

## FÖLDRAJZ A NANOTECHNOLÓGIA VILÁGÁBAN

MÉSZÁROS REZSŐ

GEOGRAPHY IN THE WORLD OF NANOTECHNOLOGY

### Abstract

It is generally accepted that geography is an interdisciplinary science. This characteristic of geography – especially for human geography – provides an opportunity to look for geographical procedures and connections in the results of other sciences. It means a widespread opportunity as those scientific results might provide a basis for research that is already of global importance (or will be), and that has significant social and regional relevancies. The development of information and communication technologies exemplified this fact in the 20<sup>th</sup> century, with the digital revolution having a great effect on geography as well. The development of science and technology created modern nanotechnology which is often regarded as the industrial revolution of the 21<sup>st</sup> century. The social, economic, and regional implications of this new technology offer new research opportunities for geography. This study examines some of the elements and geographical expansion of nanotechnology.

**Keywords:** geography, human geography, nanotechnology, geographical expansion of nanotechnology

### Bevezetés

Általánosan elfogadott az a nézet, hogy a geográfia számos vonatkozásban interdiszciplináris tudomány, következésképp a geográfusoknak aktív szerepük van az ilyen témájú projektek létrehozásában és sikeres megvalósításában, de a transz- és multidiszciplináris kutatásokban is szívesen látott közreműködők.

A földrajztudománynak ez a sajátossága – különösen a társadalomföldrajz számára – lehetőséget ad arra is, hogy *a földrajztudomány művelői a siker reményében keressék az összefüggéseket más tudományágak eredményeiben*. Meglepően széles körű a válogatási lehetőség, hiszen ehhez mindazok a tudományos eredmények szolgálhatnak alapul, amelyek már jelenleg is globális jelentőségűek vagy várhatóan azok lesznek a jövőben, és társadalmi, gazdasági, valamint térbeli vonatkozásaik, hatásuk kiemelkedő. Ilyen terület a leggyorsabban fejlődő ágazatok közé tartozó nanotechnológia is, amit egyre több országban a kiemelt stratégiai fontosságú területek közé soroltak. Ezért is hisznek olyan sokan a *nanotechnológiai forradalom* lehetőségeiben (CLUNAN, A.–RODINE-HARDY, K. 2014). Úgy vélem, hogy ez az új technológia új lehetőséget kínál a társadalomföldrajz számára is. Ez az írás kísérlet arra, hogy a nanotechnológia globális fejlődésének néhány sajátosságát, összefüggését földrajzi szempontból bemutassa. Elsősorban azt érdemes vizsgálni, hogy a nanotechnológia fejlődésével összefüggésben milyen térbeli elmozdulások, folyamatok (ország-rangsorok) figyelhetők meg.

### Előzmények

CASTELLS, M. (2006) egy beszélgetésben kifejtette, hogy „Az igazán nagy kérdés az, hogy miként tarthatja kézben a társadalom és a közigazgatás a tudományos felfedezéseket az egyéni kreativitás és a kutatói szabadság korlátozása nélkül. Ebből a szempont-

ból a mai társadalmak sem kulturálisan, sem intézményesen nincsenek még felkészülve a tudományban várható rendkívül nagy ugrásra. A társadalom ingadozik a bürokratikus reakciók és a piac ösztönzése, a babonás félelem és a technokrata hurráoptimizmus között” (i. m. 59. o.). CASTELLS véleménye tulajdonképpen a nanotechnológia fejlődéstörténetére, gazdasági és társadalmi fontosságára is illik.

Amikor 1974-ben TANIGUCHI, N. nanotechnológiának nevezett el egy szubmikrométeres toleranciával történő anyagmegmunkálást, valószínűleg nem gondolt arra, hogy ezzel a névadással bevonul a történelembe. (Mint ahogy WILLIAM GIBSON sem gondolta 1984-ben, hogy egy új tér-névadással – cyberspace, kibertér – korszakot alkot.)

A nanotudomány és ráépülő nanotechnológia története korábbra nyúlik vissza. A nagy változást, az áttörést RICHARD O. FEYNMAN Nobel-díjas fizikus 1959. december 29-én tartott előadása jelentette, aki a jövőről beszélt, arról a nem is olyan távoli jövőről, ami nagy távlatokat és dimenziókat nyit. FEYNMAN ugyanis egyszerű számítással bemutatta, nincs elvi akadálya annak, hogy a csaknem 30 ezer oldalas Encyclopedia Britannica ráírható egy gombostű fejére. Csak néhány atomnyi nagyságú betűket kell használni, és ezeknek a betűknek az írására és olvasására technológiát kell kifejleszteni. Ezt követően publikációk, találmányok, fejlesztések sora bizonyította a tudományos világ növekvő érdeklődését.

A nanotechnológia kialakulásának útja szorosan összefüggött a mikroelektronika fejlődésével és korlátaival. Ismert, hogy a mikroelektronika az elmúlt több mint fél évszázadban szárnyalt. Ennek egyik lényeges eleme a miniatürizálás lehetősége volt. A 2000-es évek körül azonban világossá vált, hogy ha folytatódik a miniatürizálás, akkor ez egy ponton már átlép a mikronok és a szubmikronok világából a nano-tartományba. Egy méretszint alatt ugyanis a tranzisztor már nem tranzisztorként működik. Ezen az új alapon épült, épülhetett fel a nanotechnológia (CSURGAY Á. 2006), ami tehát az atomok és a molekulák világában működik. A nanotechnológiai eljárásokkal egyre inkább lehetővé válik az atomok és a molekulák egyre összetettebb manipulálásának lehetősége, az atomokból és molekulákból „alulról felfelé” történő építkezés.

A nanotechnológia fogalmát sokféleképpen közelítették meg. Természetesen abban egyetértés van, hogy a végtermékek jellemzően az 1–100 nanométer közötti mérettartományban helyezkednek el (egy nanométer a milliméter milliomod része). ROCO, M. (2001) szerint a nanotechnológia új technológiai szemlélet, amely másképpen közelít az általunk alkotott anyagi világ felépítéséhez. A Klaszterfejlesztési és Marketing Stratégia (2009) idézte a „Credit Suisse First Boston” befektetői bankcsoport (2003. május) véleményét, amely szerint a forradalmian új nanotechnológia elsöpörheti a jelenlegi üzleti modelleket és újrendezheti a gazdaság szektorait. Az Amerikai Nemzeti Nanotechnológiai Kezdeményezés (2000) úgy fogalmazott, hogy a nanotechnológia az 1 és 100 nanométer közötti dimenzióban levő dolgok megértését és irányítását jelenti, és ebben a tartományban az egyedi jelenségek újító alkalmazásokat tesznek lehetővé (CLUNAN, A.–RODINE-HARDY, K. 2014).

Manapság már kevesen vitatják, hogy a nanotechnológiai eljárásokkal előállított termékekre, beavatkozásokra szükség van és gyorsan növekvő szükség lesz. Egyre több ágazat vezet be a nanotechnológiát, és tünteti fel termékskáláján, hogy ezt a modern technológiát alkalmazta. Valamennyi ágazat és minden termék felsorolása reménytelen vállalkozás lenne, hiszen az alkalmazási területek napról napra bővülnek. Érdemes azonban néhány területet kiemelni, ahol különösen sikeresen alkalmazzák a nanotechnológiát, aminek közvetlen vagy közvetett társadalmi hatása is van: biotechnológia, gyógyászati eszközök, orvostudomány, gyógyszerkutatás, gyógyszeripar, vegyipar, energiagazdálkodás (fénycsövek, napelemek), a teljes agrárvertikum, tiszta ivóvíz-ellátás, anyagtudomány, felületkezelés (öntisztuló felületek), gépjárműipar, információs és kommunikációs technológia,

levegőtisztítás, környezetgazdálkodás, talajvédelem, kozmetikai ipar, űrkutatás, hadiipar és katonai védelem. Ebből a vázlatos, korántsem teljes felsorolásból is érzékelhető talán, hogy a nanotechnológia egyre inkább a magas színvonalú termékek előállításának nélkülözhetetlen feltételévé válik.

### **Tények, összefüggések és földrajzi dimenziók**

Az 1990-es évek elején-közepén számos országban megkezdődött a nanotechnológia egyetemi oktatásának bevezetése, a laboratóriumi hálózatok kiépítése, sőt a fejlett országokban az ipari alkalmazások előkészítése, bevezetése.

Az Amerikai Egyesült Államokban 2000-ben Nemzeti Nanotechnológiai Kezdeményezés címmel nagy ívű nanotechnológiai kutatási és fejlesztési programot indítottak el, gyorsan emelkedő támogatással (2001, 2003). Ehhez sok ország csatlakozott, mások külön programot készítettek. Számos ország (pl. Japán) már az 1990-es években kormányzati szinten foglalkozott a nanotechnológiával, de csak az amerikai Kezdeményezés hatására döntötte el, hogy ez az egyik fő kutatási és alkalmazási prioritás lesz. Dél-Korea tízéves állami finanszírozású programmal kezdte el a nanotechnológia fejlesztését, s Tajvan ugyanígy döntött hat éves időtartamra. Kína ugyancsak egyre több erőforrást fordított a nanotechnológia fejlesztésére. Érdekes, hogy Oroszország kezdettől fogva (a szovjet időszakban is) bizonyos területeken felismerte a nanotechnológia jelentőségét és nagy erőfeszítéseket tett a fejlesztésére. A világ sok más országa infrastrukturális, tudományos-technikai, gazdasági, társadalmi fejlettsége, beállítottsága okán egyre nagyobb figyelemmel fordult a nanotechnológia felé. De már a kezdetben is előre látható volt, hogy a gyors „technikai forradalmi” hatás többnyire csak akkor érhető el, ha már létezik egy jó színvonalú kiindulási alap, ami bizonyos gazdasági fejlettséget és társadalmi igény szintet feltételez (CLUNAN, A. – RODINE-HARDY, K. 2014). Később azonban ez a tétel a nanotechnológia széles körű katonai, hadászati alkalmazásai következtében „módosult”.

Európa esete e tekintetben nagyon sajátos. Az 1990-es évek közepe óta számos ország rendelkezett nanotechnológiai programmal, de néhány országban nem voltak konkrét nanotechnológiai kezdeményezések. A fejlesztések általában más – főként anyagtudományi – programok keretében valósultak meg. Pedig az európai nanotudomány az 1990-es évek második felében megelőzte az Amerikai Egyesült Államokat és Japánt (1997 és 1999 között az EU részesedése a nanotudományi publikációkból 32% volt, míg az Egyesült Államoké 24, Japáné pedig 12%). Figyelmeztető volt viszont, hogy a szabadalmak arányát tekintve fordított volt a helyzet. Ráadásul csak a hatodik (FP6) keretprogram határozta meg a nanotechnológiát, mint az egyik fő prioritást (Egy európai nanotechnológiai stratégia felé, 2004).

2000 és 2012 között közel félszáz ország követte az Amerikai Egyesült Államokat, vagy létrehozta saját nanotechnológiai kezdeményezését (*l. táblázat*).

A nanotechnológiai programok diffúziója, mint látható, valójában nagyon gyorsan valósult meg. De hogy miért ezen az időskálán és miért ebben a földrajzi dimenzióban alakult így, arra vonatkozóan sokféle, többnyire szubjektív magyarázat létezik. Általános az a vélemény, hogy a kezdeti időszakban csekély összefüggés volt a nanotechnológiai kutatás és fejlesztésbe történő kormányzati befektetések mértéke és az új nemzeti nanotechnológiai program elfogadásának vagy átvételének időzítése között. Miközben érthető, hogy miért készített nemzeti nanotechnológiai kezdeményezést az Amerikai Egyesült Államok és Svédország 2000-ben, Japán 2001-ben, az már korántsem nyilvánvaló, hogy olyan különböző, lényegében kis országok, mint Szingapúr, Írország, Észtország vagy Románia miért alkalmazták országukra az amerikai nanotechnológiai program fő elveit már 2001-ben. Az

1. táblázat – Table 1

A nemzeti nanotechnológiai kezdeményezések terjedése, 2000–2012  
Diffusion of national nanotechnology initiatives 2000–2012

Év	Ország
2000	USA, Svédország
2001	Dél-Korea, Szingapúr, Románia, Mexikó, Japán, Izrael, Írország, India, Észtország, Kína
2002	Tajvan, Dél-Afrika, Norvégia, Örményország
2003	Belorusz, Pakisztán, Irán, Thaiföld
2004	Spanyolország, Hollandia, Moldova, Brazília, Ausztria
2005	Lettország, Franciaország, Európai Unió, Csehország, Argentína
2006	Szlovénia, Lengyelország, Malajzia, Németország, Finnország, Horvátország
2007	Oroszország, Kirgizisztán, Magyarország, Kazahsztán
2008	Üzbegisztán, Svájc, Sri Lanka
2009	Ukrajna
2010	Venezuela, Szerbia, Litvánia, Ausztrália
2012	Irak

*Forrás/Source:* CLUNAN, A.–RODINE-HARDY, K. (2014)

is nehezen magyarázható, hogy Örményország, Belorusz és Pakisztán miért olyan korán (2002, 2003-ban) fogadott el nanotechnológiai programot, míg Németország 2006-ig, az Európai Unió keretprogram elfogadásáig várt ezzel. Vannak olyan országok, amelyek úgy fogták fel a nanotechnológiát, mint a biztonság, a politikai hatalom és a presztízs egyik fő kérdését. Brazília, Oroszország és India viszont a globális piac felé irányuló stratégiai üzenetként értelmezték a nanotechnológiát. Kína a nanotechnológiával elsősorban mindig is saját gazdasági növekedési lehetőségeit tartotta szem előtt, mert tervgazdálkodást folytat. Németország viszont a minimumra csökkentette a nanotechnológia katonai felhasználását és inkább a kereskedelmi lehetőségeket kereste, hiszen mindig is hatalmas piaca volt a német nanotechnológiai fejlesztéseknek. Sok ország van, ahol nem kifejezetten fontos a nanotechnológia, aminek persze számos objektív oka lehet. Erre a sokszínűségre talán az lehet a magyarázat, hogy a nanotechnológiával kapcsolatos nagy ígéretet eltorzították a térbeli folyamatokat, mert a különböző nemzetközi szervezetek (többek között az ENSZ is) biztatták a kis és kevésbé fejlett államokat is a nanotechnológia alkalmazására, ami nagyon megzavarta ezeket az országokat. A nanotechnológiai forradalom hatalmas kihívás volt a növekedésre és a fejlődésre. Ezek a nem „szabályos” diffúziós minták pedig a magyarázatok lehetnek arra, hogy az egyes országok a nanotechnológiai programokat rendkívül eltérő módon használták fel és ezzel is jelezték, hogy a nanotechnológiát más-ként értelmezik (CLUNAN, A.–RODINE-HARDY, K. 2014).

Más volt, de lényegében kapcsolódott az előbbiekhöz SZALAVETZ A. (2006) megközelítése. Arról írt, hogy a Fortune 500 Magazin szerint a nagy transznacionális cégek jelentős része már korán felismerte a nanotechnológia jelentőségét és együttműködött a nanotechnológiai kutatólaboratóriumokkal vagy szponzorálta a kutatásokat. A *Lux Research Inc.* felmérése azt mutatta, hogy 2005-ben 148 globális cégnek volt valamilyen nanotechnológiai kezdeményezése. SZALAVETZ A. utal arra is, hogy a nanotudomány a technológiává válás folyamatában is előrehalad. 2005-ben 32 milliárd dollár értékű feldolgozóipari termékben volt nanotechnológiai fejlesztés. Ez az érték a 2004-es értéknek több mint a kétszerese, ami már iparszerű reprodukciót feltételez.

Vagyis a nanotechnológia szétterjedése első szakaszának végén már látható volt az erős együttműködési hajlandóság a tőke, a multinacionális cégek és az új technológia között. Az effajta kapcsolatrendszer – amelynek horizontális és vertikális bonyolultsága folyamatosan változik – megerősíti a ma már aligha vitatató ténytet, hogy a nanotechnológia alkalmazása a versenyképesség egyik lényeges szempontja, minőségi paramétere, mércéje.

A nanotechnológiában *két index határozza meg egy ország versenyképességi státuszát: az egyik a nanotechnológiai tevékenység szintje, a másik pedig a technológiai fejlődés ereje* (BURNS, R. 2007; HWANG, D. 2010). Az előbbi azt fejezi ki, hogy milyen erőforrások és képességek szükségesek egy ország innovációs technológiájának életben tartásához. Az utóbbi index rámutat azokra a lehetőségekre, amelyekkel a nanotechnológiára alapozva egy ország fejlesztheti a gazdaságát. A technológiai tevékenység szintjének a paramétere igen széles értelműek. Ezek között vannak például a nanotechnológiai célkitűzések a lokális szinttől az országos szintig, a nanotechnológiai központok minél szélesebb körű kiépítése, a kockázati tőke, a kormányzati és magánbefektetések, a nanotechnológiával kapcsolatos tudományos publikációk, szabadalmak és találmányok, a csak nanotechnológiával foglalkozó cégek száma (MILANOVIC, V. – BUCALINA, A. 2013).

Ezek az alapvető elvek alapján két időszakra (2007 és 2010) készültek tanulmányok, modellkísérletek, amelyeknek zömmel a Lux Research Inch. adott otthont. A kutatások arra irányultak, hogy a nanotechnológiai tevékenység szintjének és a technikai fejlődés erejének összefüggésrendszere hogyan alakult a nanotechnológiában érintett országokban és egymáshoz viszonyítva az országok között. A két legismertebb kutatás (BURNS, R. 2007; HWANG, D. 2010), eredményei, sajnos, többnyire védettek, de vizuálisan, illetve feldolgozott formában hozzáférhetőek voltak.

A nanotechnológiában érdekelt országok versenyképes helyzetének elemzése során MILANOVIC, V. és BUCALINA, A. (2013), (főként BURNS, R. [2007] és HWANG, D. [2010] eredményei alapján) megállapították, hogy 2005-ben az Amerikai Egyesült Államok, Japán, Németország és Dél-Korea volt vezető versenyképes helyzetben. E tekintetben a négy ország közül magasan kiemelkedett az Amerikai Egyesült Államok, de meglepő, hogy a technológiai fejlődés ereje nagyobb volt Japánban, Németországban és Dél-Koreában. A nanotechnológiai tevékenység szintje tekintetében viszont sokkal nagyobb az előnye az Egyesült Államoknak. Más országok közül valóban versenyképes csak a külön csoportot alkotó Nagy-Britannia és Franciaország. A következő országcsoportha három igen érdekes kis ország tartozik: Izrael, Tajvan és Szingapúr. Ezeket szűk piaci kereslettel szokás jellemezni. Tulajdonképpen versenyképes helyzetűek. Szingapúrnak rendkívül előnyös a technológiai fejlődés ereje, Tajvanban és Izraelben pedig a nanotechnológiai tevékenység szintje jó. Összességében a legelőnyösebb helyzete Tajvannak volt 2005-ben. A negyedik, egyszerűen a legnagyobb országcsoporthat Kína, India, Kanada, Ausztrália és Oroszország alkotta. Kína a nanotechnológiai tevékenység viszonylag magas szintjével tűnt ki, míg Oroszország, Kanada és Ausztrália a technológiai fejlődésben tettek szert némi előnyre. 2009-ben 2005-höz viszonyítva lényeges változások történtek. Igaz, 2009-ben 19 országot vizsgáltak (HWANG, D. 2010). Az Amerikai Egyesült Államok nanotechnológiai tevékenysége maradt a legmagasabb értéken, de a technológiai fejlődés ereje romlott, így átkerült abba a csoportba, amiben Nagy-Britannia, Franciaország is volt, majd 2009-ben csatlakozott hozzájuk Kína. Az Amerikai Egyesült Államok előnye azonban még mindig óriási volt. A vezető csoportban is történt változás: Tajvan felzárkózott a vezető országokhoz, Japánhoz, Németországhoz és Dél-Koreához. Sajátosan alakult a szűk piaci kereslettel rendelkezők versenyképességének a helyzete. A csoport Svájcjal és Svédországgal bővült. Ezek technológiai fejlődése jó volt, ezért viszonylag egyszerű volt számukra a kedvező pozíció kialakítása. A legnagyobb létszámú országcsoporthat is történtek változások, új

országok léptek be: Olaszország, Hollandia és Brazília. Hollandiának és Olaszországnak előnyös indulási helyzete volt, amit ki is használtak. Brazília viszont rossz helyzetben volt, azonban figyelembe kell venni, hogy vezető szerepet töltött be Latin-Amerika nanotechnológiai kutatásaiban, és ez a szerep, azóta is változatlanul nagy. 2009-ben a csoportban kétségkívül Oroszország érte el a legjobb eredményt 2005-höz viszonyítva.

2010 után a nanotechnológiai világhelyzetet és az országok közötti sorrend alakulását más megközelítésben is érdemes vizsgálni és bemutatni. *A nanotechnológia fejlődési ütemét gyakorlatilag követte a nanotechnológiai szabadalmak, találmányok számának, illetve az ilyen témájú tudományos publikációk számának növekedése.*

A szabadalmak, találmányok regisztrálására, minősítésére szervezetek létesültek, közöttük a két legnagyobb az Amerikai Egyesült Államok Szabadalmi és Védjegy Hivatala (USPTO) és az Európai Védjegy Hivatal (EPO). Megemlíthető még a Japán Szabadalmi Szervezet (JPO), de ez kisebb, főként regionális jelentőségű.

Az USPTO-hoz 2013-ban 31 353 nanotechnológiai szabadalmi bejelentés érkezett, ami 14,6%-os növekedés a 2012-es eredményhez képest. A StatNano összeállítás a 10 tételt tartalmaz (2. táblázat); a nanotechnológiában vezető országok sorrendjében érdekes területi jellegzetességek figyelhetők meg.

Az Amerikai Egyesült Államok nyomasztó túlsúlya nagyon kifejező, a többi kilenc ország a nanotechnológiai szabadalmak terén alig több mint a felét teljesítette. Észrevehető, hogy Németország megbontotta az USA után általában következő távol-keleti hármast. A tíz ország között még mindig öt európai ország volt 2013-ban, és ez igen biztató a jövőre nézve. Kína viszont ott van az első 10-ben; az öt európai országnak négy ázsiai a konkurensé.

2. táblázat – Table 2

Nanotechnológiai szabadalmak az USPTO-ban 2013-ban  
Nanotechnology patents in USPTO in 2013

<b>Ország</b>	<b>Szabadalmak száma</b>
USA	12205
Japán	3182
Dél-Korea	943
Németország	886
Tajvan	649
Franciaország	561
Kína	420
Hollandia	397
Nagy-Britannia	266
Svájc	265

*Forrás/Source:* StatNano, 2014. 02. 02.

Az Európai Szabadalmi Hivatal (EPO), annak ellenére, hogy európai szervezet, nemcsak európai országok nanotechnológiai szabadalmait regisztrálja. Kétségtelen azonban, hogy 2013-ban az első tíz ország között csak három volt nem európai: Amerikai Egyesült Államok, Japán és Dél-Korea (3. táblázat). Viszont itt is az első az USA, de jóval kisebb szabadalomszámmal (1591), mint az USPTO-nál. A 2013-as EPO 10-es lista

országösszetétele némileg hasonlít az USPTO 10-es listához, de a sorrendet illetően már nem. Az EPO 10-es listában hét európai ország szerepel, ami tulajdonképpen természetes is.

3. táblázat – Table 3

Nanotechnológiai szabadalmak az EPO-ban 2013-ban  
Nanotechnology patents in EPO in 2013

<b>Ország</b>	<b>Szabadalmak száma</b>
USA	1591
Németország	775
Japán	637
Franciaország	379
Svájc	219
Hollandia	182
Nagy-Britannia	151
Dél-Korea	135
Belgium	72
Olaszország	70

*Forrás/Source:* StatNano, 2014. 02. 08.

A másik fontos tényező a nanotudomány témakörében megjelent tudományos publikációk száma. A geográfia számára pedig publikációk területi megoszlásának vizsgálata különösen érdekes, mert a nanotechnológia szellemi kapacitásának „területi termelékenységi szintjéről” ad egyfajta képet (4. táblázat).

4. táblázat – Table 4

A nanotudományban a legtöbb tanulmányt készítő 20 ország 2014-ben  
Top 20 countries in production of nanoscience in 2014

<b>Ország</b>	<b>Nanotech cikk</b>	<b>Ország</b>	<b>Nanotech cikk</b>
Kína	38146	Olaszország	3456
USA	20437	Tajvan	3139
India	8678	Oroszország	3060
Dél-Korea	7572	Ausztrália	2859
Németország	7192	Kanada	2691
Japán	6745	Szingapúr	2130
Irán	5026	Brazília	1882
Franciaország	4836	Lengyelország	1747
Nagy-Britannia	3978	Szaúd-Arábia	1601
Spanyolország	3642	Svájc	1545

*Forrás/Source:* StatNano 2015 01. 04.

Kína első helye rendkívül figyelemre méltó. Elgondolkodtató, hogy Kínában csaknem kétszer annyi tanulmányt készítettek a nanotudomány művelői 2014-ben, mint az Amerikai Egyesült Államokban. Általánosabb vonatkozásban ez összefügg Kína világgazdasági pozíciójával, de törekvéseivel is. India „dobogós” helye tulajdonképpen nem meglepő: más tények is igazolják, hogy India fejlődése, súlya a tudományos kutatás néhány ágazatában igen magas színvonalú. Ehhez társult a nanotudomány és a nanotechnológia, amely kiemelt stratégiai ágazat lett Indiában. A nanotechnológiát stratégiai ágazattá nyilvánították néhány más feltörekvő országban: Iránban, Brazíliában, Oroszországban, Szaúd-Arábiában, Szingapúrban.

A 4. táblázatban szereplő 20 ország közül nyolc európai, ez azt jelenti, annak ellenére, hogy bővült az országlista, Európa jó színvonalon, versenyben van. De vajon a jövőben, a nanotechnológiai szakmai területeken mi lesz a helye Európának? Fontos kérdés az is, hogy mely európai országok esnek ki a világversenyből? A választ nem lehet leszűkíteni csak a nanotechnológiára fordított kutatási, fejlesztési összegekre vagy szélesebb értelemben a gazdasági erőforrásokkal való ellátottságra, hanem ez esetben is felmerül az európai országok (zömmel az Európai Unió) jelenlegi, de főként a jövőbeni versenyképességének problémaköre.

A verseny – legyen az emberek, intézmények, városok, technológiák, tudományágak között vagy éppen a piacokért – lényegében az ember, illetve kisebb, nagyobb csoportjának veleszületett tulajdonsága. Az utóbbi évtizedekben a versenyképesség fogalma vívott ki magának egyre nagyobb teret a követelményrendszerben. A Világgazdasági Fórum 1979 óta rendszeresen közzéteszi Jelentését, amelyben meghatározza a Globális Versenyképességi Index-et (GCI) is. 2004 óta ez alapján rangsorolják a világ országait. A Jelentés nem tér ki külön a nanotechnológiára, de mivel egy ország versenyképességének egyik tényezője, az összefüggés nyilvánvaló (5. táblázat). A 2013–2014. évi Jelentés (SCHWAB, K. – SALAI-I-MARTIN, X. 2013) sok információt szolgáltat a társadalomföldrajz számára is, mert alapos ország- és térségelemzést ad, még ha olykor más megközelítésből is, mint ahogy mi „megszoktuk”.

5. táblázat – Table 5

Globális versenyképességi index (GCI), 2013–2014  
Global competitiveness index, 2013–2014

Rangsor	Ország	GCI-érték	Rangsor	Ország	GCI-érték
1. (1.)	Svájc	5,67	11. (15.)	Norvégia	5,33
2. (2.)	Szingapúr	5,61	12. (13.)	Tajvan	5,29
3. (3.)	Finnország	5,54	13. (11.)	Katar	5,24
4. (6.)	Németország	5,51	14. (14.)	Kanada	5,20
5. (7.)	USA	5,48	15. (12.)	Dánia	5,18
6. (4.)	Svédország	5,48	16. (16.)	Ausztria	5,15
7. (9.)	Hong Kong	5,47	17. (17.)	Belgium	5,13
8. (5.)	Hollandia	5,42	18. (23.)	Új-Zéland	5,11
9. (10.)	Japán	5,40	19. (24.)	Egyesült Arab Emírségek	5,11
10. (8.)	Nagy-Britannia	5,37	20. (18.)	Szaúd-Arábia	5,10

A zárójelben levő szám az illető országnak az előző évi rangsorban elfoglalt helyét mutatja.  
Forrás/Source: SCHWAB, K. – SALAI-I-MARTIN, X. 2013.

A versenyképességi index szerint 2013–2014-ben az első 20 között tíz – a nanotechnológiában is élenjáró – európai ország szerepelt. Ebben nincs semmi meglepetés, inkább az összefüggés erősebb. A nanotechnológiai tevékenységi szint területi megoszlása nagyon hasonlít a versenyképességi index szerinti 20-as listához, csupán Hong Kong, Katar és az Egyesült Arab Emírségek nem tartoznak ide, úgy is mondhatnánk, hogy „kilógnak a sorból”, bár ezeken a helyeken is van nanotechnológiai fejlesztés és jelentős a felhasználás.

## Összefoglalás

Nem kétséges, hogy a nanotudomány és a nanotechnológia a világ leggyorsabban fejlődő ágazatai közé tartozik. Az sem tagadható, hogy a nanotechnológia a világgazdaság egyik fontos stratégiai területévé vált. Már a 21. század első évtizedében egyre több országban felismerték ennek jelentőségét, és a nanotechnológiát kiemelt stratégiai ágazattá minősítették. Aligha tagadható, hogy rendkívül gyors ütemben és váratlan fordulatokkal halad előre a tudomány és a technika, technológia, mégis biztosan állítható, hogy *a nanotechnológia lehet a 21. század ipari forradalmainak egyike* (KNELL, M. 2011).

A bemutatott tények és adatok egyértelműen arra utalnak, hogy a nanotechnológiában földrajzilag is értelmezhető összefüggések vannak, ezáltal ezek az információk a földrajz, a társadalomföldrajz számára új megközelítést tesznek lehetővé a fejlett és a feltörekvő országok, illetve régiók jelenkori gazdasági és társadalmi fejlődésének megértéséhez.

A nanotechnológia vezető hatalma vitán felül az Amerikai Egyesült Államok, de ha Kanadát is oda soroljuk, ahol jó színvonalú a nanotudomány és a nanotechnológia, akkor megállapítható, hogy e tekintetben a vezető térség az anglo-amerikai régió. Utánuk következnek az európai, illetve az ázsiai, délkelet-ázsiai térség nevezetes országai. Ezt a helyzetet, állapotot jónak is lehetne minősíteni – mint a táblázatok adatai igazolták, jelentős számú európai ország szerepel az „élbolyban” –, de ha a világ fejlődési dinamizmusát vesszük figyelembe, akkor – minden bizonnyal – az ázsiai térség e tekintetben (is) meg fogja előzni Európát, Egyes – ide vonatkozó – számítások szerint már meg is előzte. Ennek nem kellene így lennie (másfél-két évtizeddel ezelőtt nem is volt így). Feltűnő, de nem meglepő, hogy a dél-amerikai és az afrikai országok (néhány kivételtől eltekintve) lemaradtak a nanotechnológia fejlődésében, hasonlóképpen a nem említett ázsiai országok is. Ezekben az országokban a nanotechnológiai kutatás általában egyetemekhez vagy kutatóintézetekhez kapcsolódik. Magyarországon például a klaszter-szerveződés sikeres megoldás lett, 2008-ban alakult meg az első anyagtudományi és nanotechnológiai klaszter nyolc intézmény részvételével (Klaszterfejlesztési és marketingstratégia..., 2009). A nanotechnológiai fejlesztések rendkívül költségesek, de a nanotechnológia szükségszerűen összekapcsolódik egy széles körű, más ágazatú, általános gazdasági és technikai, társadalmi fejlődéssel és igénnyel is.

A nanotechnológiai termékek felhasználása egyre gyakoribb a világ legkülönbözőbb helyein, egy márkás arckrém, új, jobb autó, vagy akár egy új gyógyszer, mobiltelefon, modern tv-készülék stb. formájában. A termékek köre, választéka folyamatosan bővül, így a nanotechnológiai termékek földrajzi térképe hamarosan globálissá válhat.

---

MÉSZÁROS REZSÓ  
SZTE Gazdaság és Társadalomföldrajzi Tanszék, Szeged  
mrezso@geo.u-szeged.hu

## IRODALOM

- BURNS, R. R. 2007: International nanotechnology initiatives: measuring progress. – Előadás (március 29.), internet.
- CASTELLS, M. 2006: A tudás világa. – Napvilág Kiadó, Budapest. 158 p.
- CLUNAN, A.–RODINE-HARDY, K. 2014: Nanotechnology in a globalized world. – Northeastern University, USA. 92 p.
- CSURGAY Á. 2006: Nanotechnika, tudomány, természet. – Magyar Szemle, 1–2. pp. 88–98.
- Egy európai nanotechnológiai stratégia felé. – Európai Közösségek Bizottsága. A Bizottság Közleménye, 2004: Brüsszel, május 12. 29 p.
- FEYNMAN, R. 1959: There's Plenty of Room at the Bottom. American Physical Society. Előadás, december 29.
- HWANG, D. 2010: Ranking the nations on nanotech. Lux Research August. – In: ROCO, M.: Nanotechnology Research Directions For Societal Needs In 2020. WWCS. Előadás (december 1.), internet.
- Klaszterfejlesztési és marketingstratégia a 2009–2013 időszakra. – Magyar Anyagtudományi és Nanotechnológiai Klaszter, 2009. Miskolc.
- KNELL, M. 2011: Nanotechnology and the Sixth Technological Revolution. – In: CAZZENS, S. E.–WETMORE, J. M. (eds): Nanotechnology and the Challenges of Equity, Equality and Development. Springer.
- MILANOVIC, V.–BUCALINA, A. 2013: Position of the countries in nanotechnology and global competitiveness. – Management Journal for Theory and Practice Management, 68. pp. 69–79.
- ROCO, M. 2001: International strategy for nanotechnology research and development. – Strategy for Nanotechnology. Kluwer Academic Publ. Vol. 3. 5–6. pp. 353–360.
- SCHWAB, K.–SALA-I-MARTIN, X. 2013: The global competitiveness report, 2013–2014. – World Economic Forum, Genf. 551 p.
- StatNano 2014: Top countries in field of nanotechnology patent in 2013. – 02. 02. internet.
- StatNano 2014: Ranked countries by EPO nanotechnology patents, 2013. – 02. 08. internet.
- StatNano 2015: Top 20 countries in production of nanoscience in 2014. – 01. 04. internet.
- SZALAVETZ A. 2006: Új Kondratyev-ciklus a láthatáron. A nanotechnológia gazdasági hatásai. – MTA Világ-gazdasági Kutatóintézet, Budapest, július. 7 p.
- TANIGUCHI, N. 1974: „On the Basis Concept of Nano-Technology of ”. Proc. Conf. Prod. Eng.Tokio, Part II. – Japan. Society Precision Engineering. pp. 18–23.