

Ezért a fotoszintetikus napenergia-hasznosításra irányuló kutatások elsődleges célja tárolható üzemanyag (hidrogén vagy folyékony szénhidrogén) közvetlen előállításának gazdasági tevékenységre nem alkalmas területeken, energiatermelésre optimalizált természetes vagy mesterséges rendszerekkel. A fotoszintetikus fényenergia-átalakítás mechanizmusának megértésében az utóbbi években elért áttörés, a szintetikus kémia, szintetikus

biológia és nanotechnológia területein bekövetkezett rohamos fejlődéssel együtt jó alapot szolgáltat arra, hogy a biológiai rendszerek által évmilliárdok óta sikerrel használt fényenergia-átalakítási mechanizmusok alkalmazhatók legyenek az emberiség energiaigényeinek közvetlen kielégítésére.

Kulcsszavak: *megújuló energia, napenergia-hasznosítás, fotoszintézis, hidrogéntermelés*

#### IRODALOM

- Deng, Ming-De – Coleman, John R. (1999): Ethanol Synthesis by Genetic Engineering in Cyanobacteria. *Applied and Environmental Microbiology*. **65**, 523–528. <http://aem.asm.org/cgi/content/short/65/2/523>
- Esper, Berndt – Badura, Adrian (2006): Photosynthesis as a Power Supply for (Bio-) Hydrogen Production. *Trends in Plant Science*. **11**, 543–549.
- Farkas István (2010): A napenergia hasznosításának hazai lehetőségei. *Magyar Tudomány*. **171**, 937–946. <http://www.matud.iif.hu/2010/08/05.htm>
- Kanan, Matthew – Nocera, Daniel G. (2008): In Situ Formation of an Oxygen-Evolving Catalyst In Neutral Water Containing Phosphate and CO<sub>2</sub>. *Science*. **321**, 1072–1075.
- Lewis, Nathan S. – Nocera, Daniel G. (2006): Powering The Planet: Chemical Challenges In Solar Energy Utilization. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. **103**, 15729–15735. <http://www.pnas.org/content/103/43/15729.full.pdf+html>
- Liu, Xinyao – Brune, D. – Vermaas, W. – Curtiss, R. (2010): Production and Secretion of Fatty Acids in Genetically Engineered Cyanobacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, published ahead of print, doi:10.1073/pnas.1001946107.
- National Research Council – National Academy of Engineering (2004): *The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs*. National Research Council – National Academy of Engineering, National Academies Press, Washington, D. C.
- Prince, R. C. – Kleshgi, H. S. (2005): The Photobiological Production of Hydrogen: Potential Efficiency and Effectiveness as a Renewable Fuel. *Critical Reviews in Microbiology*. **31**, 19–31.
- Sanderson, Katherine (2008): The Photon Trap. *Nature* **452**, 400–402. <http://www.nature.com/news/2008/080326/full/452400a.html>
- Tamagnini, Paula – Leitão, E. – Oliveira, P. – Ferreira, D. – Pinto, F. – Harris, D. J. – Heidorn, T. – Lindblad, P. (2007): Cyanobacterial Hydrogenases: Diversity, Regulation and Applications. *FEMS Microbiol. Rev.* **31**, 692–720. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1574-6976.2007.00085.x/pdf>
- Tard, Cédric – Liu, X. M. – Ibrahim, S. K. – Bruschi, M. – De Gioia, L. – Davies, S. C. – Yang, X. – Wang, L. S. – Sowers, G. – Pickett, C. J. (2005): Synthesis of the H-cluster Framework of Iron-Only Hydrogenase. *Nature*. **433**, 610–613. <http://www.nature.com/nature/journal/v433/n7026/abs/nature03298.html>
- Thorndike, Edward H. (1996): *Energy and the Environment. A Primer for Scientists and Engineers*. Addison-Wesley, Reading, MA.
- USDA/DOE Report (2005) *A Billion to Feedstock Supply for a Bioenergy and Bioproducts Industry*.
- Wijffels, René – Barbosa, Maria J. (2010) An Outlook on Microalgal Biofuels. *Science*. **329**, 796–799.
- Xu, Yunhua – Eilers, G. – Borgström, M. – Pan, J.-X. – Abrahamsson, M. – Magnuson, A. – Lomoth, R. – Bergquist, J. – Polívka, T. – Sun, L.-C. – Sundström, V. – Styring, S. – Hammarström, L. – Åkermark, B. (2005): Synthesis and Characterization of Dinuclear Ruthenium Complexes Covalently Linked to Ru-II Tris-bipyridine: An Approach to Mimics of the Donor Side of Photosystem II. *Chemistry A European Journal*. **11**, 7305–7314.

## AZ EURÓPAI UNIÓ TÉRKÉPI ÁBRÁZOLÁSA OPTIMÁLIS VETÜLETBEN

Györffy János Klinghammer István

egyetemi docens

egyetemi tanár, az MTA rendes tagja  
klinghammer@map.elte.hu

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék  
terkepi@ludens.elte.hu

A *geoinformatikai* rendszerek létrejötte megerősítette, hogy továbbra is a *térképek* maradnak a térbeli vonatkozások, összefüggések és eloszlások bemutatásának mással nem pótolható eszközei. Az EU politikai, gazdasági és igazgatási szervezetei nagy számban igényelnek jól áttekinthető *tematikus térképeket* a közösség társadalmi-gazdasági jelenségei térbeli összefüggéseinek ábrázolására. E térképeknek nemcsak a természeti földrajzi viszonyokról, az erőforrás-kutatás eredményeiről és a környezet állapotáról kell tájékoztatniuk, hanem az Unió népességéről, annak nemzeti, nyelvi és vallási eloszlásáról, a régiók területi kapcsolatairól, az országok foglalkozási szerkezetéről és gazdasági helyzetéről is.

Egy-egy ilyen térképnek az Unió területét úgy kell megjelenítenie a síkban, hogy a különböző régiók, sőt mind a 27 tagállam területe megfelelő módon összehasonlítható legyen egymással. Ne érje olyan szemrehányás a térképszerkesztőt, hogy a tagállamok együttes ábrázolásánál néhány ország hátrányára torzítja a valós térbeli viszonyokat, megváltoztatja a földgömbön látható képet, és ezzel sérti az ókortól ismert *hasonlósági elvet*: a gömbi kép és a síkba leképezett kép egymásnak megfelelését.

Vizsgálatunk arra irányult, hogy meghatározzuk a hasonlósági elvnek legjobban megfelelő, a legelőnyösebb torzulású *földrajzi vetületet* (Györffy – Klinghammer, 2004).

#### A vizsgálat módszere

A legalkalmasabb vetület kiválasztása három lépésben történt:

1. *Az ábrázolandó terület pontos körülhatárolása, és ehhez egy közelítő szabályos alapfelületi idom meghatározása* • A vetületi torzulási számításokhoz az Európai Unió területét szabályos geometriai idommal, kerek értékű hosszúsági és szélességi körökkel határolt *foktrapézzal* közelítettük. Javaslatunk egy olyan **G**-vel jelölt foktrapéz, amelyet délről a 35°, északról a 70° É-i szélességi (paralel-) kör, nyugatról a 10° Ny-i, keletről a 30° K-i hosszúsági kör (meridián) határol.<sup>2</sup> A középme-

<sup>1</sup> A tagállamoknak az európai kontinensre eső törzsterületére szorítkoztunk, hozzászámítva még a Brit-szigeteket és a Földközi-tenger szigetein fekvő országokat, így Máltát és Ciprust.

<sup>2</sup> E foktrapéz lényegében az Európai Unió egész törzsterületét tartalmazza, kivéve Írország, Norvégia és Finnország kisebb területrészeit, valamint Ciprust. Ez utóbbinak a foktrapézba való bevonása túl sok redundáns területet eredményezne, ezért mellékterképként illeszthető a térképlaphoz.



1. ábra • Az Európai Uniót magában foglaló G foktrapéz

ridián így a  $10^\circ$  K-i hosszúsági körre kerül (1. ábra).

2. A kiküszöbölendő torzulás(ok) kiválasztása és számszerűsítés(ük) módja • Vizsgálatunkba a kisméretarányú térképek szerkesztésénél alkalmazott földrajzi vetületeket vontuk be, ami indokolja a gömb alapfelület választásunkat.

Vetület kiválasztásánál tisztázni kell, hogy a térképen fellépő hossz-, szög- és területtorzulás közül melyiket tekintjük a térkép témája szempontjából hátrányosnak,<sup>3</sup> ezt ugyanis a lehető legkisebbre kell csökkenteni, esetleg teljesen kiküszöbölni. A különféle természet- és társadalomtudományi témákat felölelő EU-térképsorozat térképeit azonban célszerű egységes vetületi alapot használni, tehát nem ragaszkodni sem a területtartás, sem a szög- és területtartás előírásaihoz, vagyis az általános torzulású vetületek körében maradni. Ezért kell mindhárom torzulást, együttesen az ún. teljes torzulást egyidejűleg csökkenteni.

<sup>3</sup> A geofizikai és meteorológiai térképeknél például többnyire a szögtorzulás, a népességi és gazdasági térképeknél a területtorzulás, a közlekedési és hírközlési térképeknél a hossztorzulás a leghátrányosabb.

A torzulások kiértékeléséhez szükségünk van a hátrányos torzulásokat jellemző torzulási mérőszámok rögzítésére. A térkép egy adott  $\varphi$ ,  $\lambda$  földrajzi koordinátájú pontjában fellépő lokális hossz-, szög- és területtorzulásokat, amelyeket a térképek témái szempontjából egyaránt hátrányosnak tekintünk, a földrajzi koordináták által meghatározott  $a$  maximális és  $b$  minimális hossztorzulásból (a torzulási ellipszis nagy és kis féltengelyéből) lehet kiszámítani. A szögek torzultságának mértékét az  $Lr^2(a/b)$  mennyiség, a területek torzultságának mértékét az  $Lr^2(a \times b)$  mennyiség adja meg, míg a teljes torzultság mértéke ezek számtani közepéből származtatható:

$$E_K^2 = 1/2 \times [Lr^2(a/b) + Lr^2(a \times b)] = \frac{Lr^2(a) + Lr^2(b)}{2}$$

A térkép torzultságát a javasolt G ábrázolási tartomány (a  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  szélességi körök és a  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  hosszúsági körök által határolt foktrapéz) minden pontjában kiszámítható lokális  $E_K^2$  értékek összegességükben adják meg. Ezért az ábrázolandó terület viszonylag nagy kiterjedése, valamint a várhatóan fellépő nagy torzulások miatt kiszámítjuk G-re az  $E_K^2$  értékek átlagát, az  $E_K^2$ -et.

Ezzel az általánosan elfogadott  $E_K^2$  számértékkel, az ún. Airy–Kavrajcskij-kritériummal, illetve a négyzetgyökével, az  $E_K$  értékkel jellemezhetjük a G foktrapéz területét ábrázoló térképek vetületét. Amelyik vetületnél  $E_K$  kisebbnek adódik, azt tekintjük előnyösebb torzulásúnak<sup>4</sup> (Bugayevskij – Snyder, 1995).

3. A vetületi fokhálózat tulajdonságainak kiválasztása, majd a fokhálózat szabályszerűségének fokozatos „elhagyása” a torzulások csökkentése érdekében • A térképi fokhálózatba

<sup>4</sup> Az  $E_K$  minimumát variációs számítás segítségével az összes elméletileg létező vetület között keresve az ún. ideális vetülethez jutunk; egy jól körülírt vetülettípuson belül az ún. legjobb kartográfiai vetületet kapjuk.

igyekszünk az alapfelületi (gömbi) fokhálózati vonalak bizonyos tulajdonságait, így a fokhálózati vonalak körív voltát (határhelyzetben egyenesként), valamint az általuk bezárt szög merőlegességét átörökíteni. A fokhálózat elvárt jellege az Európai Uniónak mind az Egyenlítőtől, mind a pólustól távoli földrajzi elhelyezkedéséből következik, és ennek megfelelően a paralelköröket körívként célszerű megjeleníteni. Emellett a merőlegességet is szeretnénk megtartani.

Egy ilyen G foktrapéz alakú terület ábrázolására a vetülettörténeti hagyomány az egyenes meridiánképű valódi kúpvetületet javasolja. (Más megoldás, például a Rigobert Bonne [1727–1795] féle képzetes kúpvetület jóval ritkábban fordul elő.) Az általános torzulású valódi kúpvetületek közül a leggyakrabban a meridiánban hossztartó vetületeket alkalmazzák. Ennek az egy paralelkörben hossztartó, Klaudiosz Ptolemaiosztól (kb. 90–kb. 170) származó változatához képest előnyösebb a két paralelkörben hossztartó, Guillaume De’Isle (1675–1726) nevéhez fűződő megoldás.<sup>5</sup>

A számítástechnika felhasználásával kifejlesztett modern vetülettani módszerek azonban lehetővé teszik jóval kedvezőbb torzulású vetületek létrehozását is. Ha lemondunk a fokhálózat szabályszerűségének bizonyos elemeiről, akkor a torzulások átlaga jelentősen csökkenthető; ugyanakkor e kevésbé szabályos vetületek előreláthatólag matematikailag bonyolultabbak lesznek. Eközben a torzulások eloszlása is megváltozik: az erősebb torzulások a térkép szélei felé húzódnak.

Az egyik lehetőség szerint: megtartva a paralelkörök képeinek kör voltát, de lemond-

<sup>5</sup> Ez a vetület alkalmasan választott hossztartó szélességek esetén a tradicionális vetülettan által ajánlott legjobb megoldás az Európai Unió ábrázolására.

va a fokhálózati merőlegességről, megengedjük, hogy a meridiánképek görbe vonalak lehessenek. Így koncentrikus képzetes kúpvetületet kapunk.

A másik lehetőség: ragaszkodunk a fokhálózati merőlegességhez, de lemondunk a továbbra is kör alakú paralelkör-képek koncentrikusságáról. Ez a póluspontos ortogonális pszeudopolikónikus vetület (Györffy, 2002)

Ha mind az ortogonalitásról, mind a koncentrikusságról lemondunk, az általános pszeudopolikónikus vetülethez jutunk.

Végül elhagyjuk a paralelkörök képeinek köralakját is, a fokhálózatban az egyszeres szimmetrián kívül semmilyen szabályszerűség sincsen. Ilyen vetületek közül választva ki a legkisebb átlagos teljes torzultságút, ideális vetületet kapunk (Györffy – Klinghammer, 2004). (1. táblázat)

A legjobb földrajzi vetületek az Európai Unió területének ábrázolására

Természetesen a vetületválasztásnál nem az átlagos teljes torzultság minimalizálása az egyetlen torzulási jellegű szempont. Törekszünk a megmaradó torzulások viszonylag egyenletes eloszlására, és a fellépő maximális torzulások csökkentésére is. Emellett esztétikai szempontokat is célszerű figyelembe venni; például a szélső meridiánok zavaró összetartását szeretnénk enyhíteni a G foktrapéz déli peremén.

Célunk, hogy a felsorolt (1)–(5) vetületcsoportokon belül kiválasszuk a legelőnyösebbet az Európai Unió ábrázolásához. Közben figyelemmel kísérjük az átlagos teljes torzultság csökkenését, és izovonalakkal szemléltetjük a  $2\omega = 2 \times \arcsin[(a-b)/(a+b)]$  pontonkénti maximális szögtorzulás és a  $T = a \times b$  pontonkénti területtorzulás térképi eloszlását. A vizsgált öt vetület G foktrapézra vonatkozó legfonto-

	az $E_K$ átlagos teljes torzultság	a $2\omega_{max}$ legnagyobb szögtorzulás	a $T_{min}$ legkisebb területtorzulás	a $T_{max}$ legnagyobb területtorzulás	a határoló meridián $\mu$ konvergenciája a $35^\circ$ -os szélességen
(1) De l'Isle-féle kúpvetület	0,0100	$2,35^\circ$	0,984	1,042	$27,9^\circ$
(2) a legjobb koncentrikus képzetes kúpvetület	0,0078	$2,23^\circ$	0,990	1,029	$26,0^\circ$
(3) a legjobb ortogonális pszeudopolikónikus v.	0,0044	$0,91^\circ$	0,990	1,025	$13,0^\circ$
(4) a legjobb általános pszeudopolikónikus v.	0,0040	$0,80^\circ$	0,992	1,017	$13,0^\circ$
az ideális vetület	0,0037	$0,73^\circ$	0,992	1,015	$13,2^\circ$
Bonne-féle vetület	0,0110	$3,99^\circ$	1,000	1,000	$11,5^\circ$

1. táblázat

sabb paramétereit táblázatban foglaltuk össze: az  $E_K$  átlagos teljes torzultságot, a  $2\omega$  maximális szögtorzulás G-n felvett  $2\omega_{max}$  legnagyobb értékét, a  $T$  területtorzulási modulus G-n felvett legkisebb  $T_{min}$  és legnagyobb  $T_{max}$  értékét, és végül a meridiánok összetartását jellemző azon  $\mu$  szöget, amely a  $60^\circ$ -os meri-

diánhoz a  $35^\circ$ -os szélességen húzható érintőnek a hálózati É-iránnyal bezárt szöge.

Az Európai Unió területének ábrázolása kor tehát az átlagos teljes torzultság a hagyományosan alkalmazott (1) *De l'Isle-féle* vetülettől az (5) *ideális* vetület felé haladva erőteljesen csökkenthető. Táblázatunk szerint a G foktrapézoon fellépő torzulások alapján az (5) *ideális vetület* a legkedvezőbb, de nem sokkal marad el mögötte a (4) *általános pszeudopolikónikus* és a (3) *ortogonális pszeudopolikónikus* vetület, sőt ez utóbbiak a meridiánkonvergencia tekintetében még valamivel előnyösebbek is nála. Emellett a (3) vetület fokhálózata a legszabályosabb, és vetületi függvényei mindössze öt együtthatót tartalmaznak.<sup>6</sup>

#### Konklúzió

Képi megjelenése és torzulási viszonyai, valamint alkalmazhatósági szempontok alapján

<sup>6</sup> További előnye az ortogonális pszeudopolikónikus vetületnek az, hogy az inverz vetületi egyenletek is felírhatók explicit alakban, ami a geoinformatikai alkalmazásoknál előnyös.

tehát az unió térképeihöz az optimálisnak tekintett (3) *póluspontos ortogonális pszeudopolikónikus vetület* alkalmazását javasoljuk

(Györfly, 2002). (A 2. ábra a szimmetriatengelytől balra a szögtorzulásokat, attól jobbra pedig a területtorzulásokat szemlélteti.)

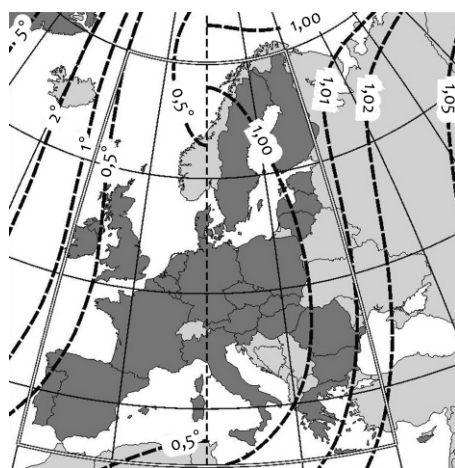
Kulcsszavak: *hasonlósági elv, térképvetület, Európai Unió térképe*

#### IRODALOM

Bugayevskij, L. M. – Snyder, J. P. (1995): *Map Projections. A Reference Manual*. Taylor and Francis, London  
Györfly János (2002): Rectangular Pseudopolyconic Projection for Geographical Maps. In: *Studia Car-*

*ologica*. 13–22. <http://lazarus.elte.hu/hun/digkonyv/sc/sc12/01gyj.pdf>

Györfly János – Klinghammer István (2004): Die kleinmaßstäbige Darstellung von Europa in Projektionen geringster Verzerrung. In: *Kartographische Nachrichten*, 6, 54. 262–268.



2. ábra • Az Európai Unió térképének szög- és területtorzulási viszonyai ortogonális pszeudopolikónikus vetületben