

# A SZÉN-DIOXID-ADÓ TORZÍTÓ HATÁSA AZ ENERGETIKÁBAN

Reményi Károly

az MTA rendes tagja  
remenit@freemail.hu

## *Bevezetés*

Az üvegházhatású gázok klímaváltozásban betöltött szerepe széles körben, mind a tudományban, mind a társadalomban vitatott, és rendkívül költséges téma. A viták eredményeként született kiotói jegyzőkönyv, a szén-dioxid és az egyéb GH-gázok szén-dioxid-egyenértékre számolt mennyiségének korlátozását tűzte ki célul. Több mint tízévesi összegyűlt tapasztalat után megállapítható az egyezmény teljes csődje. Jelentős hatás, hogy a gazdasági értékelhetőséget is torzította, mind az erőművek létesítése, mind a későbbi üzemeltetési költségek vonatkozásában. A szén-dioxid-adó az alapproblémán nem változtat, mert a szennyezők kvótát vásárolnak, és tovább szennyeznek, a fogyasztó meg fizet.

## *A szén-dioxid az életünk része*

A szén-dioxid-kereskedelem kiterjesztése nem segíti az éghajlat védelmét. Az EU kibocsátás-kereskedelmi rendszere (EU ETS) nem csökkentette a kibocsátásokat, és akadályozza más, hatékony eszközök bevezetését. Az Európai Uniónak kivásárlás (offsetting) nélkül kellene 2020-ra 40%-kal csökkentenie kibocsátásait 1990-hez képest.

A CO<sub>2</sub>-csökkentést célul kitűző mozgalmakat értékelve Kiotótól egyenes volt az út

Koppenhágáig és tovább Cancunig, Durbanig. A legnagyobb probléma a megegyezések feltételeinek megalapozatlanságában van. A fosszilis energiahordozók jövőbeni szerepe, Kína és India fejlődése, a természeti közvetlen (megújuló) drágasága és korlátai stb. átgondolatlanságot tükröznek.

A szén-dioxid nem szennyezőanyag. Különösen bántóak azok az erőműi „környezet-szennyezést” bemutató fényképek, amelyek a hűtőtornyokból (illetve kéményekből) kiáramló gőz látványával igazolják a nagymértékű „szennyezést”. Sajnos ilyen képek rendkívül elterjedtek mind a tudományos, mind a népszerűsítő médiában.

A környezettel való kapcsolatban a tüzelőanyagok szerepének ismerete a levegő-összetételre való hatásuk miatt jelentős feladat.



*1. ábra • Megtévészto erőműi környezet-„szennyezés”*

A legfontosabb folyamatok: a fotoszintézis, a talaj légzése, a fosszilis tüzelőanyagok égése-tüzelése, az óceánok CO<sub>2</sub>-felvétele és az óceánokban folyó fotoszintézissel járó légzés. A tüzelőanyagok energetikai hasznosításánál, az emberi tevékenységnél a cél a hőfejlesztés, amikor az adott tüzelőanyag összetételének figyelembevétele (az energiateherfejlesztési reakció) alapvetően fontos a ténylegesen felhasznált oxigénmennyiség megismerése szempontjából. Erre az O<sub>2</sub>/MJ jellemző alkalmas.

A reakciófolyamatok ismeretében az 1. táblázatban foglalt paraméterek számíthatók.

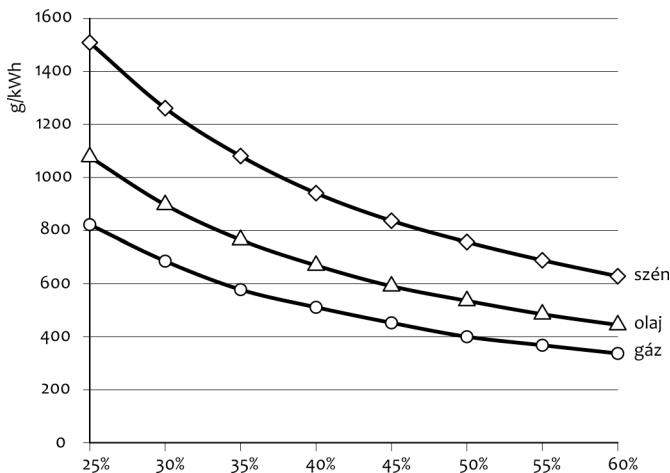
A szén-dioxid-kibocsátás az energetikai hatásfok növelésével csökkenthető (Gács et al., 2014).

Az utóbbi évtizedekben a tudományos, a gazdasági és a politikai körök a klímaváltozással kapcsolatosan igen merész kijelentése-

ket tettek. Újabban azonban már egyre inkább abba az irányba változik a klimatológusok véleménye, hogy a CO<sub>2</sub>-növekedés miatti felmelegedés csak néhány tized fok lesz, annyi, amennyivel a légkör energiamegkötő képessége növekszik (ezt már leírtam korábban). Sokak szerint ez az energianövekedés elegendő lehet arra, hogy a kis légköri katasztrófák számának csökkenése mellett a nagyok száma növekedjék. A légkörről részletes, régiókénti energetikai számítások még nem ismeretesek, amelyek alátámasztanák ezt az elméletet. A még nem teljes mértékben igazolt jelenséget véleményem szerint nem a kis, hosszú távú, átlagos hőmérséklet-emelkedéssel, hanem a rövidciklusú, nagy értékekkel lehet magyarázni. Ha így van, akkor ezt a hatást, a néhány tized fokos hosszabb távú átlagos hőmérséklet-emelkedés helyett, a

fosszilis tüzelőanyag	fűtőérték (MJ/kg)	fajlagos oxigénigény (10 <sup>6</sup> ×O <sub>2</sub> mól/MJ)
H <sub>2</sub>	121	2066
C	32,808	2538
CH <sub>4</sub>	54,9	2279
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	48,8	2326
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	48,0	2334
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	45,4	2326
antracit C 86%, H 3,7%	35,3	2540
lignit C 19,7% H 1,7% O 8,5%	8,52	1813
biológiai anyagok		
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (glükóz)	21,2	1573
CH <sub>4</sub> O (metanol)	27,4	1710
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O (etanol)	32,9	1980
kérges fa C 47%, H 6%, O 43% (nedvesség- és hamumentes)	18,1	1492

1. táblázat



2. ábra • Az energetikai hatások szerepe

rövid idejű (pl. éves), rövid ciklusú, a globálisnál lényegesen nagyobb mértékű (akár több fokos) hőmérséklet-emelkedések (3. ábra) okozhatják.

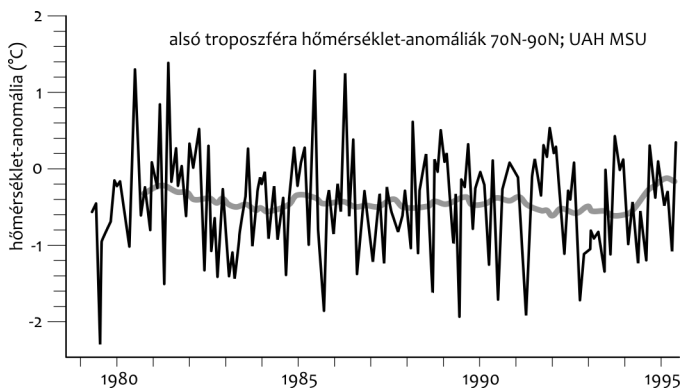
Például 1995–1996-ban az oszcilláció elérte a közel 3 K-t. Ez, ha valóban a légkör globális hőmérsékletéről lenne szó, a belső energiában óriási hőmennyiség-változást jelentene. A légkör hőmérsékletváltozása egy nagy, globális hőerőgép folyamatának fogható fel. (E felfogás melletti és ezt vitató érvek is léteznek.) A légkör adatait felvéve 1 K hő-

mérsékletváltozás energiaértéke: A légkör tömege:  $5,2 \times 10^{18}$  kg. Fajhő:  $1,007 \text{ kJ/kgK}$   $\rho_{\text{levegő}}: 0,1995 \text{ kg/m}^3$

A hurrikánok energiájának becslésére két módszer létezik:

- a légköri vízcseppek kondenzációjából felszabadult energia;
- a hurrikán erős szélörvényében rejlő energia.

Egy 60 km sugarú, 40 m/s sebességű hurrikán disszipációjából, a kinetikus módszerrel számítható energia:  $1,3 \times 10^{17}$  Joule/nap.



3. ábra • A hőmérséklet oszcillációja

erőmű	hatásfok (%)	fajlagos hőfogyasztás (GJ/MWh)	fajlagos kibocsátás (tCO <sub>2</sub> /MWh)
széntüzelésű gőzerőmű	25 – 44	14,4 – 8,2	1,56 – 0,88
fűtőolaj gőzerőmű	28 – 36	12,9 – 10,0	1,02 – 0,79
földgáz gázturbina	22 – 38	14,9 – 10,5	0,90 – 0,52
földgáz gőzerőmű	30 – 44	12,0 – 8,2	0,66 – 0,45
földgáz gáz – gőz	48 – 58	7,5 – 6,2	0,41 – 0,34

2. táblázat • A villamosenergia-fejlesztés szén-dioxid-kibocsátása

A légkör 1 K lehülésekor a hőenergia-változás:

$$Q_{\text{lev}} = 5,2 \times 10^{18} \times 1007 = 5,24 \times 10^{21} \text{ Joule/K}$$

Ennyi energia 40 300 hurrikánnapot jelent. Ha egy hurrikán hatvan napot él, akkor ez 672 hurrikánra elegendő. Egyszerű számítással bemutattuk, hogy a rövid távú hőmérséklet-oscillációk keletkezésének vagy okozásának a légkör energetikai folyamatai alapul szolgálhatnak. Nincsenek részletes elemzések, de például az 1988–1990-es és az 1995–1996-os nagy hőmérséklet-oscillációs időszakokban erős hurrikán-tevékenység is volt.

A villamosenergia-fejlesztés szén-dioxid-kibocsátásának megadóztatásával a különböző tüzelőanyag-fajták esetén a villamos energiát jelentős költség terheli. Ennek kiszámítása egyszerű, de a kvóták és piaci hatás miatt ezen értékektől a valóság jelentősen eltér.

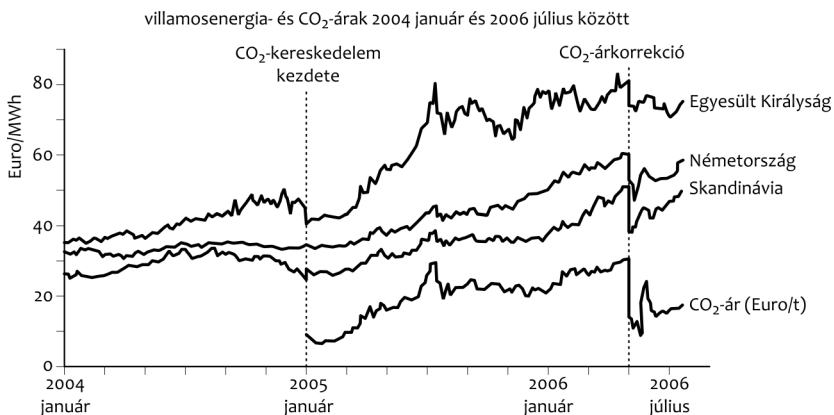
A szén-dioxid-piac a 2004-es évben indult. A különböző országok eltérő szabályozása következtében az árakban is eltérés van (4. ábra, IEA 2007).

Az energiapiac mozgásában jelentős különbségek tapasztalhatók. Egyes szakaszokban akár ellentétes trend is létezett, például 2004 második félévében. (5. ábra, IEA 2007)

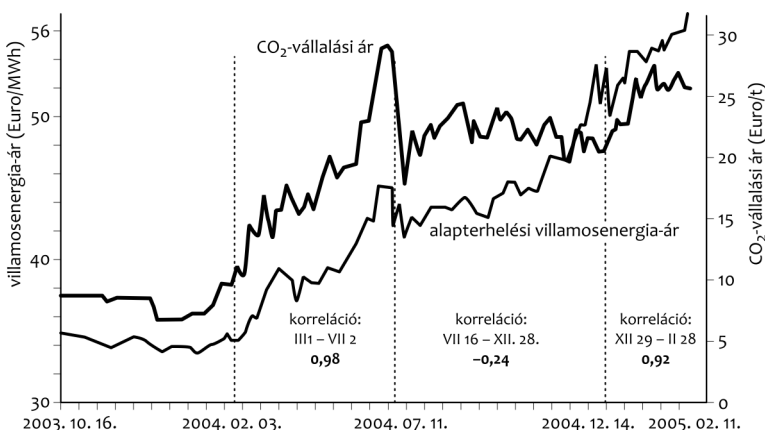
A 6. ábra azt mutatja, hogy az ár az európai határidős piacon 15–30 euró között ingadozott 2005–7 között, amikor a rendszer kísérleti fázisban volt. Az ár a kiadott kvóták miatt 2005-ben közeledik nullához. 2008-tól ezek az engedélyek nem érvényesek. A második kiosztás után a határidős piacon az ár ~20 euró/tCO<sub>2</sub>. A piaci ár 2008 június végén közelítette a 30 euró/t értéket; leesett, és ismét emelkedett, 22 euró/t értékre augusztusban.

erőmű	átlagos fajlagos kibocsátás (tCO <sub>2</sub> /MWh)	CO <sub>2</sub> -ár (Euro/t)			
		5	10	20	30
széntüzelésű gőzerőmű	1,22	6,1	12,2	24,4	36,6
fűtőolaj gőzerőmű	0,905	4,53	9,1	18,2	27,2
földgáz gázturbina	0,71	3,55	7,1	14,2	21,3
földgáz gőzerőmű	0,56	2,8	5,6	11,2	16,8
földgáz gáz – gőz	0,38	1,9	3,8	7,6	11,4

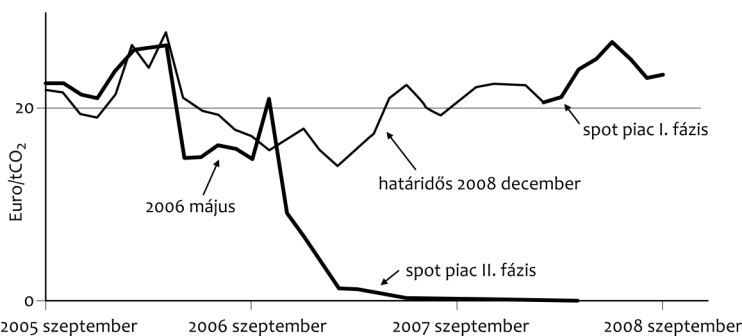
3. táblázat • A villamosenergia-fejlesztés fajlagos szén-dioxid-kibocsátásának költsége a villamos energia árában, euróban



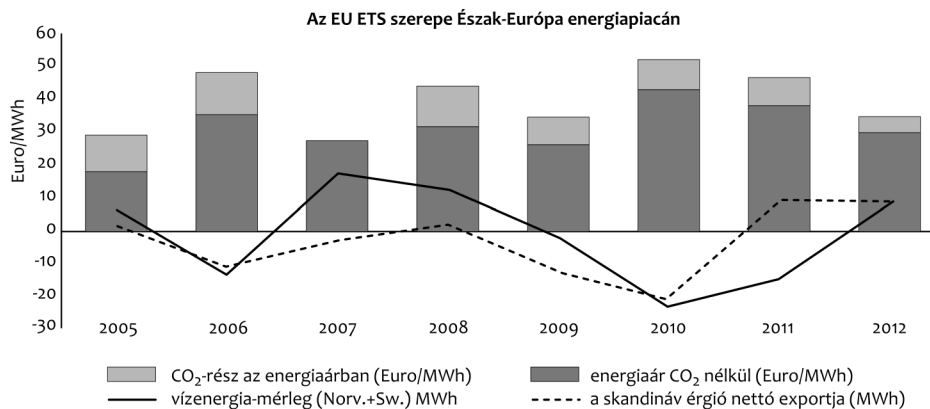
4. ábra • A szén-dioxid-piac kezdeti szakasza



5. ábra • A szén-dioxid és a villamos energia árváltozása



6. ábra • A vásárlási mód hatása az árra



7. ábra • Észak- Európa energiapiacán az árak alakulása a szén-dioxid-kibocsátás okozta többletköltségek figyelembevételével

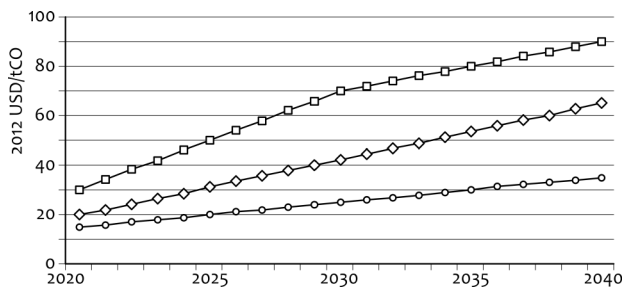
Az utóbbi években, Észak-Európában a szén-dioxidnak az energiaárakra való tényleges hatása a 7. ábrán látható. A hatást a CO<sub>2</sub>-piacon kívül a rendszerben üzemelő erőművek fajtája, terhelése stb. befolyásolja (Mauritzen, 2013).

*Skandináv energiabehelyzet a 2005–2012 közötti években (megjegyzések a 7. ábrához)*

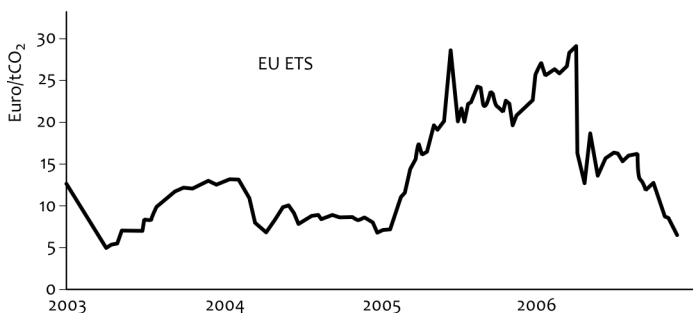
- 2005: többlet, a CO<sub>2</sub>-hatás fokozatosan megszűnik a villamos energia árában
- 2006: hiány és erős CO<sub>2</sub>-hatás
- 2007: többlet és a CO<sub>2</sub> hatása majdnem nulla

- 2008: többlet és kábelkimaradások, kisebb a CO<sub>2</sub> hatása 1 H rendszernél, 2 H rendszer normalizálásával normál CO<sub>2</sub>-hatás
- 2008: közel normális hidrológia és normális CO<sub>2</sub>-hatás
- 2010: jelentős hiány és teljes CO<sub>2</sub>-költség-hatás
- 2011: jelentős hiány 1 H-nál, és normalizált hidrológia 2 H-nál, normális CO<sub>2</sub>-hatás
- 2012: kevés hidrológiai többlet és némileg kis CO<sub>2</sub>-hatás

Az árak az USA-ban általában alacsonyabbak. A záró ár az első árverésen 2008 szeptemberében 3,07 \$/tCO<sub>2</sub> volt.



8. ábra • Az intézkedések hatása az árprognózisokra



9. ábra • A megjósolhatatlan szén-dioxid-árváltozás 2003–2006 (Forrás: Poirt Carbon)

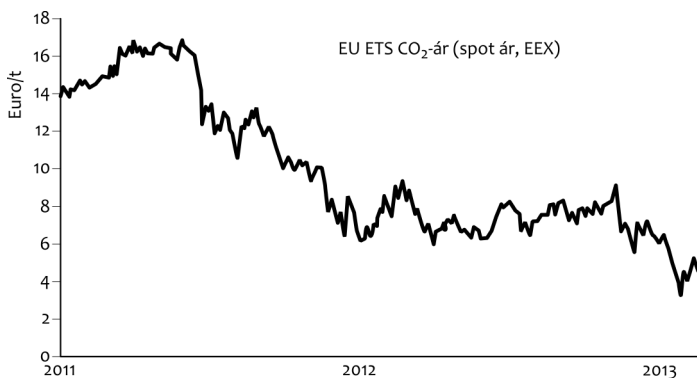
Az árak jövőbeni alakulására található elemzések gyakran igen nagy eltérést adnak. Azonban általában emelkedést várnak, amire az eddigi piaci viselkedés nem ad szilárd alapot. Az USA helyzetére vonatkozó elemzés látható a 8. ábrán.

A 8. ábra három feltételezett esetre ad prognózt a 2020–2040 közötti időszakra (Wilson, 2012). Az alacsony, közepes és magas kibocsátástrendek, a végrehajtott intézkedések függvényében változnak. A magas kibocsátás a jelenlegi helyzet folytatását, a közepes kisebb fejlesztéseket, míg az alacsony radikális intézkedéseket feltételez. Megjegyezve, még ez az alacsony ár is jelentős többletköltséget jelen-

tene a villamos energia árában. Remélhetőleg a jövőben a szén-dioxid-kibocsátás szerepének túlértékelése jelentősen mérséklődik.

A piaci viszonyok kiszámíthatatlanságára jól jellemző az EU ETS árváltozási diagramjai a 2003–2006 és a 2011–2013 közötti időszakban (9. ábra, IEA, 2007 és 10. ábra).

A szén-dioxid-árváltozások mutatják, hogy nem lehet egyszerű számításokkal követni a trendet. Az árváltozás nem egyértelmű. Függ a rendszerben lévő erőművek által használt tüzelőanyag fajtájától, azaz, hogy miként változtatjuk például az üzemben lévő széntüzelések vagy gáztüzelések számát. 2005 júliusáig ez talán benne volt a rendszerben. Ké-



10. ábra • A megjósolhatatlan szén-dioxid-árváltozás 2011–2013

CO <sub>2</sub> -kibocsátás	1990	2012	1990 (40%)	2030	2013–2030
magyar helyzet	68 Mt/év	42,64 Mt/év	27,2 Mt/év	40,8 Mt/év	1,84 Mt/év
EU*	4,3 Gt/év	3,74 Gt/év	1,73 Gt/év	2,59 Gt/év	1,15 Gt/év
világ	24 Gt/év	35 Gt/év	9,6 Gt/év	14,4 Gt/év	20,6 Gt/év

4. táblázat (\* EU 1990-ben 12 tag, 2013-tól 28 tag)

sőbb azonban a támogatási rendszerek belépésével a szállítók magatartása jelentősen változott.

Magyarországon az ipar lényeges leépülésével a szén-dioxidra vonatkozó nemzetközi előírások teljesítése nem jelentett problémát. Így van ez a legutolsó, 2014. 10. 23-i EU csúcstalálkozón elfogadott megállapodásban előírtakkal is.

A megállapodás értelmében a tagállamok kötelezően, kikényszeríthető módon az 1990-es szinthez képest legalább 40%-kal mérsékelik CO<sub>2</sub>-kibocsátásukat, 27%-kal növelik a megújuló forrásokból származó energia arányát energiatermelésükben, és szintén 27%-kal javítják az energiafelhasználás hatékonyságát.

A CO<sub>2</sub>-célkitűzések Magyarországon gyakorlatilag már teljesültek, Európában elérhetőek, de világviszonylatban szóba sem jöhetnek. A másik két előírás teljesítése kétértelmű, és gazdaságilag jelentős hátrányt okoz.

### Összefoglalás

A világ energiaigényének legnagyobb részét a jövőben is a fosszilis tüzelőanyagok biztosítják. Ez azt jelenti, hogy a légkörbe jelentős

mennyiségű szén-dioxid kerül, bár újrahasznosítására erőteljes fejlesztéseket folytatnak. Ezek a fejlesztések hasznosak, nem úgy a fosszilizsekből történő energiafejlesztés nagymértékű megadóztatása. Nincs egyértelműen, tudományosan igazolva az, hogy az emberi tevékenység következtében kibocsátott szén-dioxidnak jelentős szerepe lenne a klímaváltozásban. A klíma változása e földi rendszer elkerülhetetlen sajátja. A szén-dioxidnak az energiaköltségekben betöltött szerepe az adott pillanatban működő rendszer ismeretében is nehezen határozható meg. Az energiapiac és a CO<sub>2</sub>-piac két külön intézmény, a saját törvényeik szerint működnek. Természetesen léteznek közöttük bizonyos kapcsolatok. A jövőben talán a tudományos érvek erőteljesebb hatása következtében a szén-dioxidnak a klímaváltozásban betöltött szerepe jobban tisztázódik, gyengül, és ekkor a piac jelentősége is gyengül, vagy megszűnik. Új elven működő piac jöhet létre, ha újrahasznosítás révén a CO<sub>2</sub> értékes alapanyagga válik.

Kulcsszavak: *szén-dioxid, szén-dioxid-adó, szén-dioxid-kvóta*

### IRODALOM

Europe. Nordic Power Production. Hydro, • <http://www.hydro.com/upload/Investor%20relations/Hydro%20-%20Bjorn%20Kjetil%20Mauritzen.pdf>  
Gács Iván – Buzea K. – Gebhardt G. – Sándor Cs. (2014): *Villamosenergia-termelés és CO<sub>2</sub>-kibocsátás*. • [www.emet.hu/files/cikk3101\\_MET\\_Eromu\\_Forum\\_2012\\_Gacs.pdf](http://www.emet.hu/files/cikk3101_MET_Eromu_Forum_2012_Gacs.pdf)

Ha-Duong, M. (2009): Value of Carbon: Five Definitions. In: Cleveland, Cutler J.: *Encyclopedia of Earth*. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Env., Washington DC • <http://www.eoearth.org/view/article/156823/>  
IEA (2007): *CO<sub>2</sub> Allowance & Electricity Price Interaction. Impact on Industry's Electricity Purchasing Strategies in Europe*. IEA Information Paper. OECD/



IEA • [https://www.boell.de/sites/default/files/assets/boell.de/images/download\\_de/oekologie/5,jr\\_price\\_interaction.pdf](https://www.boell.de/sites/default/files/assets/boell.de/images/download_de/oekologie/5,jr_price_interaction.pdf)

Mauritzen, Bjørn Kjetil (2013): *Impacts of the EU/ETS in Northern*

Tihanyi László – Horánszky Beáta (2012): Európai trendek a szén-dioxid-kibocsátás területén. *Műszaki Földtudományi Közlemények*. 83, 1, 249–257. • [http://](http://www.mataraka.hu/koz/ISSN_1417-5398/83k_isz_2012/ISSN_1417-5398_83k_isz_2012_249-257.pdf)

[www.mataraka.hu/koz/ISSN\\_1417-5398/83k\\_isz\\_2012/ISSN\\_1417-5398\\_83k\\_isz\\_2012\\_249-257.pdf](http://www.mataraka.hu/koz/ISSN_1417-5398/83k_isz_2012/ISSN_1417-5398_83k_isz_2012_249-257.pdf)  
Wilson, Rachel – Luckow, P. – Biewald, B. – Ackerman, F. – Hausman, E. (2012): *Carbon Dioxide Price Forecast*. Synapse, Cambridge, MA • <https://www.idahopower.com/pdfs/AboutUs/PlanningForFuture/irp/2013/OctMtgMaterials/SynapseReportCO2Forecast.pdf>

