

Dr. Kiss Ernő*

A szén-dioxid-kibocsátás és a gazdasági fejlődés közötti összefüggések elemzése a környezeti Kuznets-görbe tükrében

Elméleti rész

A környezeti Kuznets-görbe (Environmental Kuznets Curve, EKC) alap gondolata, hogy a környezet szennyeződése a bruttó hazai termék (Gross Domestic Product, GDP) növekedésével kezdetben nőni fog, de ha elér egy bizonyos küszöbértéket a GDP további növekedésével a környezetszennyeződés csökkenni fog. Ez az összefüggés hasonló a közgazdaságban ismert Kuznets-görbével, amely a jövedelemegyenlőtlenséget (Income Inequality) ábrázolja a GDP függvényében [1]. Ezeket az összefüggéseket fordított U-alakú görbékkel alkalmas ábrázolni, tehát másodfokú polinommal: $y = ax^2 + bx + c$, ahol az $a < 0$. Hasonló összefüggésről számolt be Grossman és Krueger az 1990-es évek első felében a környezetterhelés (környezet szennyező anyagok) és a bruttó hazai termék között [2–4]. A ma ismeretes elnevezés, EKC azonban nem Grossman és Kruegertől, hanem Panayotou-tól ered [5].

A környezetterhelés a GDP növekedésével növekedni fog egy bizonyos küszöbértékig és ezután a környezetterhelés csökkenő irányúvá válik. A küszöbérték koordinátái függő viszonyban vannak a szennyező anyagok fajtájától, valamint a gazdaság szerkezetétől, de az EKC maximális értékét leggyakrabban akkor fogja elérni, mikor a GDP eléri a 8000 USD [4] (1. ábra).

* Dr. Kiss Ernő, nyugalmazott egyetemi tanár, Újvidéki Egyetem, Technológiai Kar, Újvidék



1. ábra.

A környezeti Kuznets-görbe, EKC

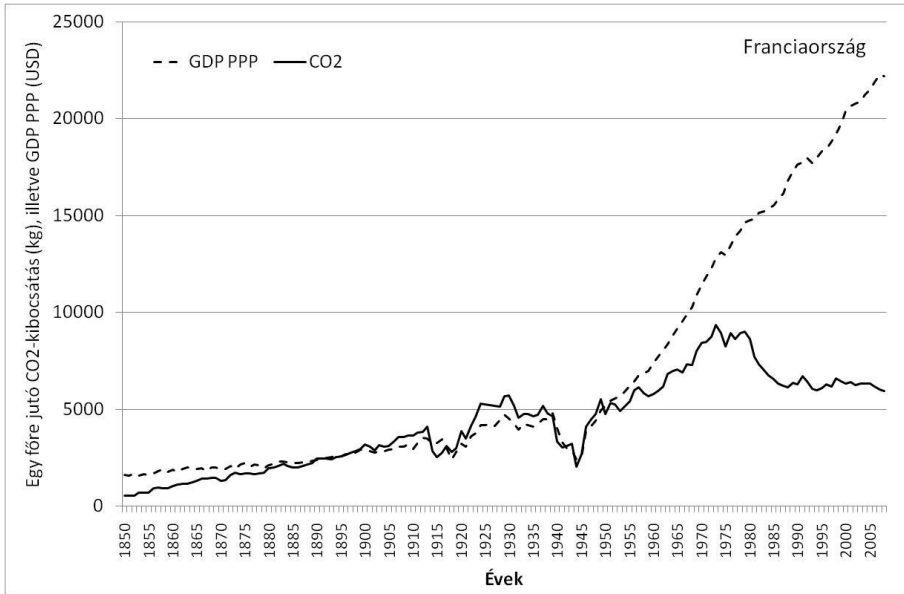
A jelenséget többféleképpen lehet magyarázni. A gazdagabb társadalmak/országok megengedhetik maguknak, hogy különböző berendezésekkel a környezetszennyező anyagokat eltávolítsák vagy, hogy környezetkímélőbb technológiákat alkalmazzanak. A kutatások folyamán észrevették, hogy a környezetterhelést a GDP függvényében gyakran egy elhúzott N-alakú görbe pontosabban ábrázolja, mint a fordított U-alakú görbe [6]. Az elhúzott N-alakú görbét matematikailag egy harmadfokú polinommal lehet ábrázolni, $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$. Az EKC függvényt kutatók ma gyakran alkalmazzák a másodfokú és a harmadfokú polinomokat is. E szerint jár el e tanulmány is, habár a két modell között lényeges különbség van. A másodfokú polinom egyértelműen arra utal, hogy a GDP bizonyos értékénél a környezetterhelés már csak csökkenő irányú lehet. Ezzel szemben a harmadfokú polinom függvénye arra utal, hogy a környezetterhelés a GDP bizonyos értékénél eléri a maximumot, majd a GDP növekedésével csökkenő irányúvá válik, ha azonban a GDP továbbra is növekszik a környezetterhelés is növekedni fog.

A tanulmányban a szén-dioxid-kibocsátás szolgált alapul, mivel a szén-dioxid-kibocsátás az energiatermelésben, a szárazföldi, vízi, és légi közlekedésben elkerülhetetlen (*1. táblázat*). Általánosan közzismert, hogy a szén-dioxid a globális felmelegedés legjelentősebb meghatározója. A tanulmány a világhálón megtalálható adatok alapján készült 19 tetszőle-

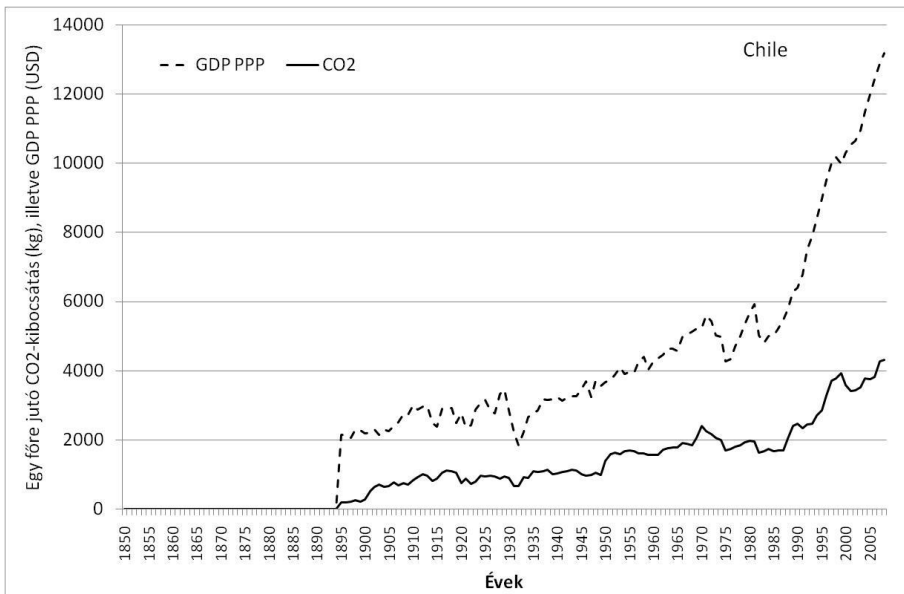
gesen kiválasztott országról (*Historical Statistics of the World Economy: 1-2008 AD*). A tanulmány jobb áttekinthetősége érdekében a munkában megjelenő négy táblázat az eredmények megvitatása után következik.

Az eredmények megvitatása

A tanulmány első része a szén-dioxid-kibocsátás és a GDP időbeli függvényére összpontosított. A szén-dioxid-kibocsátás és a GDP értékek változásának alapján a tanulmányozott országokat két csoportba soroltam be (2. táblázat). Az első csoportba (2. ábra) azok az országok kerültek, ahol a klasszikus EKC görbe kialakulásának a feltételei megvannak. Ugyanis a diagramokon világosan szemlélhető, hogy a GDP növekedésével növekszik a szén-dioxid-kibocsátás egy bizonyos határértékig, de ezután a szén-dioxid-kibocsátás csökkenő értéket mutat, noha az évek múlásával a GDP továbbra is növekszik. Ilyen értéket mutat: Belgium, Kanada, Dánia, Franciaország, Németország, Japán, Hollandia, Portugália, Spanyolország, Svédország, Svájc, Egyesült Királyság, Egyesült Amerikai Államok. A második csoportban (3. ábra) azok az államok találhatók, ahol a GDP növekedéssel folyamatosan növekszik a szén-dioxid-kibocsátás, név szerint: Ausztrália, Brazília, Chile, Új-Zéland, Norvégia, Uruguay. Természetesen ez a tény nem azt jelenti, hogy a szén-dioxid-kibocsátást a GDP függvényében nem lehetne másodfokú polinommal ábrázolni, hanem csak azt, hogy az esetleges parabola jobboldali szárnya hiányzik. Ugyanakkor ez a tény rámutat arra, hogy a szén-dioxid esetében a küszöbérték megjelenése elmaradhat, megjelenése esetében pedig a küszöbérték nagyon széles tartományban mozog (2. táblázat).



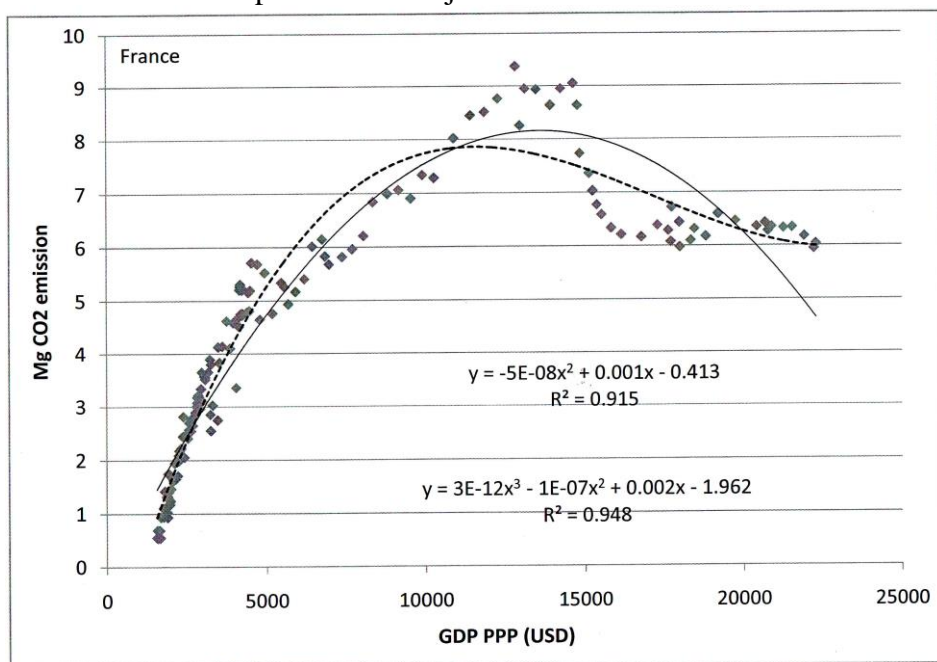
2. ábra
A szén-dioxid-kibocsátás és a GDP értékei az idő függvényében (Franciaország)



3. ábra
A szén-dioxid-kibocsátás és a GDP értékei az idő függvényében (Chile)

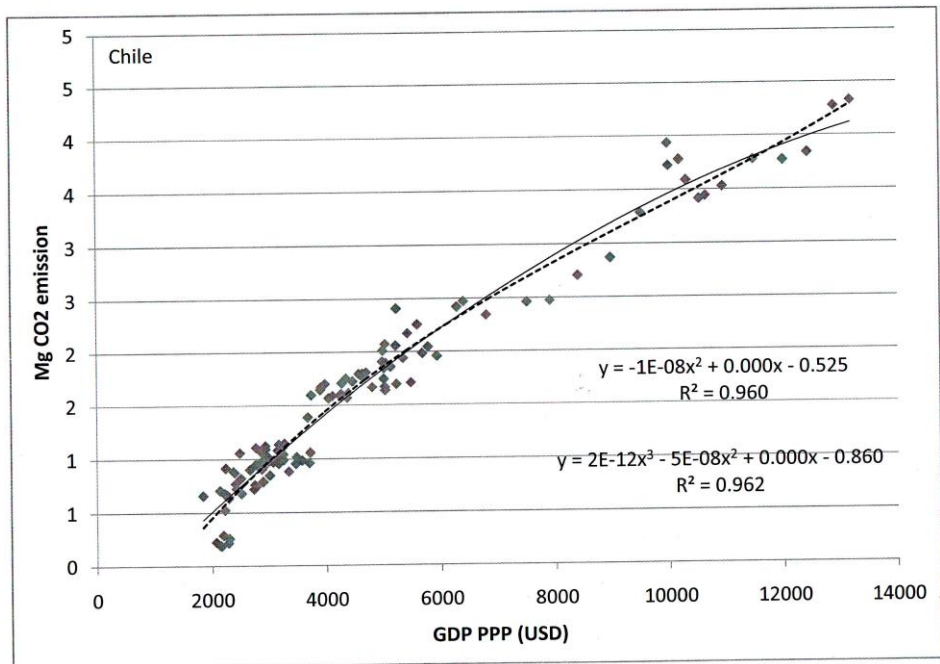
A tanulmány második része a szén-dioxid-kibocsátás és a GDP összefüggését tárgyalja, mint másod-, illetve harmadfokú polinomot (3. táblázat). A 19 országból, mint másodfokú polinom nagyon magas korrelációt 14 ország mutatott ($DE=0,9-1$), magas korrelációt 3 ország ($DE=0,7-0,9$), közepes korrelációt pedig 2 ország ($DE=0,4-0,7$). A 19 országból, mint harmadfokú polinom nagyon magas korrelációt 17 ország mutatott, közepes korrelációt pedig 2 ország mutatott. Tehát a szén-dioxid-kibocsátás és a GDP összefüggést formálisan nézve a harmadfokú polinom jobban ábrázolja. Érdekes kihangsúlyozni, hogy a szén-dioxid-kibocsátás és a GDP összefüggés közepes korrelációt mutatott úgy másodfokú, mint harmadfokú polinom egyenletével az Egyesült Királyság és Uruguay esetében, noha a két ország gazdaságtörténelme és gazdasági struktúrája jelentősen különbözik (4. táblázat).

A 4. ábra Franciaország, a 5. ábra pedig Chile szén-dioxid-kibocsátás és a GDP összefüggés diagramjait mutatja be, mint másod-, illetve harmadfokú polinom formájában.



4. ábra.

A szén-dioxid-kibocsátás a GDP függvényében (Franciaország)



5. ábra

A szén-dioxid-kibocsátás a GDP függvényében (Chile)

Állam	CO ₂ -emisszió (tonna)	GDP (I\$)	Fosszilis energia, %	Nukleáris és megújuló energia, %	Energia-felhasználás (kg olajjegyenérték)
Ausztrália	16,9	39.048	98,5	1,5	5.561
Belgium	9,9	39.215	79,1	20,9	5.576
Brazília	2,1	13.759	85,3	14,7	1.362
Chile	4,2	18.235	93,9	6,1	1.803
Dánia	8,3	41.811	96,4	3,6	3.480
EAÁ/USA	17,5	48.377	88,3	11,7	7.162
EK/UK	7,8	35.924	91,3	8,7	3.216
Franciao.	5,5	35.873	54,8	45,2	4.016
Hollandia	10,9	44.748	98,3	1,7	5.021
Japán	9,2	33.916	82,8	17,2	3.916
Kanada	14,6	39.972	78,2	21,8	7.381
Németo.	9,1	39.557	86,8	13,2	4.033
Norvégia	11,6	57.739	68,7	31,3	6.614

Portugália	4,9	26.927	89,6	10,4	2.226
Spanyolo.	5,7	32.354	80,7	19,3	2.743
Svájc	4,9	51.327	60,7	39,3	3.348
Svédország	5,6	41.731	58,9	41,1	5.472
Új-Zéland	7,2	30.336	67,6	32,4	4.187
Uruguay	1,9	16.160	82,0	18,0	1.238

1. táblázat

Az egy főre jutó CO₂-kibocsátás, GDP és energiafelhasználás 2010-ben

Forrás:

CO₂-emisszió,

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_carbon_dioxide_emissions (2015. 02. 28.)

GDP, <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD> (2015. 02. 28.)

Energia, <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.CL.ZS> (2015. 02. 28.)

Az EKC nagyon bonyolult összefüggést tanulmányoz. A kapott eredmények, noha nem egyértelműek, mégis a szén-dioxid-kibocsátás és a GDP közötti összefüggés nem elhanyagolható. Az összefüggés kimutatható olyan országokban is, amelyeknek gazdaságtörténelme, gazdasági és energia struktúrája, továbbá jövedelemelosztása egymáshoz viszonyítva jelentősen különbözik.

Államok	Küszöbérték (I\$), és a küszöbérték megjelenésének éve
Ausztrália	Nem jelent meg, noha a GDP elérte a 25.000 I\$ 2006-ban
Belgium	13.640 I\$, 1979-ben
Brazília	Nem jelent meg, noha a GDP értéke a 6.500 I\$ 2006-ban
Chile	Nem jelent meg, noha a GDP elérte a 13.000 I\$ 2006-ban
Dánia	12.500 I\$, 1970-ben
EAA/USA	16.500 I\$, 1973-ban
EK/UK	10.710 I\$, 1968-ban
Franciao.	9.290 I\$, 1973-ban
Hollandia	14.780 I\$, 1978-ban
Japán	11.270 I\$, 1973-ban
Kanada	16.380 I\$, 1980-ban
Németo.	14.180 I\$, 1979-ben
Norvégia	Nem jelent meg, noha a GDP értéke elérte a 28.400 I\$

	2006-ban
Portugália	14.000 I\$, 2002-ben
Spanyolo.	19.820 I\$, 2005-ben
Svájc	18.370 I\$, 1973-ban
Svédország	13.040 I\$, 1969-ben
Új-Zéland	Nem jelent meg, noha a GDP értéke elérte a 19.000 I\$ 2006-ban
Uruguay	Nem jelent meg, noha a GDP értéke elérte a 10.000 I\$ 2006-ban

2. táblázat

CO₂-kibocsátás/GDP függvény küszöbértéke (I\$), és a küszöbérték megjelenésének éve

Megjegyzés: I\$, International dollár (Geary–Khamis dollár, USD mint PPP /Purchasing Power Parity/ Vásárlóerő-paritás)

Államok	Másodfokú polinom	DE	Harmadfokú polinom	DE
Ausztrália	$y = -3E-08x^2 + 0,001x - 4,480$	0,980	$y = 3E-13x^3 - 4E-08x^2 + 0,001x - 4,819$	0,980
Belgium	$y = -6E-08x^2 + 0,001x + 1,131$	0,824	$y = 5E-12x^3 - 2E-07x^2 + 0,003x - 3,207$	0,908
Brazília	$y = 1E-08x^2 + 0,000x - 0,098$	0,976	$y = -8E-12x^3 + 8E-08x^2 + 0,000x - 0,043$	0,980
Chile	$y = -2E-08x^2 + 0,000x - 0,734$	0,963	$y = 1E-12x^3 - 4E-08x^2 + 0,000x - 0,837$	0,964
Dánia	$y = -4E-08x^2 + 0,001x - 2,318$	0,972	$y = -1E-12x^3 + 2E-09x^2 + 0,001x - 1,457$	0,976
EAÁ/USA	$y = -5E-08x^2 + 0,001x + 1,543$	0,898	$y = 2E-12x^3 - 1E-07x^2 + 0,002x + 0,166$	0,916
EK/UK	$y = -4E-08x^2 + 0,000x + 5,261$	0,496	$y = 4E-12x^3 - 2E-07x^2 + 0,002x + 1,102$	0,679
Franciao.	$y = -5E-08x^2 + 0,001x - 0,413$	0,915	$y = 3E-12x^3 - 1E-07x^2 + 0,002x - 1,962$	0,948
Hollandia	$y = -4E-08x^2 + 0,001x - 1,868$	0,981	$y = 3E-13x^3 - 5E-08x^2 + 0,001x - 2,137$	0,981
Japán	$y = -2E-08x^2 + 0,000x - 0,895$	0,967	$y = -1E-12x^3 + 2E-08x^2 + 0,000x - 0,621$	0,970
Kanada	$y = -5E-08x^2 + 0,001x - 0,313$	0,943	$y = 2E-12x^3 - 1E-07x^2 + 0,002x - 1,047$	0,951
Németo.	$y = -9E-08x^2 + 0,002x - 1,128$	0,922	$y = 4E-12x^3 - 2E-07x^2 + 0,003x - 3,137$	0,940
Norvégia	$y = -1E-08x^2 +$	0,938	$y = 5E-13x^3 - 3E-08x^2$	0,943

	$0,000x + 0,137$		$+ 0,000x - 0,239$	
Portugália	$y = 1E-08x^2 + 0,000x + 0,031$	0,988	$y = -1E-13x^3 + 2E-08x^2 + 0,000x + 0,041$	0,988
Spanyolo.	$y = -1E-08x^2 + 0,000x - 0,643$	0,989	$y = 1E-12x^3 - 4E-08x^2 + 0,000x - 0,953$	0,990
Svájc	$y = -7E-09x^2 + 0,000x - 0,476$	0,938	$y = -7E-13x^3 + 2E-08x^2 + 0,000x + 0,065$	0,943
Svédország	$y = -4E-08x^2 + 0,001x - 1,285$	0,904	$y = -5E-13x^3 - 2E-08x^2 + 0,001x - 0,997$	0,905
Új-Zéland	$y = -5E-09x^2 + 0,000x + 0,011$	0,897	$y = 9E-13x^3 - 3E-08x^2 + 0,000x - 0,158$	0,900
Uruguay	$y = -1E-07x^2 + 0,001x - 4,053$	0,629	$y = 3E-11x^3 - 7E-07x^2 + 0,005x - 10,34$	0,698

3. táblázat

CO₂-kibocsátás a GDP függvényében

Megjegyzések: E-a = 10^{-a} (pl. E-08 = 10⁻⁸); DE = Determinációs együttható (Értéke 0 és 1 között). Ha kicsi, akkor a regressziós becslés nem nagyon magyarázza meg az Y változó viselkedését, ám ha 1-hez közeli, akkor a regresszió jónak minősíthető)

Államok	Mezőgazdaság	Ipar	Szolgáltatás	Gini együtt.	Év
Ausztrália	4,0	27,3	68,8	0,305	2012
Belgium	0,7	22,3	77,0	0,33	2012
Brazília	5,5	27,5	67,0	0,527	2011
Chile	5,1	41,8	53,1	0,508	2010
Dánia	4,5	19,1	76,4	0,24	2012
EAA/USA	1,2	18,8	80,0	0,411	2011
EK/UK	0,6	21,0	78,4	0,38	2014
Franciao.	1,9	18,3	79,8	0,327	2012
Hollandia	2,8	24,1	73,1	0,309	2012
Japán	1,2	27,5	71,4	0,381	2012
Kanada	1,7	28,5	69,8	0,337	2012
Németo.	0,9	29,1	70,0	0,306	2012
Norvégia	2,2	45,1	52,7	0,258	2009
Portugália	2,4	23,1	74,5	0,385	2013
Spanyolo.	2,6	25,3	72,1	0,347	2013
Svájc	1,3	27,7	71,0	0,337	2012
Svédország	1,8	27,4	70,8	0,25	2012
Új-Zéland	6,5	16,5	77,0	0,362	2013
Uruguay	7,5	21,5	71,0	0,413	2013

4. táblázat

GDP megoszlása ágazatonként (%-ban), illetve az országspecifikus Gini együttható

Megjegyzés: A Gini együttható az elosztás egyenlőtlenségének mértéke, 0 értéke teljes egyenlőséget fejez ki, az 1 érték pedig teljes egyenlőtlenséget.

Forrás: https://www.google.rs/?gws_rd=cr,ssl&ei=QhxjVeXDAuT8ywP4woL4DQ#q=GDP+composition+by+sector (2015. 05. 25.)

Következtetések

A kapott eredmények nem egyértelműek, de mégis a szén-dioxid-kibocsátás és a GDP közötti összefüggés nem elhanyagolható. Az összefüggés kimutatható olyan országokban is, amelyeknek gazdaságtörténelme, gazdaságának felépítése, primer energia megoszlása és felhasználása, valamint jövedelemelosztása egymáshoz viszonyítva jelentősen különbözik.

A tanulmány eredménye alapján a szén-dioxid-kibocsátás és a GDP közötti összefüggést egy harmadfokú polinom eredményesebben ábrázolja, mint egy másodfokú polinom.

Néhány tanulmányozott ország esetében a szén-dioxid küszöbértékének megjelenése elmaradt, megjelenése esetében pedig a küszöbérték nagysága nagyon széles tartományban mozgott.

Megjegyzés: A statisztikai adatok feldolgozásáért köszönettel tartozom Dr. Kiss Ferencnek.

Felhasznált irodalom:

1. S. Kuznets, "Economic Growth and Income Inequality", *The American Economic Review*, XLV,1, p. 1–28, (1955).
2. G.M. Grossman, A.B. Krueger, "Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement", National Bureau of Economic Research Working Paper 3914. NBER. Cambridge, MA, 1991.
3. G.M. Grossman, A.B. Krueger, "Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement", In P. Garber (Eds), *The Mexico-US Free Trade Agreement*, pp.13–56, MIT Press, Cambridge, MA, 1993.
4. G.M. Grossman, A.B. Krueger, "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (2): 353–377, (1995).
5. T. Panayotou, "Empirical tests and policy analysis of environmental degradation of different stages of economic development", International Labor Office Working Paper WP238, Geneva, 1993.

6. E. Magnani, "The Environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution", *Ecological Economics*, 32 (3) 431–443 (2000).

The relationship between carbon dioxide emissions and economic development in the light of the environmental Kuznets curve

Summary

The study aims to investigate the functional relationship between carbon dioxide emissions and GDP (gross domestic product) based on historical data from 19 countries. The results are not unambiguous. However, the relationship that exists between carbon dioxide emissions and GDP is not negligible. This relationship is evident even though the investigated countries differ significantly in terms of their economic history, economy, energy consumption, distribution of social goods. The results show that the relationship between carbon dioxide emissions and economic development could be described more successfully with a third degree polynomial than by a second degree polynomial. The critical threshold of carbon dioxide emissions was not observed in some countries. In some countries a critical threshold is observable; however, its value was significantly different between the countries.

Израчување везе између емисије угљен-диоксида и економског развоја у светлу еколошке Кузњецове криве

Извод

Студија обухвата 19 земаља. Добијени резултати нису једнозначни. Међутим, веза која постоји између емисије угљен-диоксида и БДП (брuto домаћег производа) није занемарљива. Ова веза је евидентна и у таквим земљама чија се економска историја, привредна и енергетска структура, потрошња, расподела друштвених добара међусобно знатно разликују. Добијени резултати показују да веза између емисије угљен-диоксида и економског развоја успешније је описана полиномом трећег него полиномом другог реда. Критични праг емисије угљен-диоксида код неких држава није регистрован, а у случају појаве његова вредност се креће у врло широким границама.