikai, közéleti és tudományos körökben 1972-ben jelent meg az ENSZ által szervezett, Stockholmban tartott, az Emberi Környezetről elnevezésű konferencián. Érdemi változásokat nem hozott a konferencia, a környezeti problémák azóta globális mértékűvé váltak. Az 1972-ben, *A növekedés határai* (The Limits to Growth) címmel megjelent Meadows-jelentés, majd az ENSZ által alapított Környezet és Fejlődés Világbizottság *Közös jövőnk* (Our Common Future, Brundtland-jelentés, 1987) című jelentése is, felismerve a változások szükségességét, részletesen elemzi a globális krízist.

Az ENSZ 1992-ben Rio de Janeiroban megrendezett Környezet és Fejlődés Konferenciáján a nemzetközi közösség átfogó cselekvési tervet fogadott el. A kötelezettségvállalásokat az ezt követő, fenntarthatósággal foglalkozó 2002-es (johannesburgi) és 2012-es (riói) csúcstalálkozó résztvevői megerősítették.⁵

A fenntartható fejlődés megvalósítását az Európai Unió már 1992-től stratégiai feladatként tűzte ki. Hazánk a belépéssel ezt érvényesítette, a Fenntartható Fejlődési Stratégia először 2007-ben készült a kormány gondozásában. A társadalmi vitán elhangzó javaslatok, vélemények alapján módosított, véglegesített Keretstratégiát az Országgyűlés 2013-ban fogadta el. A nemzeti koncepció célja, hogy távlatos, az egész nemzetet összefogó irányt adjon az egyéni és közösségi cselekvések számára.⁶

Az UNESCO oktatási programja a 2004 és 2015 közötti időszakot a Fenntartható Fejlődés Évtizedének nyilvánította.⁷

Fontos megkülönböztetni a fenntarthatóság és a fenntartható fejlődés fogalmát: a fenntarthatóság egy adott cél, melyet el szeretnénk érni, míg a fenntartható fejlődés egy folyamat, mely tartalmazza a fenntartható állapothoz vezető út lépéseit.⁸ „A fenntarthatóság a jövőről való gondolkodást meghatározó paradigma, amelyben a környezettel, a társadalommal és a gazdasággal kapcsolatos megfontolások egyensúlyban vannak egymással a fejlődés és egy magasabb életszínvonal elérésére való törekvés során. Ez a három szféra – társadalom, környezet és gazdaság – szorosan összefonódik. Például, egy gazdag társadalomnak egészséges környezetre van szüksége ahhoz, hogy polgárai számára éllelmiszert, erőforrásokat, tiszta ivóvizet és levegőt tudjon biztosítani.”⁹

A fejlődés fogalma alatt a jelenlegi modern társadalmak általános értékrendje gazdasági, anyagi növekedést, mennyiségi gyarapodást ért. Természetesen ez eredményez minőségi változásokat, valódi fejlődést is, de a szabályozatlan növekedés negatív következményei egyre komolyabbak. Tulajdonképpen ez a globális krízis lényege. A jelenlegi termelési rendszerek ráadásul nem illeszkednek a természet rendjéhez, ezért egyre nagyobb környezeti károk keletkeznek, amelyek visszahatnak az emberre is.¹⁰

A fejlődés természetes jelenség. A természet „önmagától” fejlődik, amelyet semmilyen emberi beavatkozás nem képes tovább fejleszteni, azaz jobbítani vagy gyorsítani.¹¹ Az ember a technológiája segítségével részben átveszi ezt a szerepet, azaz megváltoztatja, illetve átmenetileg kiiktatja a természet bizonyos önszabályozó visszacsatolásait. A fejlesztés tudatos emberi tevékenység, beavatkozás, erőforrásigényét viszont a természet biztosítja.

A fenntartható fejlődés az ember boldog és értelmes életvitelének előmozdítását és a közjó kiteljesítését célozza. Ám mindezt úgy, hogy a saját jólétét megteremtő generáció nem éli fel, nem meríti ki erőforrásait, hanem megfelelő mennyiségben és minőségben a következő generációk számára is megőrzi, bővíti azokat.¹²

A 2005-ös ENSZ-közgyűlésen elfogadott, a 2000. évi Millenniumi Nyilatkozatot megerősítő határozat a fenntartható fejlődés három, egymással szoros kölcsönhatásban és függőségben levő dimenzióját, a gazdaságit, a társadalmi és a környezeti azonosította. A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács egy negyedik pillért is meghatároz, a humán erőforrást. A fenntartható társadalmak kialakításához szükségünk van egészséges, jól képzett, családbarát, jogkövető, társadalmilag érzékeny emberekre.¹³

A dimenziókat elemezve megállapíthatjuk, hogy a bioszféra komplex természetes rendszer, amelyben az ember társadalmi és gazdasági rendszereket alkotva él. A bioszféra alrendszerének modelljei alapvetően megegyeznek egymással, bár az egyes ökoszisztémák lehetnek különbözőek, azonban működésükben mindig azonosak, illetve analógok, ekvivalensek egymással.¹⁴

A fenntartható fejlődés modellje szerint tehát a teljes rendszer hierarchiaviszonyai a következők:

– A főrendszer a bioszféra, amely létfenntartó rendszerként a benne élő emberi alrendszerek létét és létezésének valamennyi feltételét biztosítja.

– A természetbe ágyazottan, alrendszerként él a társadalom, amely egészséges kontrollt, egyensúlyt tart fenn a bioszféra és a gazdaság között.

A társadalomba ágyazottan, alrendszerként működik a gazdaság, amely a teljes társadalom valódi szükségleteit és kiteljesedésének feltételeit biztosítja.¹⁵

A Föld ökológiai állapotát és perspektíváit vizsgáló program, a Millenniumi Ökoszisztéma-becslés (Millennium Ecosystem Assessment – MEA) 2001-ben indult. Célja az ökoszisztémák (élő rendszerek) emberi tevékenység hatására végbement változásainak leírása, a változások hatásainak becslése az emberi életminőségre, valamint tudományos alapú cselekvési terv készítése az ökoszisztémák megőrzése és fenntartható használata, továbbá az emberi igények hosszú távú kielégítése céljából.¹⁶ A MEA négy alapvető szolgáltatástípust elemez: az ellátó, a szabályozó, a fenntartó és a kulturális ökoszisztéma-szolgáltatásokat. A vizsgált időszak az elmúlt ötven év, az elemzések, becslések 2050-ig tekintenek előre.¹⁷

A MEA lezárása után az ENSZ Környezetvédelmi Programja, az UNEP elkészítette az államközi biodiverzitás és ökoszisztéma-szolgáltatás platform (Intergovernmental Science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services – IPBES) koncepciójának tervezetét, melynek 2008-ban tartották az alakuló ülését.¹⁸ Az IPBES létező biodiverzitás-tudásra, hálózatokra és intézményekre támaszkodva tervezi biztosítani a tudomány és a döntéshozás együttműködését, a klímaváltozás témájában elismert államközi panelhez hasonlóan (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC).¹⁹

Az ökoszisztéma-szolgáltatásokkal már eddig is sok gond volt. Földünk véges mérete, erőforrásai és hulladékbefogadó képessége összeegyeztethetetlen a korlátlan növekedéssel. Vida Gábor szavaival élve, magunk alatt vágjuk a fát. Fennmaradásra csak akkor van esélyünk, ha a bioszférát és annak ökológiai rendszereit nem mint minket kiszolgáló (ecosystem „service”) külső tényezőt látjuk, hanem megpróbálunk tartósabban beilleszkedni egyik – bár kétségtelenül igen jelentős – elemeként annak fenntartható működésébe.²⁰

A fenntartható társadalom feladata, hogy teljes körű ellenőrzést valósítson meg a gazdaság felett, mivel a gazdagságnak egyre nagyobb igénye van a természetre mint erőforrásra, a természetnek viszont nincs igénye az emberre.²¹

A fenntartható társadalom legfontosabb ismérvei, alapvető követelményei:

– szociális igazságosság, amelynek az alapja a lehetőségekhez való hozzáférés esélyegyenlőségének biztosítása, valamint a társadalmi terhekből való közös részesedés;

- az életminőség folytonos javítására való törekvés;
- a természeti erőforrások fenntartó használata, amelynek megvalósításához a társadalom környezettudatos és környezeti magatartása szükséges;
- a környezetminőség megőrzése.²²

A modern társadalmakban uralkodó szemléletmódok jelentősen lassítják és gátolják azokat a törekvéseket, mechanizmusokat, amelyek a környezeti kockázatok csökkentését célozzák, így megnehezítik vagy ellehetetlenítik a klímaváltozás elleni küzdelmet. Harmónia a természet és a társadalom között csak paradigmaváltással lehetséges, melyben a klímatudatosság meghatározó társadalmi normává válik. Maga az ember és az általa alkotott közösségek értékrendje, normái, a lokális cselekvések jelenthetik a környezet- és klímatudatosság leghatékonyabb útját.²³

Egyéni életünk változása vezethet el a társadalmi változáshoz. Új értékrendünknek tükröződnie kell mindennapi tetteinkben. A környezettudatos és egészségtudatos magatartásunk pontos megnyilvánulása ennek a változásnak. Az egyéni tettek hosszú távon nem lesznek elegendőek azokhoz a változásokhoz, amikre a jövőben szükség lesz. Társadalmi összefogás szükséges, ehhez pedig olyan állampolgárok, akik tanulmányaik során multidiszciplináris képzés kapcsán ismerik meg a fenntarthatóság elvét. Nem elegendő csupán a környezettudományok, természettudományok oktatása a társadalom gondolkodásának átalakításához.²⁴

A gazdaságban a modern társadalom természetátalakító tevékenysége fogyasztási javakká változtatja a természetet. Az Üzleti Világtanács a Fenntartható Fejlődésért (World Business Council for Sustainable Development – BCSD) 2010-ben hozta nyilvánosságra a Vision 2050 programját, amelyet „példa nélküli változások a vállalatok világában... radikális, innovatív, alkalmazkodó és együttműködő tervek... integrált és holisztikus szemléletmód” jellemez.²⁵ A Vision 2050 megvalósításában kiemelkedő szerepet kap a szemléletváltozás, képzés, oktatás. A *Vision 2050 Magyarország* jelentés öt témában – Energia és közlekedés, Mezőgazdaság, Épületek, Anyagok és hulladékok, Ökoszisztéma szolgáltatások – mutatja be hazánk vízióját, teendőit és lehetőségeit 2050-ig.²⁶

A fenntartható gazdaság legújabb komplex modellje, a Kék Gazdaság 2010-ben jelent meg, Günter Pauli tollából, a Római Klub legújabb jelentéseként. A Kék Gazdaság a természetben található tökéletes megoldásokat kutatja, a hangsúlyt a természettől való tanulásra helyezi.²⁷ A Kék Gazdaság célja a természet által inspirált tudományos elképzeléseknek, innovációknak a gyakorlati megvalósítása. A Kék Gazdaság „újdonsága” a rendszerszemléletben való gondolkodás, kiterjesztve azt a természeti környezetre, a természet maximális hatékonyságú, önszabályozó folyamatainak gazdaságba való átültetésével.²⁸

A globális problémák megoldására irányuló Millenniumi Fejlesztési Célokra (Millennium Development Goals – MDGs) épülő, és annak folytatását jelentő Fenntartható Fejlődési Célokról a 2012-es Rio+20 Fenntartható Fejlődési Konferencián született döntés. E munka eredményeként az ENSZ 193 tagállama 2015. szeptember 25-én elfogadta a 2030-ig megvalósítandó fenntartható fejlesztési céljairól benyújtott 17 célt és 168 alcélt tartalmazó javaslatcsomagot.²⁹

NAPJAINK HÁROM FŐ KÖRNYEZETI, GAZDASÁGI ÉS TÁRSADALMI PROBLÉMÁJA

Éghajlatváltozás

A Föld éghajlata periodikusan változik, hidegebb (jégkorszakok, glaciálisok) és melegebb időszakok (felmelegedések, interglaciálisok) váltják egymást. A jégkorszakok kialakulása a Föld *pályaelemeinek ingadozásaival* hozható összefüggésbe.³⁰

Jelenleg is egy melegedő periódusban vagyunk. A klímaváltozás okait ezen túl az éghajlati rendszer belső ingadozásai, természetes külső tényezők (pl. naptevékenység változásai, vulkánkitörések) és antropogén hatások együttesen eredményezik. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) adatai szerint az emberiség környezetkárosító tevékenységének hatására az elmúlt 300 évben a melegedési folyamat rendkívüli módon felgyorsult. Földünk átlaghőmérséklete hirtelen ugrások, majd azokat követő lengések során emelkedett az utóbbi 150 év alatt mintegy 0,6–0,8 °C értékkel.³¹

A felmelegedés számos emberi tevékenység közös eredménye. A legjelentősebb antropogén hatás következtében a légkörben számos üvegházhatású gáz koncentrációja emelkedett nagyobb mértékben, mint amit a természetes folyamatok indokolhatnának, illetve az általunk belátható földtörténet során valaha is bekövetkezett. Az emberi beavatkozás fő oka a fosszilis energiahordozók égetése, amely során egyetlen nap leforgása alatt mintegy húszezer év alatt eltemetődött energiahordozót termelünk ki és használunk el. A kibocsátás növekedési üteme folyamatosan, 2010 óta évi 2,5%-kal bővül. Ez a szénmennyiség a Föld-légkör rendszer kiegyenlített természetes körforgásában többletként jelentkezik.³² A Nemzetközi Energiaügynökség 2013-as adatai szerint az üvegházhatású gázok kétharmada, az energiafogyasztás 80%-a fosszilis energiahordozókon alapul.³³

A klímaváltozás következtében kialakuló globális felmelegedés hatására megtörténhet az áramlatok módosulása, olvadnak a jégtakarók, a gleccserek és a fagyott területek. Ez tengerszint-emelkedést, a gleccserek táplálta folyók mentén szárazságot, ivóvízhiányt eredményez. A tundra olvadása metánt (üvegházhatású gáz) szabadít fel. A jelentős mértékű felmelegedés együtt jár a csapadékviszonyok megváltozásával, gyakoribb és súlyosabb károkat okozó szélsőséges meteorológiai jelenségekkel. A klímaváltozás megváltoztathatja az ökoszisztémák földrajzi elhelyezkedését, a benne élő fajok összetételét, egymáshoz és a környezethez való viszonyát. Mindennek következménye a mezőgazdaságra, állattenyésztésre egyaránt ijesztő, de az emberiségre nézve a legsúlyosabb következménye, a víz- és élelmiszer-biztonság csökkenése a legfenyegetőbb.³⁴

Az éghajlatváltozás tehát súlyos, globális kockázatot jelent, amely sürgős, eddig nem tapasztalt globális méretű együttműködést és megoldást igényel.

A Világ gazdasági Fórum 2014-es jelentésében a környezeti fenntartható növekedés öt fontos területét az alábbiakban határozta meg: az erőforrás-hatékonyság javítása; a kompaktabb, összekapcsoltabb városi rendszerek; a földhasználat optimalizálása; az

alacsony szén-dioxid-kibocsátású infrastruktúra és az energiarendszer; valamint az innováció.³⁵

Az egészséges édesvízkincs csökkenése

Kék bolygónk felszínének kétharmadát folyékony víz borítja, ami egyedülálló Naprendszerünkben. A víz jelenléte természetes számunkra, életszükséglet. Az emberiség számára rendelkezésre álló édesvízkészlet az összes vízkészlet 2,5%-a. Ennek kétharmada a jégsapkákban, gleccserekben van. A maradék az atmoszférában, a folyókban, tavakban és a felszín alatti vizekben jelenik meg. A legkönnyebben hozzáférhető felszíni vizek mennyisége a teljes hidroszférának csak mintegy 0,3 százaléka.³⁶

Mint az emberi élet elengedhetetlen feltételét, 2010 júliusában az ENSZ Közgyűlése alapvető emberi joggá nyilvánította a biztonságos és tiszta ivóvízhez és a megfelelő tisztálkodási és higiéniai lehetőségekhez való hozzáférést. A víz az egyik legjobb humanitárius befektetés. Számítások szerint minden egyes dollár, amit vízminőség-javításra és szanitációra költünk, 8 dolláros megtakarítást hoz a későbbiekben.³⁷

Sokáig úgy kezelték vízkészleteinket, mintha a víz kifogyhatatlan, mindenkor rendelkezésünkre álló forrás lenne. A víz, mint az élet egyik nélkülözhetetlen eleme, rendkívül törékeny és sérülékeny lélettér. A klímaváltozás, a növekvő népesség és a meggondolatlan, szükségtelen túlfogyasztás, a pazarlás, az egyenlőtlen elosztás, a természeti környezet szennyezése miatt vízkészleteinket védenünk kell, és a megfelelő elosztás érdekében vizeinkkel gazdálkodnunk kell. Az élet fenntartásához nélkülözhetetlen édesvíz sok helyütt már ma is kevés az ott élők számára.³⁸

Az igényeket alapvetően az emberi tevékenységek (lakossági, ipari, energetikai és mezőgazdasági vízfogyasztás stb.) határozzák meg. Ezek elsősorban a népességtől és annak területi eloszlásától függenek. Globális szinten a teljes vízhasználatnak a lakossági használat csupán 10%-át, az ipari 20%-át, a mezőgazdasági – a legnagyobb vízfogyasztó – pedig 70%-át teszi ki.³⁹

A vízprobléma fő kérdése nem elsősorban a lakossági vízellátás, hanem az annak sokszorosát igénylő táplálkozás biztonsága. Ennek előfeltétele a vízbiztonság. Nem a készlet, hanem annak egy főre jutó hányada csökken a népesség növekedése miatt, mégpedig végesen. Tovább rontja a helyzetet, hogy az igény növekedését egyelőre nem sikerült visszafogni, az elmúlt száz évben ennek értéke közel kétszeres mértékben növekedett a népesedéshez viszonyítva.⁴⁰

A fejlett világban a napi táplálékigény átlagosan 2000 kcal/fő, aminek az előállítására 2500 l/fő (másképpen, az irodalom szerint kb. 1000 m³/fő/év) vízre van szükség. Ez tartalmazza a táplálékul szolgáló növények és az állatok természetes vízfelvételét. Míg egy átlagos magyarországi lakos 130 liter vizet használ el naponta, és egy csöpögő csap miatt már egy nap alatt is elfolyhat akár 40–120 liter víz is, addig Afrika vagy Dél-Amerika egyes részein akár több órát is gyalogolni kell a legközelebbi vízgyűjtő helyig.⁴¹

A trendek negatív irányba mutatnak. A bajok a jövőben minden bizonnyal felerősödve jelentkeznek, más gondokkal kölcsönhatásban, mint például a népesség növekedése, a városiasodás, szennyezések és a vízminőségi bajok, az éghajlatváltozás által

befolyásolt, növekvő gyakoriságú szélsőségek (árvizek és aszályok), a nemzetközi vizek (potenciális) konfliktusai.⁴²

A Millenniumi Fejlesztési Célok kidolgozása keretében, 2000-ben 189 ENSZ-tagállam kötelezte el magát a mellett, hogy 2015-ig felére csökkentik azoknak az arányát, akik tartósan nem jutnak egészséges ivóvízhez.⁴³

A 2012-es Rio+20 dokumentum kiemelt fontosságot tulajdonított a víznek a fenntartható fejlődés megvalósításában. A Millenniumi Fejlesztési Célok által kezelt vízellátáson és szanitáción túl számos egyéb fontos kérdéstről is szó volt: szennyezések, közegészségügy, a fajlagos készletek fogyása, az igények fokozott növekedése, a fizikai és gazdasági vízhiány, az eltűnő vizek, árvizek és szélsőségek, nemzetközi vizek és konfliktusok.

Fenntartható az a vízgazdálkodási rendszer, amely teljes mértékben a társadalom igényeinek megfelelően működtethető, most és a jövőben egyaránt, miközben megtartja ökológiai, környezeti és hidrológiai integritását. A 2030-as fenntartható fejlődési keretrendszerben szereplő 6. számú fenntartható fejlődési cél témája: „Biztosítani a fenntartható vízgazdálkodást, valamint a vízhez és közegészségüghöz való hozzáférést mindenki számára.”⁴⁴

A Budapesti Víz Világtalálkozó (Budapest Water Summit) által megvitattott öt terület az alábbi volt: egyetemes hozzáférés a vízellátáshoz és a szanitációhoz; integrált vízgazdálkodás; a jó kormányzás; zöld gazdaság és kék vizek; valamint a befektetések és finanszírozás a fenntartható fejlesztési célok megvalósítása érdekében.⁴⁵

Az egyre növekvő és egyre sokoldalúbb édesvízigényeket a korlátozott készletekből kell(ene) kielégíteni, amelyek ezért stratégiai jelentőségű tényezővé váltak.

A vízgazdálkodás területén globálisan vízügyi integrációra, kellő intézményi szervezethez és együttműködésre van szükség ahhoz, hogy teljesíthetők legyenek az ENSZ új globális fenntartható fejlődési programjában és a párizsi klímamegállapodásban elfogadott célok.

A Föld egyik legzártabb medencéjében, a Kárpát-medencében is fokozatosan kiszámíthatatlanabbá, szélsőségesebbé válik az időjárás. A klímaváltozási prognózisok megállapítása szerint fokozódnak a szélsőséges időjárással járó kedvezőtlen, káros, bizonyos esetekben katasztrofális gazdasági, környezeti, ökológiai, sőt szociális hatások. Mindent el kell követni tehát annak érdekében, hogy a talaj felszínére jutó víz minél nagyobb hányada szivároгjon be minél akadálytalanabban a talajba, minél nagyobb hányada tározódjon ott hasznos formában.⁴⁶

Az édesvíz korlátos, semmivel sem helyettesíthető, értékes erőforrás. Használatát a fenntarthatóság, a megfontoltság és az átgondolt tervezés kell hogy jellemezze.

A hulladék keletkezése és kezelése

A természetben nem létezik hulladék. A természetes folyamatok révén minden anyag újra felhasználódik, nincsenek felesleges termékek. A termelési folyamatokra azonban az egyirányúság jellemző, nincsenek meg a természeti erőforrások kihasználását korlátozó negatív visszacsatolási mechanizmusok és a körfolyamatokba történő záródás.⁴⁷

A hulladékok súlyos környezeti károkat okozhatnak. A nem megfelelő tárolás, kezelés vagy elhelyezés esetén a környezetbe kikerülő anyagok a levegő, a talaj, valamint a felszíni és felszín alatti vizek elszennyeződését okozhatják. Nem elhanyagolhatók a hulladékok közegészségügyi kockázatai és nem hagyható figyelmen kívül az esztétikai vonatkozás sem.⁴⁸

A környezetvédelem kiemelt feladata a hulladékok keletkezéséből, elhelyezéséből, ártalmatlanításából és újrahasznosításából eredő problémák megoldása. Ez az emberi társadalom és a gazdaság hosszú távon történő fenntarthatóságának egyik legfontosabb eleme.

A hazai 2012. évi CLXXXV. törvény meghatározása szerint hulladék bármely anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles. Ugyanezen törvény újrafogalmazta a hulladékgazdálkodás fogalmát. Ennek értelmében a hulladékgazdálkodás a hulladék gyűjtése, szállítása, kezelése, az ilyen műveletek felügyelete, a kereskedőként vagy közvetítőként végzett tevékenység, továbbá a hulladékgazdálkodási létesítmények és berendezések üzemeltetése, valamint a hulladékkezelő létesítmények utógondozása.⁴⁹

Az EU-keretirányelv ötfokozatú hulladékgazdálkodási hierarchiát, illetve annak betartását írta elő: megelőzés, csökkentés; előkészítés újrahasználatra; újrahasznosítás, újrafeldolgozás; egyéb (energetikai) hasznosítás; ártalmatlanítás. A hulladékgazdálkodás új irányzatában a megelőzésnek, hulladékcsökkenésnek van a legfőbb prioritása. Az EU a hulladék keletkezésének megelőzésére és az újrahasznosításra vonatkozóan stratégiaileg az alábbi öt cél megvalósítását jelölte meg: a hulladék környezeti hatásainak csökkentését, a keletkező mennyiség csökkentését, az újrafeldolgozás kiterjesztését, a szabályozás modernizálását és egyszerűsítését, valamint a jogszabályok maradéktalan végrehajtását.⁵⁰

A hulladékkeletkezés elkerülésének megvalósításához a megelőzés elvét a termék vagy szolgáltatás teljes életciklusára (nyersanyagok kitermelése, feldolgozás, fogyasztás, hasznosítás, ártalmatlanítás) vonatkozóan kell megvalósítani, és a lehető legkisebb környezetterhelést előidézni. A feladatok megvalósításához azonban rendkívül fontos a társadalom környezettudatos szemléletének és viselkedésének kialakítása, továbbfejlesztése.

A hazai, 2014 és 2020 közötti időszakra szóló Országos Hulladékgazdálkodási Terv tartalmazza az Országos Megelőzési Programot (OMP), mely a kívánt jövőkép elérése érdekében célokat tűz ki, intézkedéseket és eszközöket javasol, valamint a nyomonkövethetőség érdekében indikátorokat állít fel. Az OMP egyik fő célja a szükségleteken alapuló, észszerű gazdasági növekedés és a hulladékképződés által okozott környezeti hatások közötti összefüggés megszüntetése. A „nulla hulladék” (Zero Waste) stratégia célja, hogy a termelésben is megvalósuljon a természetben működő körfolyamatba történő zárás, azaz egy adott termelési folyamatból kilépő anyag egy másiknak az erőforrása legyen. Ez a hulladékok termelésbe történő visszavezetését, körfolyamatokba történő zárását jelenti.⁵¹

Az OMP-ben kitűzött célok csak a társadalom és a gazdaság szereplőinek széles körű és aktív részvételével valósíthatók meg. Ennek kialakításában a környezeti szemlélet-

formálásnak kiemelt szerepe van. A környezetvédelmi szemléletformálás, környezeti nevelés alapintézményei a pedagógusképző intézmények, közoktatási és közművelődési intézmények, valamint a média. A Cselekvési Program három fő célcsoportot különböztet meg: a háztartások, az oktatásban részt vevők, valamint a vállalatok körét.⁵²

EGY ÚJ TUDOMÁNY, A NANOTECHNOLÓGIA JELENLEGI ÉS JÖVŐBELI SZEREPE A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSSEN

A fenntartható fejlődés és a tudásalapú társadalom céljai és követelményei a termelés és fogyasztás új paradigmáit igénylik. Az erőforrás-alapú szemlélet helyett a tudásalapú szemléletre koncentrálna szemléletváltásra van szükség, amely a mennyiség helyett a minőségre, a magasabb hozzáadott értékű, többcélú alkalmazási igényeket kielégítő, költséghatékony és a fenntarthatóság követelményeit kielégítő termékekre, eljárásokra és szolgáltatásokra helyezi a hangsúlyt.⁵³

Napjainkban az egyik legdinamikusabban fejlődő tudományterület a nanoméretű anyagok kutatása. A nanotechnológia kutatása és alkalmazása a 21. század nagy tudományos, technikai és fejlesztési kihívásai közé tartozik. A nanotechnológia mint multidiszciplináris tudományterület összekapcsolja a tudomány különböző területein dolgozó tudósokat, ahol megvalósul a globális együttműködés anyagtudósok, orvoskutatók, gépész- és villamosmérnökök, informatikusok, biológusok, fizikusok és vegyészek között. Lényege, hogy az anyagokat nanométeres mérettartományban tudjuk befolyásolni.⁵⁴

A nanotechnológia azzal a lehetőséggel, hogy kevesebb nyersanyaggal nagyobb teljesítményt érhet el, különösen az „alulról felfelé” gyártás megvalósításával, potenciálisan a termékek egész életciklusában csökkentheti a hulladékot. A nanotechnológia hozzájárulhat a fenntartható fejlődés megvalósulásához, valamint az Agenda 21-ben, illetve a környezettudományi akciótervben megfogalmazott célok eléréséhez.

Az elmúlt évtizedben az Európai Unió egy erős tudásbázist hozott létre a nanotudományok területén. Ennek egyik fő oka a nanoanyagok kiváló és páratlan optikai, elektromos, mágneses, biológiai vagy mechanikai tulajdonságaiban rejlik, melyek különleges potenciális alkalmazások előtt nyitnak utat. Az uniós keretprogramokon keresztül már számos együttműködésre alapozott kutatási projekt és más kezdeményezés kapott támogatást. A negyedik és az ötödik keretprogram már számos nanotechnológiai projektet finanszírozott. Az EU hatodik keretprogramja pedig a „Nanotechnológiák és nanotudományok, tudásalapú többfunkciós anyagok, új gyártási-termelési eljárások és eszközök” tématerületet jelölte meg egyik fő prioritásának.⁵⁵ A Horizont 2020 európai kutatás-fejlesztési és innovációs keretprogram „Ipari vezető szerep” elnevezésű fő pillérének egyik tématerülete a „Nanotechnológiák, fejlett anyagok és fejlett gyártástechnológiák” alprogram.⁵⁶

A nanotechnológia új keletű szó, valójában a természetben ősidők óta létezik. Az élő szervezetek nanotechnológiát alkalmaznak. A nanométeres nagyságrendű biomolekulák kapcsolódásai, kölcsönhatásai révén valósul meg az élő sejt összes funkciója. A természetben zajló tökéletes megoldások, funkciók megértése segítheti az

emberiséget a nanoméretű anyagok tervezésében, szintézisében és szerkezeti kialakításában.

A nanotechnológiai módszerekkel előállított nanorészecskék, nanoszemcsék elsősorban méret szempontjából sorolhatók egy csoportba. Egy nanométer a méter egymilliárdod része. A hajszálvastagság százszázad részét, a baktériumok ezredrészét jelenti ez a tartomány. Ebben a mérettartományban lehetővé válik az atomokból és molekulákból történő irányított építkezés. A nanorészecskék kémiai szempontból lehetnek elemek (félvezetők, vezetők, nemfémek), szerves és szervetlen vegyületek, biológiai struktúrák. Közös bennük, hogy a méretük legalább egy átmérő tekintetében 1 és 100 nm közé esik.⁵⁷ A nanorészecskéket rendkívül kis méretükből adódóan nagy fajlagos felület, így nagy reakciókészség jellemzi. Nanotartományban újszerű fizikai és kémiai tulajdonságok alakulnak ki. Megváltozhat többek közt színük, halmazállapotuk, oldékonyságuk és kémiai reakcióképességük.

A nanorészecskék keletkezhetnek természetes úton vagy emberi tevékenység, célzott előállítás során, vagy pedig nemkívánatos melléktermékként. Környezetünkben emberi tevékenység nélkül is keletkezik nanorészecske, pl. kőzetmállásból. Az erdőtüzek során keletkező füst, illetve aeroszol is nagy mennyiségben tartalmaz 100 nm körüli átmérőjű szemcséket, vulkánkitörések során keletkező porok szintén tartalmaznak nanoszemcse méretű porokat, amelyek a troposzféra felsőbb rétegeibe is eljutnak.⁵⁸ Nanorészecskék keletkezhetnek nemkívánatos melléktermékként, elsősorban a belső égésű motorok (dízel), erőművek, hulladék, illetve egyéb égetőművek, repülőgépek motorjai, elektromos motorok használata során, forrasztás és hegesztés révén, sőt, nanorészecskék keletkeznek a grillezés, olajban történő sütés, felületek felhevítése során is.⁵⁹

Az előállított nanoanyagok elsősorban az egészségügy terén, az elektronikai és optikai eszközök gyártása során, a gyógyszeriparban, a kozmetikai iparban, az építőiparban, a textiliparban játszanak fontos szerepet. A mezőgazdaság és az élelmiszeripar területén is jelentős lehetőségeket kínál az innovatív termékekre és alkalmazásokra.

A nanotechnológia alkalmazásával forradalmi változások várhatók az orvostudományban a betegségek megelőzésében, diagnosztizálásában és a gyógyításában is. A nanotechnológia eredménye pontosabb, jobban irányítható, sokoldalúbb, megbízhatóbb és költséghatékonyabb gyógyászat lesz. A nanotechnológiai eredményei már tetten érhetők az orvosi képzéstől diagnosztikában, a kozmetológiában, a bőrgyógyászatban, a fogászati implantológiában, az ortopédiában, a sebészetben és a gyógyszerelés területén.

A hazánkban zajló kísérletek egyik legfontosabb helyszínei a Pannon Egyetem Bio-Nanorendszerek Kutatólaboratóriuma és az MTA TTK Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetének Nanoszenzorika Laboratóriuma. Kutatásuk egyik fő irányvonalának célja, hogy az élő rendszerekben található molekuláris gépezetek működésének felderítésével képessé váljunk kontrollálni és szolgálatunkba állítani ezen szupramolekuláris rendszereket. Így a molekuláris szintű beavatkozás képessége forradalmi változásokat eredményezhet az orvosi diagnosztikában és a klinikai gyakorlatban.⁶⁰

A modern biológia fejlődéséhez és az eredményeik gyakorlati kiaknázásához járulhat hozzá a bioszenzorika és bio-nanotechnológia. Az első bioszenzor a vércukorszintmérő, amely a vérben található glükóz koncentrációjának meghatározását teszi

lehetővé másodpercek alatt, akár egyetlen csepp emberi vérből. A modern szenzorok felhasználásával a biológiai rendszerek molekuláris viszonyairól nyerhetünk értékes információt. Ezeket az eszközöket a rutin orvosi diagnosztikában is alkalmazzák. Az olcsó és egyre inkább miniatürizált eszközök segítségével a kezelést pontosan a páciens állapotához lehet igazítani, létrejöhet egy hatékony, személyre szabott gyógyászat. A 2012-ben alakult Nanobioszenzorika Lendület Kutatócsoport kutatási profilja optikai bioszenzorok fejlesztése és alkalmazása, a vizsgált biológiai-biofizikai folyamatok modellezése.⁶¹

A nanotechnológiát az különbözteti meg az építőanyag-iparban alkalmazott más eljárásoktól, hogy a nanoméret-tartományban végzett technológiai műveletek során új anyagtulajdonságok keletkeznek. A szerkezeti anyagok esetén például nagymértékben javulnak az anyagok mechanikai tulajdonságai. A nanoméretű anyagokat ugyanis más anyagnak kell tekinteni, mint a hétköznapi életünkben alkalmazott makroméretűeket. Az ilyen méretű anyagok tulajdonságai elsősorban azon alapszanak, hogy fajlagos felületük sokkal nagyobb, mint nagyobb szemcsés formában. Fő jellegzetességük, hogy méretük csökkenésével igen jelentősen növekszik kémiai reakcióképességük.⁶²

Ennek köszönhetően számos gyakorlati példa igazolja a nanotechnológia széles körű alkalmazását az építőiparban. Az öntisztuló falfelületek és épülethomlokzatok esetében (fotokatalízis reakcióval öntisztuló beton- és üvegfelületek, vakolt és festett felületek) a nanokezelt anyagok felületein nem tapad meg a szennyeződés, kiküszöbölhető a tisztítószer használata, ugyanakkor ritkábban és egyszerűbben kell tisztítani, ez pedig jelentős idő- és költségmegtakarítást jelent. Nem látszik meg rajta az ujjlenyomat, a felületkezelés hosszú ideig tartó és graffitiellenes védelmet is biztosít. Jelentős tulajdonsága a korrózióvédelem, a hatékony karcvédelem és a hosszan tartó védelem az időjárás káros hatásai ellen. Nem mérgező (élelmiszerrel érintkezhet), pH-semleges, antibakteriális és antiallergén hatású.⁶³

A nanotechnológia építőipari alkalmazási lehetőségei közül a hőszigetelés az a terület, ahol legszembetűnőbb az eltérés a normál méretű és a nanoszerkezetű anyagok tulajdonsága és viselkedése között. A hagyományos hőszigetelő anyagokkal, mint például az expandált polisztirol és kőzetgyapot lemezek, nehezen teljesíthetők az EU energiatakarékossági előírásai a jövőben. Ezen segíthetnek a nanotechnológiával előállított aerogél nanopórusos hőszigetelő anyagok, grafitadalékos expandált polisztirol (EPS) lemezek, amelyek a levegőnél sokkal hatékonyabb hőszigetelő képességgel rendelkeznek.⁶⁴ Betontechnológiai alkalmazásokkal, nanoméretű szemcsehalmozatokkal jelentősen növelhető a betonok teljesítőképessége, azaz szilárdsága, tömörsége és tartóssága.⁶⁵

A nanokompozitok alkalmazása jelentős az építészeti üvegeknél. Tökéletes bevonatot jelent az összes külső és belső üvegfelületen. Különösen nagy jelentőséget kap majd a magas épületeknél, az üveg- és függönyfalaknál. A drága és impozáns középületek homlokzatának takarítása nagy gondot, idő- és költségárfordítást igényel. Állványozás, ipari alpinisták alkalmazása mind-mind emelik a fenntartási költségeket. Az ismertetett eljárással akár a tetőablakok, az ablakok, a teraszajtók, a télikertek, a kirakatok, a tükrök láthatatlan védelmet kapnak nemcsak a környezeti szennyeződések,

hanem a baktériumok, a mohák és az algák ellen is. A nanokompozitok széles körű alkalmazását bizonyítja, hogy már jelen van a Forma-1-es autók karosszériájában, a teniszütőben, a baseball- és hokiütőben, a golfütőben, a bowlinggolyón, golfabdán, horgászbombában, futócipőben, kerékpárban stb.⁶⁶

A nanoszerkezetű anyagok különleges tulajdonságaik révén számos élelmiszer-gazdasági alkalmazási területen is ígéretesek. Az élelmiszer-termelésben a nanoméretű agrokemikáliák (műtrágyák, peszticidek, biocidok, állatgyógyszerek) előnye, hogy a hatóanyag jobb célba juttatását, a dózis pontosabb szabályozását, kevesebb oldószer használatát segítik elő. Az élelmiszer-feldolgozás során kisebb mennyiség lesz szükséges a szerves nanoadalékok (színezékek, tartósítószerkezetek, aromák, fűszerek) élelmiszerhez, táplálékkiegészítőhöz és takarmányhoz adása esetén.⁶⁷

A nanotechnológia élelmiszeripari alkalmazása elsősorban az élelmiszerekkel érintkező csomagolóanyagokban terjedt el. A nanokompozitok esetén az előnyös tulajdonságot (mechanikai vagy funkcionális, pl. gázzárás, hőmérséklet/nedvesség stabilitás) a műanyaghoz adott nanorészecskékkel érik el. Hasonló hatás érhető el a csomagolóanyag felületére vitt nanobevonatokkal. A vákuummal felvitt alumíniumbevonatok például elterjedtek a snack, cukrászati termékek és a kávé csomagolásában. Az alumíniumréteg kb. 50 nm vastag, így nanoanyagoknak tekinthető.⁶⁸

További alkalmazási lehetőségeket rejt az ivóvíz és a szennyvíz nanotechnológiai kezelése. A nanoanyagok a víztisztítás területén lehetőséget kínálnak a szerves szennyező anyagok lebontásával, nehézfémek oxidálásával, patogének elpusztításával. Azonban a víztisztításnál felhasznált nanoanyagok bekerülhetnek az ivóvízbe.⁶⁹

A nanotechnológia igen bonyolult és láthatatlan léptékekben jelenik meg életünkben, alkalmazásai javíthatják életminőségünket, de fontos tudnunk, mint minden új technológia, ez is járhat kockázatokkal. A nanorészecskék élelmiszerekkel, gyógyszerekkel, bizonyos kozmetikai készítményekkel, vízzel, vagy akár a légzőszerveken át kerülhetnek be szervezetünkbe. Minél kisebb egy nanorészecske, annál könnyebben jut át a nyálkahártyán, és szívódik fel a nyálkahártyán keresztül is. Felszívódás után a nanorészecskék bekerülhetnek a vér- és nyirokeringésbe, és ezen keresztül a különböző szervekbe. A nanorészecskék a vérkeringésből elsősorban a májba, a lépbe és a vesébe kerülnek, de átjuthatnak a vér-agy gáton keresztül az agyba, a vér-here gáton át az ivarsejteketbe, de a placentán át a magzatba is. Az egyik legfontosabb hatásuk az érrendszerben az oxidatív stressz, amely tartós expozíció esetén érrendszeri károsodáshoz vezethet. A nanorészecskék által generált szabad gyökök gyulladáshoz vezetnek, ami számos betegség (például kardiovaszkuláris, autoimmun, daganatos betegségek, Crohn-betegség) kialakulásához vezethet.⁷⁰

A nanoanyagok egészségre gyakorolt hatása igen nagy mértékben a szemcseméret, illetve a fajlagos felület függvénye. A nanorészecskék felületén történik a makromolekulák adszorpciója. Az adszorpció már az élelmiszer-, illetve béltartalommatrixban is bekövetkezhet, ami azzal járhat, hogy a nanorészecske „trójai falóként” viselkedik, azaz egyébként nem felszívódó, idegen fehérjéket, peptideket vihet be a szervezetbe, ami allergiás és autoimmun folyamatok elindítója lehet. A nanorészecske a felszívódás után a szervezet saját fehérjéit is adszorbeálhatja.⁷¹

A nanorészecskéket tartalmazó anyagok hatással lehetnek az emberi szervezet működésére, illetve a környezetre. Ez indokolja a nanotechnológiai módszerekkel előállított anyagok veszélyesség-, környezeti- és egészségügyikockázat-elemzésének szükségességét.⁷² Az európai nanotechnológiai stratégia (*European Strategy for Nanotechnology*, COM/2004/338), illetve az európai nanotudományi és nanotechnológiai cselekvési terv (*Nanosciences and nanotechnologies: An actionplan on Europe 2005–2009*, 2005/243) különösen fontosnak tartja a nanotechnológia biztonságos és felelősségteljes alkalmazását.⁷³

Az új élelmiszerek és új élelmiszeripari technológiák bevezetése előtt kiemelten fontos, hogy a humánegészségi hatásaik megfelelő értékelése megtörténjen.

Az élelmiszer-biztonság területén illetékes európai szervezet az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság (European Food Safety Authority – EFSA), mely már 2007 óta folyamatosan követi a nanotechnológia élelmiszeripari és takarmányozási területen történő alkalmazásának fejlődését.

Az Európai Bizottság 2011-ben fogadta el a nanoanyag fogalmára vonatkozó ajánlását (2011/696/EU).⁷⁴

Az élelmiszerek jelölése terén új rendeletet fogadtak el (1169/2011/EU) a fogyasztók tájékoztatásáról. Az élelmiszerben mesterséges nanoanyagok formájában jelen lévő összes összetevőt világosan jelölni kell az összetevők listájában, nevük után zárójelben a nano kitéttel. A szabályt 2014. december 13-tól kell alkalmazni. A rendeletben szintén definiálták a mesterséges nanoanyagot. A nanorészecskéket tartalmazó élelmiszerek a 258/97/EK rendelet alapján új élelmiszernek minősülnek, és forgalmazásukat szigorú biztonsági értékeléssel egybekötött engedélyezési eljárás lefolytatása előzi meg.⁷⁵

Azokon a területeken, ahol az emberi szervezettel érintkező nanoszemcsés anyagokat használnak, rendkívül kevés információ áll rendelkezésre, másrészt szinte minden esetben hiányzik a vizsgálati eredmények komplex értékelése.⁷⁶ A nanotechnológiai módszerekkel előállított anyagok elemzése mind munkaegészségügyi szempontból, mind a felhasználó szempontjából igen fontos, mert az expozíció mind az előállítást végző dolgozók, mind pedig az adott terméket használók esetében is lehetséges.

A nanoméretű szemcsék igen nagy fajlagos felületéből adódó új, illetve a nagyobb szemcsés anyagformákétól eltérő alapvető tulajdonságai kihatnak a környezeti hatás-vizsgálatra és az egészségügyikockázat-megítélésre.⁷⁷ Kívánatos tehát a nanotechnológiák komplex kockázatelemzése (kvalitatív és kvantitatív kockázatbecslés és az ismerethiányos területek felderítése), a kockázatkezelés és a kockázatkommunikációs feladatok mérlegelése, kidolgozása és végrehajtása, valamint a szükséges jogszabályozás megvalósítása. A tudósok felhívják a figyelmet a pontos kockázatbecslési számítások elvégzésére, amelyek kvantitatívan tükrözik a nanotechnológiai és egyéb úton keletkező nanorészecskék környezet-egészségügyi kockázatát.

A világszínvonalú kutatás, fejlesztés, innováció, oktatás, képzés mellett a társadalmi dimenzió is fontos szerepet kap a nanotechnológia elfogadtatásában. A lakosság bizalmát a korrekt tájékoztatás útján lehet megerősíteni, ez alapvető fontosságú a nanotechnológia hosszú távú fejlődéséhez és potenciális előnyeinek kihasználásához.

JEGYZETEK

- ¹ William Steffen et al.: *Global Change and the Earth System. A Planet Under Pressure*. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 2004.
- ² Vida Gábor: *Honnan hová, Homo? Az antropocén korszak gondjai*. Semmelweis Kiadó, Budapest, 2012. www.semmelweiskiado.hu/folyoiratok/2012_fasciculus_18_vida_gabor_honnan_hova_homo_az_antropocen_korszak_gondjai_folyoirat/
- ³ Kertész Miklós – Vida Gábor: *Ökológia és környezeti gondok. Bevezető*. Magyar Tudomány, 2009/1., 43–48. o. www.matud.iif.hu/2009/09jan/08.html
- ⁴ *Climate Change 2001. IPCC Third Assessment Report*. IPCC, Genf, 2001; *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers* (az IPCC Fourth Assessment Report része), IPCC, Cambridge University Press, 2007.
- ⁵ *Rio+20 Nemzetközi Konferencia. Civil értékelés és javaslatok a fenntartható fejlődés folyamatairól*. MTVSZ, 2012. <http://mek-oszk.uz.ua/10900/10978/10978.pdf>
- ⁶ *A fenntarthatóság felé való átmenet nemzeti koncepciója. Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia 2012–2024*. www.nfft.hu/dynamic/NFFS_rovid_OGYhat_melleklete_2012.05.16_vegso.pdf
- ⁷ Decade of Education for Sustainable Development, 2005–2014. www.desd.org/about.html
- ⁸ *Education for Sustainable Development. Sourcebook*. UNESCO, Paris, 2012. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/926unesco9.pdf>
- ⁹ *A fenntartható fejlődés fogalma, célkitűzése*. UNESCO Magyar Nemzeti Bizottsága. www.unesco.hu/termesztudomany/fenntarthato-fejlodesre/fenntarthato-fejlodes-091214
- ¹⁰ Hajnal Klára: *A földrajz és a fenntarthatóság*. <http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/foldrajz2/ch01s03.html>
- ¹¹ Uo.
- ¹² *A fenntartható fejlődés fogalma*. Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács. <http://nfft.hu/a-fenntarthato-fejlodesrol/a-fenntarthato-fejlodes-fogalma/>
- ¹³ Uo.
- ¹⁴ Hajnal, i. m.
- ¹⁵ Uo.
- ¹⁶ Török Katalin: *A Föld ökológiai állapota és perspektívái*. Magyar Tudomány, 2009/1., 48–54. o. www.matud.iif.hu/2009/09jan/09.html
- ¹⁷ Báldi András: *Pénzt vagy életet?* Magyar Tudomány, 2011/7., 774–779. o. www.matud.iif.hu/2011/07/02.htm
- ¹⁸ Uo.
- ¹⁹ Török, i. m.
- ²⁰ Vida Gábor: *Biodiverzitás és ökoszisztéma-szolgáltatás. Prológus*. Magyar Tudomány, 2011/7., 770. o. www.matud.iif.hu/2011/07/01.htm
- ²¹ Tóth Antal: *A társadalom, mint erőforrás és kockázat I.* 2013. www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0038_05_toth1_hu/ar01s02.html
- ²² Uo.
- ²³ Antal Z. László: *Klímaparadoxonok*. L'Harmattan Kiadó, Budapest, 2015.
- ²⁴ Takács-Sánta András: *Környezeti problémák: a generalisták és a társadalmi dimenzió hiánya*. Magyar Tudomány, 2009/1., 62–66. o. www.matud.iif.hu/2009/09jan/12.html
- ²⁵ Hajnal, i. m.
- ²⁶ *Vision 2050 Magyarország*. <http://bcsdh.hu/temak/vision-2050/>
- ²⁷ Günter Pauli: *A Kék Gazdaság. 10 év, 100 innováció, 100 millió munkahely*. PTE-KTK, Pécs, 2010.
- ²⁸ Deutsch Nikolett: *A Kék Gazdaság innovációs megfontolásai és a Kék Innovációk egy lehetséges vizsgálati modellje*. Marketing és Menedzsment, 2015/3. http://ktk.pte.hu/sites/default/files/mellekletek/2016/06/2015_3_1.pdf
- ²⁹ *Az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljai (Sustainable Development Goals) a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia tükrében*. NFFT. <http://nfft.hu/az-ensz-fenntarthato-fejlodesi-celjai-sustainable-development-goals-a-nemzeti-fenntarthato-fejlodesi-keretstrategia-tukreben/>

- ³⁰ Gelencsér András – Molnár Ágnes – Imre Kornélia: *Az éghajlatváltozás okai és következményei*. Digitális Tankönyvtár, 2012. www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0012_cghajlatvaltozas/adatok.html
- ³¹ Climate Change 2007. The Physical Science Basis, i. m.
- ³² Gelencsér András: *Az emberiség mint éghajlat-alakító tényező*. Magyar Tudomány, 2015/5., 516. o. www.matud.iif.hu/2015/05/02.htm
- ³³ Redrawing the Energy-Climate Map. World Energy Outlook – Special Report. International Energy Agency, 2013. www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEOSpecialReport2013RedrawingtheEnergyClimateMap.pdf
- ³⁴ Hubai Katalin Eszter: „Üvegházhatás a PET-palackban”, *avagy hogyan mutassuk be az üvegházhatást a tanteremben*. Iskolakultúra, 2014/11–12., 69–75. o. http://epa.oszk.hu/00000/00011/00190/pdf/EPA00011_iskolakultura_2014_11-12_069-075.pdf
- ³⁵ *The Global Competitiveness Report 2014–2015*. World Economic Forum, 2014. www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf
- ³⁶ Csizmarik Gábor: *Hidrobiológia*. Digitális Tankönyvtár, 2011. www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019_Hidrobiologia/pt02.html
- ³⁷ *Meddig elég a Föld vízkészlete?* Magyar Víziközmű Szövetség. www.maviz.org/meddig_eleg_a_fold_vizkeszlete
- ³⁸ Uo.
- ³⁹ Somlyódy László: *A világ vízdilemmája*. Magyar Tudomány, 2011/12., 1411–1424. o. www.matud.iif.hu/2011/12/02.htm
- ⁴⁰ Uo.
- ⁴¹ Uo.
- ⁴² Uo.
- ⁴³ *Millenniumi fejlesztési célok*. ENSZ Tájékoztatói Főosztálya New York, DPI/2262 – 2002. február. http://www.menszt.hu/tudnivalok_az_egyesult_nemzetek_szervezeterol/millenniumi_fejlesztési_celok
- ⁴⁴ *Fenntarthatóság a világban – vízbiztonság a világban*. Budapesti Víz Világtalálkozó Zárónyilatkozata. Budapest, 2013, október 11. www.budapestwatersummit.hu/data/images/Budapesti_Viz_Vilagtalalkozo_Nyilatkozata.pdf
- ⁴⁵ Somlyódy László: *Víz, határok nélkül II. – Előszó*. Magyar Tudomány, 2013/11., 1282. www.matud.iif.hu/2013/11/01.htm
- ⁴⁶ Várallyay György: *A talajok vízgazdálkodása*. Magyar Tudomány, 2013/11., 1285–1293. o. www.matud.iif.hu/2013/11/02.htm
- ⁴⁷ Kaszáné Kiss Magdolna: *Hulladékgazdálkodás*. Digitális Tankönyvtár, 2013. www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0025_kor_1/ch02.html
- ⁴⁸ Uo.
- ⁴⁹ 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról. http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1200185.TV
- ⁵⁰ Kaszáné, i. m.
- ⁵¹ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014–2020.
- ⁵² Uo.
- ⁵³ *Nanotechnológiák és nanotudományok, tudásalapú többfunkciós anyagok, új gyártási-termelési eljárások és eszközök*. EU 6. Kutatási, Technológiafejlesztési és Demonstrációs Keretprogram, Nemzeti Innovációs Hivatal, 2008. <http://nkfih.gov.hu/magyar/nanomatprod/nanotechnologiak>
- ⁵⁴ Zentai Andrea et al.: *Nanoanyagok felhasználása az élelmiszeriparban*. Magyar Tudomány, 2014/8., 982–991. o. www.matud.iif.hu/2014/08/18.htm
- ⁵⁵ Nanotechnológiák és nanotudományok... i. m.
- ⁵⁶ *NMP+B a Horizont 2020 keretprogramban*, Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal, 2016. www.h2020.gov.hu/ii-ipari-vezeto-szerep/nanotechnologia-fejlett/nmp-horizont-2020
- ⁵⁷ Pándics Tamás: *A nanorészecskék környezet-egészségügyi hatásainak elemzése*. Egészségtudomány, 2008/3., 6–25. o.
- ⁵⁸ Uo.

- ⁵⁹ Pándics Tamás: *A nanotechnológiai anyagok környezet-egészségügyi kockázata*. Népegészségügy, 2008/1., 60. o.
- ⁶⁰ Vonderviszt Ferenc: *A nanotechnológia lehetősége az egészségügyben*. IME, 2005/10., 49–51.
- ⁶¹ Horváth Róbert: *Bioszenzorika és bio-nanotechnológia*. Magyar Tudomány, 2016/1., 70–77. o. www.matud.iif.hu/2016/01/21.htm
- ⁶² Orbán József: *A nanotechnológia építőanyag-ipari alkalmazásai I*. Magyar Építéstechnika, 2012/1., 2–5. o.
- ⁶³ Uo.
- ⁶⁴ Uo.
- ⁶⁵ Orbán József: *Nanotechnológia az építőiparban, betonipari alkalmazások*. Beton, 2012/2., 12–15. o.
- ⁶⁶ Hernádi Klára: *Nanokompozitok az építőiparban*. Digitális Tankönyvtár, 2012. www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0025_vegy_5/ch11s02.html
- ⁶⁷ Zentai et al., i. m.
- ⁶⁸ Uo.
- ⁶⁹ Uo.
- ⁷⁰ Pándics Tamás: *A nanorészecskék klinikai alkalmazási lehetőségei és lehetséges veszélyei*. Orvosi Hetilap, 2008/38., 1785–1790. o.
- ⁷¹ Zentai et al., i. m.
- ⁷² Pándics: *A nanorészecskék környezet-egészségügyi hatásainak...*, i. m.
- ⁷³ Pándics: *A nanotechnológiai anyagok környezet-egészségügyi kockázata*, i. m.
- ⁷⁴ Zentai et al., i. m.
- ⁷⁵ Uo.
- ⁷⁶ Pándics Tamás: *Nanotechnológia – előnyök és veszélyek*. 2010. www.medicalonline.hu/gyogvitas/cikk/nanotechnologia_elonyok_es_veszelyek
- ⁷⁷ Pándics: *A nanotechnológiai anyagok környezet-egészségügyi kockázata*, i. m.

TOVÁBBI FELHASZNÁLT IRODALOM

- Elindult az Akadémia nagy vízprogramja*. MTA, 2016. május 9. http://mta.hu/mta_hirei/hogyan-fejlesszuk-a-magyar-viztudomany-szakmai-konferencia-az-akademian-106457
- A „fenntartható fejlődés”*. www.ff3.hu/fejlodes.html
- Globális környezeti problémák és fenntartható fejlődés modul. Környezetgazdálkodás. Debreceni Egyetem. www.georgikon.hu/tanszekek/meteor/tamop/tamop11a/6_eloadas.pdf
- Megjelent az első világtérkép a Föld édesvízkészletéről*. National Geographic, 2008. www.ng.hu/Fold/2008/10/Megjelent_az_elso_vilagterkep_a_Fold_edesvizkeszleterol
- Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia*. NFFT. <http://nfft.hu/nemzeti-fenntarthato-fejlodesi-keretstrategia/>
- News on Millennium Development Goals. www.un.org/millenniumgoals
- Tiszta ivóvíz*. Unicef, 2014. 10. 13. <http://unicef.hu/tiszta-ivoviz/>
- www.ipbes.net/
- www.ipcc.ch/
- www.maweb.org