

A mezőgazdasági szén-dioxid-kibocsátást befolyásoló legfőbb tényezők vizsgálata

GYARMATI GÁBOR

Kulcsszavak: mezőgazdasági CO₂-kibocsátás, a mezőgazdaság hozzáadott értéke, CO₂-kibocsátást meghatározó tényezők, fenntarthatóság
JEL-kód: Q10, Q40, Q56

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A 21. századi mezőgazdaságban a fenntarthatóság világszerte kiemelt jelentőséggel bír, ezért kezeli többek között az EU is prioritásként ezt a kérdést. A szakirodalmi adatok alapján a mezőgazdaság felelős a CO₂-kibocsátás egy – ha nem is túl nagy – szeletéért. A klímaváltozásért elsősorban az üvegházhatású gázok tehetők felelőssé, amelyek közül a szén-dioxid mennyisége a legjelentősebb. A mezőgazdaság CO₂-kibocsátása (ami a teljes CO₂-kibocsátás 7,7-13,8%-át teszi ki) és a mezőgazdaság által kibocsátott összes üvegházhatású gáz együttes mennyisége (ami a teljes kibocsátás 14-18,4%-át adja) nagyon hasonló módon változott világviszonylatban a vizsgált időszakban, vagyis 1990 és 2016 között. Mind az állati eredetű termékek előállítás, mind a műtrágya használata növeli a CO₂-kibocsátást.

A jelen vizsgálat legfőbb célja annak megállapítása volt, hogy milyen tényezők határozzák meg a mezőgazdasági termelés CO₂-kibocsátását – hiszen a mezőgazdaság CO₂-kibocsátására ható tényezők feltárásával lehetőség nyílik lépéseket tenni a fenntarthatóság növelése érdekében. A kutatás a rendelkezésre álló világbanki és egyéb adatbázisokat felhasználva, több évtized adatait áttekintve vizsgálta országonként és országcsoportonként ezen tényezőket és az egyes tényezők kapcsolatát. A statisztikai módszerekkel feltárt összefüggések segítséget nyújtanak a szakembereknek, illetve a döntéshozóknak abban, hogy megtalálják azokat a beavatkozási lehetőségeket, melyekkel pozitívan befolyásolhatják a klímaváltozás megfékezését elősegítő folyamatokat. A megművelt területek optimális, kevesebb CO₂-kibocsátással járó használata mindenképpen javasolt. Az állattenyésztés korlátozása és a kapcsolódó melléktermékek mennyiségének mérséklése szintén csökkenti a káros gázok kibocsátását, ezenkívül érdemes a trágyahasználatot is optimalizálni, megszüntetve az ideálisnál nagyobb mennyiségek felhasználását.

BEVEZETÉS

Az ember tevékenysége révén hat a környezetre, amely visszahat rá. E tevékenység során mondhatjuk, hogy negatív egyenleg keletkezik. Az egyik alaptevékenység, amellyel károkat okozunk, a mezőgazdasághoz kötődik – ez a tevékenységi kör azonban szükséges, hiszen az élelmiszerek termelése az életben maradás feltételeként

értelmeződik. A mezőgazdasági munkával is összefüggésbe hozható környezeti terhelés egyik komponense az üvegházhatású gázok (ÜHG) – így például a CO₂ – kibocsátása. A fenntarthatósági tanulmányok szerint az ökológiai lábnyom fogalmának bevezetése az egyik lehetőség arra, hogy az okozott károkat mérhetővé tegyünk, és előrejelzéseket készítsünk a jövőre vonatkozóan. A rendelkezésre álló adatok alapján

azt látjuk, hogy a föld népessége jelentősen nőtt az elmúlt évtizedekben, és az egy főre jutó igények is emelkednek, miközben a „kínálati oldalon” a föld kapacitásai 51%-kal csökkentek (Somogyi, 2009).

A fenntarthatóság kérdésének vizsgálata kiterjed a gazdaság, a társadalom, a környezet stb. területére is. Csete László 2005-ös meghatározása szerint a fenntarthatóság „szemlélet-, gondolkodás-, élet-, termelési, valamint fogyasztási mód, amely felöleli az emberi létezés valamennyi dimenzióját, a természeti erőforrásokhoz való viszonyát, a gazdaságot és a társadalmat”. A mezőgazdasági tevékenység alapját a középpontban álló, természeti környezetre épülő erőforrások adják. Optimális esetben a mezőgazdaság nem éli fel erőforrásait, sőt gazdagíthatja is a környezetet (Csete, 2005: 6); a valóságban azonban ez nagyon ritka, a mai iparszerű termelésnél inkább csak törekedni lehet rá. Ezt az optimális helyzetet igyekszik megvalósítani a biodinamikus termelés, de ez a mezőgazdasági termelésnek csupán egy nagyon szűk szegmensét teszi ki. E szemlélet alapjaként Rudolf Steiner 1924-ben kidolgozott egy olyan rendszert, amelyben lehetőség van pozitívvá alakítani az egyenleget, azaz a kiinduló állapotnál kedvezőbb állapotot elérni a gazdálkodás eredményeként (Steiner, 1999). Ez a szemlélet a nem biodinamikus környezetben is jelen lehet, és teret kaphat a termelés során.

2016-ban az üvegházhatású gázok összesített kibocsátása a földön 49,4 milliárd CO₂-egyenérték volt, amelynek 18,4%-a a mezőgazdasági tevékenységek során keletkezett. (A mezőgazdaság az élelmiszeriparral együtt az összes kibocsátás negyedéért felelős.) Részletesebb bontásban az arányok a következőképpen alakulnak:

- füves területek: 0,1%,
- szántóföldek: 1,4%,
- erdőirtás: 2,2%,
- növényégetés: 3,5%,
- rizstermesztés: 1,3%,
- talajok: 4,1%,

- állattartás és trágyázás: 5,8% (Ritchie, 2020).

A mezőgazdaságban a CO₂-kibocsátás elsődlegesen a földhasználatból, a földhasználat esetleges változásaiból és az erdőgazdálkodásból ered; ide tartozik az erdőirtás, az erdőirtás során felszabaduló CO₂ légkörbe jutása, a fakitermelés és az erdőpusztulás, a váltóműveléshez kötődő tevékenységek, továbbá az erdőtelepítést megelőző fakitermelés vagy a művelés alól történő kivonás is (Le Quére et al., 2017).

A statisztikai adatok szerint az üvegházhatású gázok teljes kibocsátásának a CO₂-kibocsátás 1970 és 2012 között átlagosan 59,11%-át, 1990 és 2010 között pedig 58,2%-át tette ki (The World Bank, 2020). Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) jelentése szerint az utóbbi időszakban – tehát 1990 és 2010 között – a teljes CO₂-kibocsátásnak átlagosan 11,8%-áért volt felelős a mezőgazdaság (FAO, 2018b).

Tekintettel arra, hogy a mezőgazdaság által kibocsátott üvegházhatású gázok között is dominál a szén-dioxid, ennek, illetve az ezt befolyásoló főbb tényezőknek a vizsgálata a tudomány és a döntéshozók számára egyaránt tanulságokkal szolgálhat, valamint elősegítheti, hogy a mezőgazdasági tevékenységek fenntarthatóvá tételével kapcsolatban megalapozottabb döntések szülessenek.

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS: A FENNTARTHATÓSÁG ÉS KIEMELT TÉNYEZŐI

A Brundtland-bizottság 1987-es jelentése szerint a jelen szükségleteit úgy kell kielégíteni, hogy ezzel nem veszélyeztetjük a jövő generációk szükségleteinek kielégíthetőségét. A fenntartható fejlődés három lába a gazdasági, a környezeti és a szociális láb (Közös jövőnk, 2008). A természeti erőforrásokkal úgy kell gazdálkodnunk, hogy egyrészt azok tartósan a rendelkezésünkre

állhassanak, másrészt kiszolgálhassák a növekvő népesség igényeit, és mindeközben ne kerüljön veszélybe a biológiai sokszínűség. Fontos kiemelni, hogy a természeti tőke mással nem helyettesíthető, emiatt annak mértéke hosszú távon nem csökkenhet (Csete, 2009; Gó, 2013). Ezt úgy értelmezhetjük, hogy bár az emberi lét és az emberi gazdálkodás együtt jár azzal, hogy inkább károsítjuk a környezetet, mint építjük (gondolhatunk itt például a légszere és annak egyenlegére is), a szükségtelen károsítás mértékét minimalizálni kell. Ebben az esetben bízhatunk abban, hogy hosszú távon élhető marad az emberi környezet. Bozsik és Magda (2010) meghatározása szerint a fenntarthatóság a gazdasági fejlődés nettó hasznának maximalizálását jelenti úgy, hogy eközben figyelembe vesszük a szolgáltatások és a természeti erőforrások minőségének hosszú távú fenntartását is. Pálvölgyi és Csete (2011) a felsorolt három (nettó haszon, szolgáltatás, ill. természeti erőforrás minősége) tényezőt kiegészíti az emberi tényezővel, amelyet meglátásuk szerint figyelembe kell venni az egyensúly érdekében. Ezzel egyetért Magda S. és Magda R. (2009), valamint Csete M. (2011) is.

A fenntarthatóság szigorú koncepciója szerint a felsorolt tényezők nem helyettesíthetők egymással, míg az engedékenyebb felfogás szerint a helyettesíthetőség elképzelhető (Gyulai, 2013). Más megközelítésben a gyenge fenntarthatóság esetében a természeti tőke és az ember alkotta mesterséges tőke helyettesítése lehetséges, erős fenntarthatóság esetén azonban nem (Mészáros, 2010; Szilávik és Csete, 2005a).

Grossman és Krueger (1995) felismerték, hogy az egy főre jutó jövedelem szintjének változása hatással van a környezetszennyezés mértékére: a jövedelem emelkedésével az alacsony jövedelmű országokban nőtt, míg a gazdagabb országokban csökkent a levegő kén-dioxid-, illetve légszennyezőanyag-tartalma. A jövedelem szintje tehát hatással van a környezet állapotára. Ennek

hátterében az állhat, hogy az iparosodott gazdaságok különféle (mezőgazdasági és szolgáltatási) szektorainak eltérő a szennyezési intenzitása. A nemzeti jövedelem növekedése csökkentheti a környezeti terhelést. Igazolták, hogy kezdetben a gazdasági fejlődéssel nő a környezetszennyezés, majd egy ponton átfordulva csökken.

A fenntarthatóságra vonatkozó irányzatok mindegyikének célja, hogy hosszú távon a termelés több szempontból nézve életképes legyen. Ezen irányzatok azonban figyelmen kívül hagyják a föld növekvő népességét – annak ellenére, hogy a földre gyakorolt környezeti hatás egyértelműen egyenes arányban áll a népesség számával. Másrészt a társadalmi, gazdasági különbségek negatívan hatnak a fenntarthatóságra, hiszen az egyenlőtlenség okozta feszültségek elterelik a figyelmet a fenntarthatóságról, és a rövid távú túlélés mint elsődleges cél ilyen körülmények között könnyen háttérbe szorít más szempontokat (Mészáros és Hajdu, 2012).

A fenntartható mezőgazdasági termelés iránti elvárás növekedésével párhuzamosan középpontba kerül a mezőgazdaság multifunkcionalitása is. Ennek következtében cél a víz- és talajerőforrások megóvása, az energiafelhasználás fenntarthatóságának biztosítása, az élelmiszer-biztonság, valamint a vidék szerepének megőrzése (Giber és Dinya, 2021).

A fenntarthatóság legnagyobb akadályai, hogy a talaj- és vízhasználat irracionális, a talaj degradációja, a biomassza pazarlása, a vízzel kapcsolatos anomáliák, mint pl. árvíz, belvíz, aszály, a növények tápanyagellátásának észszerűtlensége és a talajszennyező(őd)és jelen van (Németh és Várallyay, 2015).

Amennyiben szervezeti oldalról vizsgáljuk meg a kérdést, az látszik, hogy Dombi et al. (2012) kutatása és szakirodalom-feltárása alapján a szervezeti igények közül a területi igények, a helyi jövedelem keletkezése, az új munkahelyek keletkezése,

az esetleges költségnövekedés és az egyéb káros környezeti hatások jelentik azokat a tényezőket, amelyek a légszennyezést és az energiahatékonyságot megelőzik. E tényezők megléte és előtérbe kerülése jelentős súlyú.

A fenntarthatóság biztosításához szükségesek a helyi kezdeményezések (Baják és Töröcsvári, 2009; Szlávik és Csete, 2005b; Csete, 2006; Dinya, 2011), ennek ellenére azonban Mészáros (2011) úgy látja, hogy ezek nem elegendőek ahhoz, hogy megfelelően gyors változást lehessen velük elérni, emiatt közép- és felsőszintű támogatókat kell megnyerni és ezáltal döntéseket kikényszeríteni ahhoz, hogy a társadalmi, gazdasági és környezeti fenntarthatóság normáit el lehessen érni.

A környezeti fenntarthatósághoz hozzátartozik az is, hogy milyen növénykultúrát használnak a termelésben. Stagnari és társai (2017) megállapították, hogy a hüvelyes növények fontos szerepet játszhatnak a fenntarthatóságban. Azok alapvető és világszerte elterjedt, kiváló minőségű élelmiszer- és takarmányforrásként szolgálnak, ezenkívül hozzájárulnak az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez is, mivel 5-7-szer kevesebb üvegházhatású gázt bocsátanak ki területenként a többi növényhez képest.

Scherer és társai 2018-as vizsgálatukban arra jutottak, hogy a mezőgazdaság fenntarthatóságának szempontjából a legnagyobb lehetőségek azokban a szegmensekben rejlenek, amelyek a betakarítási időszak különbségeit veszik alapul, illetve a vízhasználat optimalizálására építenek – azaz a betakarítás időbeni eltolásával, többféle növény termesztésével, illetve az ideális vízfelhasználással, víztárolással sokat lehet javítani a fenntarthatóság mértékén. Négy fenntartható módszer (többféle növény egyidejű termesztése, talajművelés nélküli gazdálkodás, optimális vízhatékonyságú öntözés és az emberi fogyasztásra alkalmas takarmánynövények termesztésének elha-

gyása) elterjesztésével mérsékelni lehetne a föld, a víz és a talaj használatát, miközben az élelmiszer-biztonság növekedhetne.

Ugyanakkor a fenntartható rendszerek több más területen való fejlődéssel is együtt járnak, például a technikai, termelési folyamatokhoz kapcsolódó fejlesztések is szükségesek ahhoz, hogy fenntartható legyen a gazdálkodás, valamint az optimális megoldás keresése során figyelembe kell venni a rendelkezésre álló ökológiai, illetve társadalmi feltételeket is. Tudatosan kell kiválasztani a megfelelő technológiákat, eljárásokat, mert ha ezekkel nem élnek – a tapasztalatok alapján –, a gazdálkodók kiszorulnak a piacról, eredményességük csökken, és ezzel a fennmaradásuk is veszélybe kerül (Takácsné, 2020).

Vizsgálat tárgya lehet, hogy az egyes (társadalmi, gazdasági, környezeti stb.) tényezők között van-e kapcsolat, és ha igen, milyen jellegű, hiszen egymást kölcsönösen kizáró feltételek esetén nem lehet megfelelni egyszerre minden kritériumnak. Balogh és Jámbor 2017-ben vizsgálta az egyes tényezők kapcsolatát. Kutatásuk tárgya a CO₂-kibocsátás, a gazdasági növekedés, az idegenforgalom, a pénzügyi fejlődés, az energiafelhasználás, a kereskedelem és a mezőgazdaság kapcsolata volt. Eredményeik szerint az egy főre jutó GDP és a CO₂-kibocsátás pozitív kapcsolatot mutatott. Az ipari szektor nagysága – nem meglepő módon – az összgazdaságon belül is növeli a környezeti terhelést. A mezőgazdaság szerepét tekintve a szerzőpáros becslése azt mutatta, hogy bár a mezőgazdaság fejlődése általánosságban a környezetszennyezés csökkenésével jár együtt, a mezőgazdaság termelékenységének növekedése globális szinten növeli a környezetszennyezést. A nemzetközi turizmus és kereskedelem kiterjesztése a légköri CO₂ kibocsátásának növekedésével is fokozhatja a környezet pusztulását. Érdemes megemlíteni ezenkívül, hogy a vizsgálat eredményei alapján a pénzügyi fejlődés a tőkenövekedés és a

technológiai hatékonyság fejlődése miatt feltételezhetően csökkenti a légszennyezést. Amennyiben a lokális piacra való termelést, a bioüzemanyagok, a megújuló energiaforrások használatát helyezzük előtérbe, csökken a környezetterhelés (Balogh és Jámbor, 2017).

Kerekes (2020) a várossűrűség és a közlekedés emissziójának egymásra hatását vizsgálta, és úgy találta, hogy a nagyobb várossűrűség egy főre vetítve csökkenti az emissziót, azonban egyúttal az életminőséget is csökkenti, ami nem szerencsés, illetve társadalmi szempontból nem fenntartható.

Másfelől a megújuló energiaforrások közül a biomassza rendelkezik a legnagyobb hatékonysággal, valamint ez az az energiaforrás, amelyet a leginkább költséggazdaságos módon lehet hasznosítani. Hasonló jelentőséggel bírnak a növénytermesztés fő- és melléktermékei, illetve azok hulladékai, melyek 8%-os részaránnyal vannak jelen az összes megújulóenergia-felhasználáson belül, valamint a geotermikus energia, amelynek részesedése közel 10%. Utóbbi esetben elmondható, hogy a hazai mutatók kedvezőbbek, mint a világszerte, így érdemes még inkább alapozni erre (Magda, 2011).

A végső felhasználókat energiafogyasztás szempontjából vizsgálva képet kapunk a mezőgazdaság súlyáról. Ezek a szereplők lehetnek a háztartások, az ipar és a mezőgazdaság szereplői. Másképpen megfogalmazva mindaz az energia, amely eljut a fogyasztóhoz, figyelembe veendő, ugyanakkor nem számítjuk bele az energiaszektor által felhasznált energiát (Eurostat, 2018). Az 1. táblázat adatai alapján elmondható, hogy az agrárszektor átlagosan 3-4%-os súllyal bír e tekintetben.

Az EU27 összes energiafogyasztása 1998-ban és 2018-ban hasonló volt (714, illetve 738 millió tonna olajegyenérték). A kettő közötti időszakban azonban az energiafogyasztás növekedett. 2008-ban, a visszaesés előtt elérte a 773 millió tonna olajegyenértéket. A mezőgazdaság energia-

fogyasztása 1998 és 2018 között 10,8%-kal csökkent (27-ről 24 millió tonna olajegyenértékre). A mezőgazdaság energiafogyasztása a végső energiafogyasztásnak csak 3,2%-át tette ki az EU27-ben 2018-ban – vagyis a legutóbbi évben, amelyben készültek ilyen mérések. Ekkor a mezőgazdaság részaránya a végső energiafogyasztásban Hollandiában (8,1%) és Lengyelországban (5,6%) volt a legnagyobb.

Annak ellenére, hogy a föld egészét tekintve a teljes energiafogyasztás a vizsgált időszakban átlagosan évi 2%-kal növekedett – az 1990-es 8756 Mto egyenértékesről 2020-ra 14 287 Mto egyenértékesre –, Európában ugyanez az adat évente átlagosan 4,2%, az EU-tagországot tekintve pedig –0,1%. Azaz az EU tagországaiban a hatékonyság növekedése miatt nem nőtt, sőt visszaesett az energiafogyasztás (Enerdata, 2021).

A szektoronkénti vizsgálatnál az látható, hogy mind az ipar, mind a közlekedés energiafogyasztásának mértéke jelentősebb, mint a mezőgazdaságé. Az 1990 és 2018 közötti változások a következők voltak: az energiafogyasztás 1,8 millió, illetve 1,5 millió Mto egyenértékesről 2,9 millióra, míg a mezőgazdaság esetén 0,164 millió Mto egyenértékesről 0,214 millióra nőtt.

Annak megállapításához, hogy hogyan fejlődött a mezőgazdaság az elmúlt évtizedekben, érdemes áttekinteni az Európai Unió tagországainak mezőgazdaságára vonatkozó adatait. 2018-ban az EU mezőgazdasági termelésének értéke 436 milliárd euró volt, ami 1,2%-kal magasabb, mint egy évvel korábban. Magyarország az unió mezőgazdasági termelésének 2,0%-át termelte, és a mezőgazdaság ekkor 3,6%-kal járult hozzá a bruttó hazai termékhez (GDP). A mezőgazdaság adta a bruttó hozzáadott érték 4,3%-át, a beruházások 4,1%-át és a foglalkoztatás 4,8%-át. Az élelmiszeripar az előző évben a GDP 1,8%-át adta, az ágazat bruttó hozzáadott értéke pedig a teljes nemzetgazdaság 2,2%-a volt. Láthatjuk a

I. táblázat
**Az EU-tagországok mezőgazdasági és összesített energiafelhasználása, illetve azok aránya,
 1998, 2008 és 2018**
(Agricultural and total energy use in EU countries and their share (1998, 2008 and 2018))

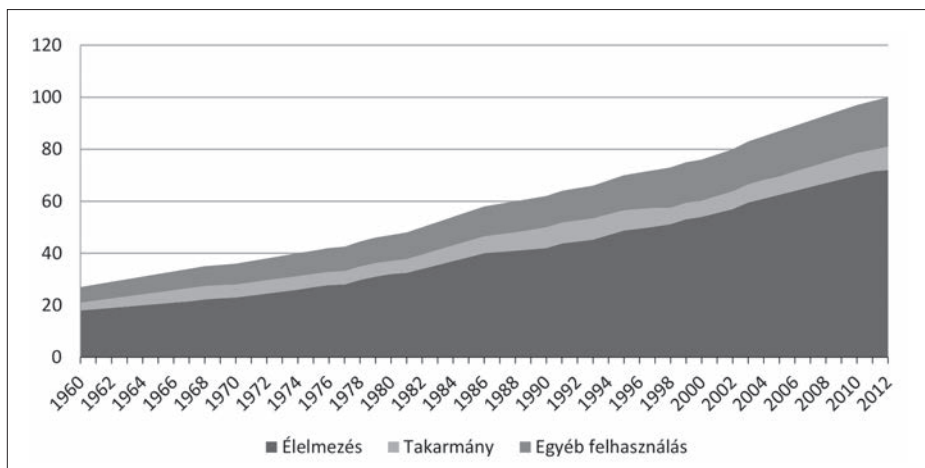
	A mezőgazdaság energiafelhasználása			A teljes energiafelhasználás			A mezőgazdaság energiafelhasználása a teljes %-ában		
	1000 tonna olaj ekvivalens						1998	2008	2018
	1998	2008	2018	1998	2008	2018			
EU27	26 815	24 660	23 909	714 297	772 651	738 810	3,8	3,2	3,2
Belgium	956	874	792	33 323	33 958	33 111	2,9	2,6	2,4
Bulgária	291	187	785	9 895	9 622	9 750	2,9	2,6	2,4
Csehország	547	520	619	24 184	24 598	24 180	2,3	2,1	2,6
Dánia	753	708	596	14 401	14 752	14 070	5,2	4,8	4,2
Észtország	87	96	124	2 650	3 040	2 889	3,3	3,2	4,3
Írország	295	306	223	8 985	12 440	11 219	3,3	2,5	2,0
Görögország	1 090	1 097	264	17 501	20 419	15 169	6,2	5,4	1,7
Spanyolország	1 950	2 701	2 458	68 823	90 575	82 020	2,8	3,0	3,0
Franciaország	3 847	4 120	4 069	144 210	146 678	139 829	2,7	2,8	2,9
Horvátország	221	222	211	5 925	7 309	6 682	3,7	3,0	3,2
Olaszország	2 951	2 802	2 798	115 648	129 077	114 422	2,6	2,2	2,4
Ciprus	7	38	42	1 278	1 670	1 581	0,6	2,3	2,7
Lettország	113	121	181	3 666	4 066	4 025	3,2	3,0	4,5
Litvánia	161	114	108	4 440	5 054	5 446	3,6	2,2	2,0
Luxemburg	13	26	24	2 857	3 945	3 737	0,5	0,7	0,6
Magyarország	710	527	641	15 636	16 868	17 865	4,5	3,1	3,6
Málta	–	5	5	374	405	515	0,0	1,3	0,9
Hollandia	4 119	3 513	3 647	47 703	48 804	44 933	8,6	7,2	8,1
Ausztria	556	521	529	21 531	25 365	26 036	2,6	2,1	2,0
Lengyelország	4 742	3 640	3 918	58 466	61 078	69 983	8,1	6,0	5,6
Portugália	611	357	382	15 659	17 522	16 201	3,9	2,0	2,4
Románia	777	293	566	25 169	23 943	23 445	3,1	1,2	2,4
Szlovénia	73	76	73	4 355	5 233	4 950	1,7	1,5	1,5
Szlovákia	260	141	133	10 132	10 531	9 912	2,6	1,3	1,3
Finnország	732	735	688	23 192	24 366	25 074	3,2	3,0	2,7
Svédország	925	919	613	34 395	31 342	31 777	2,7	2,9	1,9
Egyesült Királyság	1 291	867	1 257	136 621	132 994	121 944	0,9	0,7	1,0

Megjegyzés: Németországot nem tartalmazza a tábla, mert több helyen nincsenek adatai.

Forrás: Eurostat-adatok, 2020

I. ábra

Mezőgazdasági keresleti trendek, 2012 = 100
(Agricultural demand trends, 2012 = 100)



Forrás: FAO, 2020 alapján saját szerkesztés

beruházások növekedését is, de a mezőgazdaság és az élelmiszeripar beruházási volumenét tekintve kisebb mértékben nőtt. A mezőgazdaság és az élelmiszeripar külkereskedelmi mérlege 821 milliárd forintot mutatott; az import 1843 milliárd forintot, míg az export 2665 milliárd forintot tett ki. A mezőgazdasági munkaerő-ráfordítás összege 405 ezer ember teljes munkaidős tevékenységének (évi 1800 óra) felelt meg. A mezőgazdasági munkaerő-felhasználás 3,9%-kal csökkent az előző évhez képest. A mezőgazdasági termelők eladási árai 2,7%-kal emelkedtek, ami elsősorban a növényi termékek magasabb árából adódott. Az inputok ára nagyobb mértékben emelkedett, mint a termelői árak. 2017-ben a szántóföldek értékesítésének volumene a két évvel korábbi szintre esett vissza, az áremelkedések kisebb mértékben folytatódtak. Ezekből az adatokból kismértékű pozitív változások rajzolódnak ki (Eurostat, 2020a). Az 1. ábrán látható, hogy a legnagyobb igény az élelmezésre van, amelyet az egyéb tevékenységek és a takarmányellátás követ.

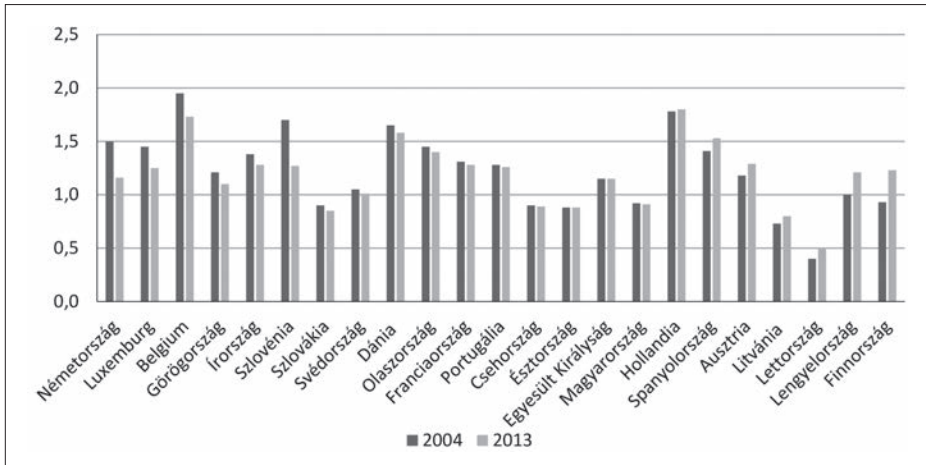
A fogyasztók az EU-ban és azon kívül

egyaránt egyre igényesebbek lesznek az általuk fogyasztott élelmiszerekre: egyre több helyi jellegű, ökológiai vagy más tanúsított termék jelenik meg a fogyasztók kosarában. A növekvő globális kereslet és a globális változások fényében lehetőség nyílik piaci részesedés megszerzésére az exportpiacokon (pl. a tejtermékek esetében), miközben másokban megnő a verseny (pl. a gabonaféléknél) (Eurostat, 2020b).

Baráth és Fertő (2017) kutatásai szerint a mezőgazdaság termelékenységének változását vizsgálva az unióban az látható, hogy a tényezők össztermelékenysége visszaesett, úgy, hogy az újonnan belépő (főként keleti) országokban nőtt, míg a régi tagországokban csökkent. A 2. ábra adataiból látható, hogy az országok közötti rangsor nem változott, a legtermelékenyebb ország Belgium, Hollandia és Dánia, míg a legkevésbé termelékenyek a Baltikum országai, valamint Szlovákia. Azon országokban, amelyek már elérték a technológiai lehetőségeik határát, fejlesztések szükségesek. Azon országok számára pedig, amelyek még nem tartanak itt, az jelentheti a lehetőséget a fejlődésre, ha átveszik a fejlettebb országok techno-

2. ábra

Tényezőtermelékenység összehasonlítása az EU-tagországokat tekintve, 2004 és 2013
(Comparison of factor productivity across EU countries 2004 and 2013)



Forrás: Baráth és Fertő, 2017

lógiját, illetve közelítenek azok fejlettségi szintjéhez. A termelékenység konvergál az országok között, de a legkevesbé hatékony országokban ez lassabb folyamat.

Az 1990 és 2010 közötti időszakban 8%-kal nőtt az összes mezőgazdasági és erdészeti nettó kibocsátás; az 1990-es évek átlagában 7497 Mt CO₂-egyenértékesről a 2000-es évek átlagára, 8103 Mt CO₂-egyenértékesre. Ez a mezőgazdaság kibocsátásának 8%-os, azaz 4613-ról 4984 Mt CO₂-egyenértékre történő növekedésének eredményeként jött létre; az erdészeti kibocsátás 14%-kal, 5799-ről 4987 Mt CO₂-egyenértékesre csökkent, köszönhetően a nettó erdőátalakulás lassulásának és az erdőirtás csökkenésének, amelynek mértéke 36% volt (-2915-ről -1868 Mt CO₂-egyenértékesre). Így is elmondható, hogy az elmúlt 50 évet tekintve a mezőgazdaság és az erdészeti CO₂-kibocsátása megduplázódott, és 2050-ig várhatóan tovább fog növekedni (Tubiello et al., 2014).

Ahogy a 2. táblázat adatai is alátámasztják, a föld metán- és dinitrogén-oxid-kibocsátásának legnagyobb részét a mezőgazdaság termeli. A metánkibocsá-

tás nagy része a kérődző állatok emésztési folyamata során jön létre, valamint a rizs termesztéséből származik, míg a dinitrogén-oxid kibocsátása elsősorban a nitrogénalapú műtrágyák alkalmazásából és az állati trágya kezeléséből ered. A nem fém ásványi termékek előállításánál keletkező CO₂-kibocsátás miatt abszolút mértékben nem a mezőgazdaság a legnagyobb kibocsátó, de e tekintetben megelőzi az ipar legtöbb más folyamatát. A villamosenergia-termelést és a szállítást meghaladó mértékű ökológiai lábnyommal rendelkezik, azaz az egyik legnagyobb kibocsátó (Trinh és Quoc, 2017).

A 2000-es évekre a légköri savasodást okozó kibocsátások is alátámasztják azt, hogy nem a mezőgazdaságból származik a legtöbb szennyeződés, valamint hogy a savasodást okozó tényezők nem vesélyeztetik a fenntarthatóság felé való átmenetet. Hasonló kedvező megállapítások tehetők a benzol-, a nehézfém- (arzen-, kadmium-, nikkel-, ólom-) szennyezés vonatkozásában is. Az iparból származó szennyezés nagymértékű csökkenése következtében a települések levegőminőségét ma már el-

sősorban a közlekedés és a lakossági fűtés határozza meg (Pálvölgyi és Csete, 2012).

Fontos leszögezni, hogy a mezőgazdaság továbbra is a vidéki területek, a közösségek és az elsődleges földhasználat kulcsfontosságú része. A verseny miatt az EU-ban a teljes mezőgazdasági földhasználat a jövőben várhatóan tovább csökken, a hozamok azonban várhatóan lassabban fognak növekedni, mint eddig. Javul a vetőmagok kiválasztása és kezelése, valamint a technológia. A gazdálkodók kapacitásai bővülnek, és a környezetvédelmi politika követelményeit is beépítik a termelési rendszerekbe (Aydoğan et al., 2019).

A népességnövekedés és – ahogy az a 3. ábrán látható – a városi lakosság arányának növekedése megköveteli a mezőgazdaságban használt technológiák fejlesztését és a teljesítmény javulását. Ebben a folyamatban egyrészt a termelés növelése, másrészt a hulladékok lebontásának kérdésköre, harmadrészt a környezet védelme kap jelentős szerepet. Mivel a városi népesség aránya nagyobb, mint a vidéki lakosságé, fennáll a veszélye annak, hogy egy idő után a lakosság igényei nem tudnak teljesülni, hiszen a vidék látja el például élelmiszerrel, friss levegővel, nyersanyagokkal a lakosságot.

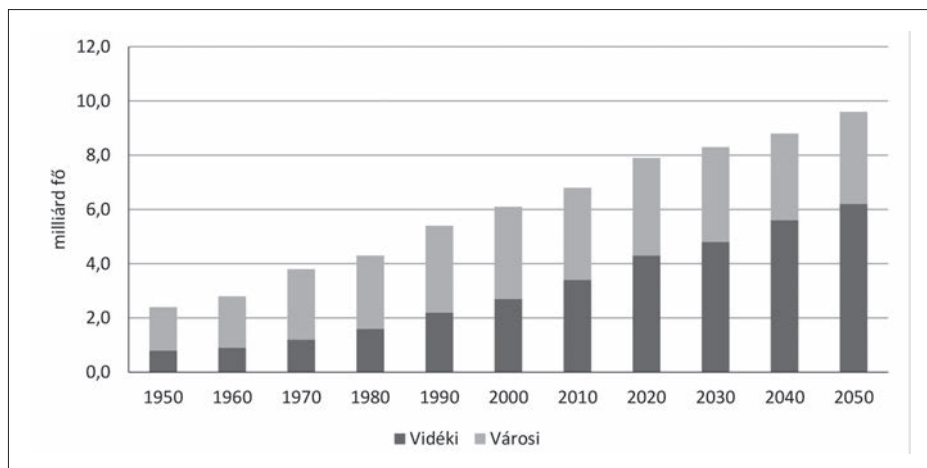
2. táblázat

Az ÜHG-kibocsátás közvetlen együtthatóinak adatai, 2010
(Data on direct coefficients of GHG emissions)

Iparág	ÜHG-emisszió (CO ₂ - egyenértékes)/100 millió USD-kibocsátás			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Összesen
Mezőgazdaság, erdészet, állattenyésztés, halászat	3,02	105,38	56,15	164,55
Bányászat	6,62	70,71	0,02	77,35
Élelmiszer, italok és dohánytermékek gyártása	7,14	0,01	0,03	7,18
Textil-, ruházati és bőrtermékek gyártása	16,51	0,03	0,07	16,61
Kokszolás. Gáz és kőolaj-feldolgozás	15,60	0,01	0,03	15,64
Vegyipar	14,11	0,02	0,04	14,17
Nemfém ásványi termékek gyártása	252,41	0,24	0,50	253,15
Fémek és fémtermékek gyártása és feldolgozása	10,57	0,02	0,04	10,63
Gépek és berendezések gyártása	9,89	13,81	11,85	35,55
Egyéb gyártás	36,62	23,30	29,96	89,88
Építőipar	7,77	7,77	7,77	23,31
Villamos energia, hőtermelés és -ellátás	146,36	0,05	0,37	146,78
Szállítás, tárolás, posta, információátadás, számítógépes szolgáltatások és szoftverek	150,57	0,50	0,42	151,49
Nagy- és kiskereskedelem, szállodák és vendéglátás	6,20	8,06	4,35	18,61
Ingatlan, lízing és üzleti szolgáltatások	5,15	5,15	10,30	20,60
Pénzügyi közvetítés	6,19	6,19	6,19	18,57
Egyéb szolgáltatás	6,25	3,12	6,25	15,62

Forrás: Trinh és Quoc, 2017

Városi és vidéki népesség a világon
(Urban and rural population in the world)



Forrás: FAO, 2020

CÉLOK

A jelen kutatás legfőbb kérdése, hogy milyen tényezők határozzák meg a mezőgazdasági termelés CO_2 -kibocsátását. Nem mehetünk el amellett sem, hogy a klímaváltozásért elsősorban az üvegházhatású gázok tehetőek felelőssé. A szakirodalom alapján látható, hogy a mezőgazdaság CO_2 - és üvegházhatásúgáz-kibocsátása között erős kapcsolat, korreláció áll fenn. A kutatás középpontjában azonban a CO_2 -kibocsátás vizsgálata áll, mivel erre vonatkozóan szélesebb körű és hosszabb időtávot átfogó adatsor áll a rendelkezésre. Amennyiben egy ország kevésbé iparosodott, azaz a mezőgazdaság részesedése az összes termelési értékből nagyobb, akkor az adott országban kevesebb az agrárgazdaság CO_2 -kibocsátása. Tehát a fordított arány a kiinduló hipotézis. Hasonló mutató az agrárium hozzáadott értéke is. A feltételezés itt is az előzőhöz hasonló: a magasabb hozzáadott érték csökkenő karbonkibocsátást eredményez, azaz fordított arányosság áll fenn közte és a CO_2 -kibocsátás mértéke között. A metánkibocsátás és a CO_2 -kibocsátás kö-

zött ugyancsak pozitív korreláció feltételezhető, hiszen mindkettő az üvegházhatású gázok közé tartozik, ezenkívül a metán az állattenyésztés velejárója, és a jóléti állapotok igénylik a magasabb mértékű állatállományt (hús és tejtermékek), illetve ezekre jellemző inkább a mezőgazdaság magasabb szintű gépesítettsége. Ugyanígy a trágyahasználat mértéke is pozitív irányban hat a CO_2 -kibocsátásra, egyrészt az állati eredetű trágyával, másrészt a műtrágyázással összefüggésben. Hasonló feltételezés, hogy az egy mezőgazdasági munkásra jutó kibocsátás is növeli a CO_2 -kibocsátást, azon egyszerű oknál fogva, hogy a hatékony termelésnek velejárója a gépesítettség és a műtrágyahasználat. A következő vizsgált összefüggés, hogy a mezőgazdaságba bevont területek nagysága miként hat a karbonkibocsátásra: feltételezhető, hogy minél nagyobb a terület, annál magasabb a karbonkibocsátása. Az utolsóként vizsgált mutató a mezőgazdasági foglalkoztatottak aránya. Mivel az élők munkája kiváltható gépesítettséggel, és a magasabb mértékű gépesítettség fok alacsonyabb foglalkoztatottsággal járhat, illetve fordítva, a gé-

pesítettség alacsony fokán élők munkával pótolják a hiányzó gépi munkamennyiséget. Ezen összefüggés miatt szintén az a feltételezés, hogy minél magasabb a mezőgazdasági foglalkoztatottság, annál kisebb a mezőgazdaság CO₂-kibocsátása.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatás adatait az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete, a Világbank Indicators, az Agrárközgazdasági Intézet és a Központi Statisztikai Hivatal anyagai szolgáltatták.

A vizsgálatba a következő mutatók kerültek bevonásra minden esetben országokként:

- a szén-dioxid-kibocsátás kilotonnában mint független változó;
- az országok egy főre jutó GDP-je 2010-es USD-ben számolva;
- a mezőgazdaság GDP-je 2010-es USD-ben számolva;
- a metánkibocsátás kilotonnában, CO₂-ekvivalens;
- az üvegházhatású gázok kibocsátása kilotonnában, CO₂-ekvivalens;
- a mezőgazdasági munkagépek darabszáma 100 hektárra vetítve;
- a mezőgazdasági területek részaránya százalékban;
- a trágya mennyisége kilogrammban hektáronként a megművelt területeken;
- a mezőgazdaságban foglalkoztatottak aránya az összes foglalkoztatotthoz képest százalékban;
- a mezőgazdaság hozzáadott értéke az össztermeléshez 2010-es USD-ben; valamint
- az egy mezőgazdasági munkásra jutó termelési érték 2010-es USD-ben.

Több adatsort 1960-tól folyamatosan közölnek, vannak azonban olyan adatsorok is, amelyek lényegesen kevesebb év adatait tartalmaznak. Ilyenek például a metánkibocsátásra vagy általában véve az üvegházhatású gázok kibocsátására vonatkozó ada-

tok, amelyek 2012-ig állnak rendelkezésre. A kutatás által átfogott időszakot rövidíti az a tényező is, hogy a FAO adatbázisában a mezőgazdaság CO₂-kibocsátására vonatkozó információk csupán 1990-től érhetőek el. A legtöbb vizsgált változó adatai 2016-ig álltak rendelkezésre, emiatt a mezőgazdaság részarányát a CO₂-kibocsátásban modelleztem, és ezt kiegészítettem az utolsó hat évből képzett trendfüggvény által számított értékekkel. A mutatók lehetővé teszik a nemzeti és globális gazdasági tevékenység különböző aspektusainak elemzését. Mivel az országok árukat és szolgáltatásokat állítanak elő, amelyeket belföldön vagy nemzetközi kereskedelemben értékesítenek, a gazdasági mutatók mérik a különböző gazdaságok teljesítményének mértékét és változását, illetve az alapadatok alapján látható a kibocsátás összetétele is.

Az emberi tevékenységnek környezeti lábnyoma van. Az ehhez köthető mutatók segítségével tájékozódhatunk a bolygó állapotáról, valamint a természeti erőforrások felhasználásáról és annak lehetséges következményeiről. A természeti erőforrások felhasználása elősegítheti a gazdasági fejlődést, a környezeti károkozás azonban torzítja a jólétet és a jólétet, illetve alááshatja a gazdasági fejlődést is. A környezeti lábnyomra utaló adatok az emberi tevékenység lehetséges negatív hatásait is megmutatják, így a károk enyhítésére, csökkentésére irányuló erőfeszítésekre sarkallnak (The World Bank, 2020).

A korreláció vizsgálata a mennyiségi ismervek közötti sztochasztikus kapcsolatra épül. Az egyik tényező az ok (X), a másik az eredményváltozó (Y). A korrelációs összefüggés mérésekor meg lehet vizsgálni több ok együttes hatását is. A korrelációs kapcsolat mérésének leggyakoribb mutatója a lineáris korrelációs együttható (előjel: r). A vizsgálat során a különböző magyarázó változók eredményváltozóval való kapcsolatát tanulmányozom. A korrelációs együttható kiszámítása a változók

együttes mozgását és a változók szórását jellemző kovarianciamérővel történhet. Az elemzéshez két szoftvert vettem igénybe: az egyik az alapelemzésekhez jól használható Microsoft Excel 2016-os változata, a másik pedig az IBM SPSS 26-os verziója.

A mennyiségi kritériumok közötti összefüggések vizsgálatára a korrelációs számítás mellett a regressziószámítás a leggyakrabban alkalmazott statisztikai módszer. A regressziószámítás a jelenségek tendenciáit vizsgálja, megpróbálva megragadni a kapcsolat jellegét valamilyen jól érthető és értelmezhető függvény formájában.

A többszörös lineáris regresszió során egy függő változó (Y) és két vagy több független változó (magyarázó változó) (X_1, X_2, \dots, X_i) közötti kapcsolatot vizsgálunk. Arra keressük a választ, hogy a független változók egységnyi változása a függő változó milyen mértékű megváltozását vonhatja maga után:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_i \beta_i + \varepsilon$$

ahol Y függő változó; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_i$ független (magyarázó) változók; i a magyarázó változók száma; β_0 (más jelöléssel α) konstans, állandó érték, amely megadja a regressziós egyenes és a koordináta-rendszer függőleges (y) tengelyének metszéspontját; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_i$ konstans regressziós együtthatók.

A regressziós együttható az eredetileg megadott mértékegységben számszerűsíti a tényező változó egységének növekedését kísérő kimeneti változó várható változását, vagyis a magyarázó változó értékének egységnyi változása b_i egységgel változtatja meg az eredményváltozót. A regressziós együttható ismerete lehetővé teszi számunkra a rugalmasság számszerűsítését lineáris összefüggés esetén is, amely kifejezi a relatív (százalékban megadott) változás mértékét. A mutató választ ad az Y kimeneti változó százalékos változására, amely várhatóan hozzájárul a magyarázó változó 1%-os változásához.

A tényezőváltozók közötti lineáris kap-

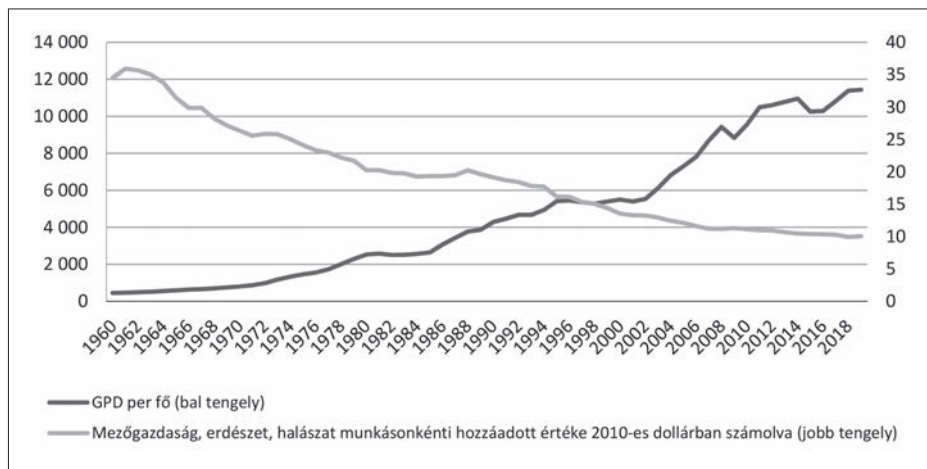
csolatot multikollinearitásnak nevezzük. Ez vizsgálatainkban zavart okozhat a független változók között, hiszen nem dönthető el, hogy a változók melyike bír magyarázó erővel (Pintér és Rappai, 2007; Ács, 2014).

EREDMÉNYEK

Összevetve az egy főre jutó GDP-t és az egy főre eső hozzáadott érték adatait, az egy főre jutó GDP terén folyamatos növekedést tapasztalhatunk, miközben az egy főre jutó hozzáadott érték folyamatosan csökkent a vizsgált időszakban a 4. ábra adatai szerint. E tendencia mögött az is állhat, hogy a mezőgazdaság GDP-ben kifejezett értékkeremtő ereje visszaszorulóban van, miközben egyre kevesebben dolgoznak az ágazatban. Ez igaz a fejlettebb gazdasággal rendelkező országokban, de a kérdést részletesebben kell megvizsgálni – ahogyan ezt a következőkben látni fogjuk.

Együtnövekedési ütem figyelhető meg az egy főre eső CO_2 -kibocsátás (CO_2 -egyenértékes, amelybe itt beletartozik a metán és a dinitrogén-oxid is) és a megújuló energia felhasználásának esetében. A Világbank adatait alapul véve került sor az alapszámítások elvégzésére. Párba állítva a főbb tényezőket a 3. táblázat eredményeit kapjuk meg. Az adatok vizsgálatára korrelációs módszerrel került sor. Elsőként az egy főre jutó GDP-t és a mezőgazdaság hozzáadott értékét elemeztem. A 3. táblázat ezen oszlopában megtekintve a fő országgyűjtő kategóriákat a kis országok kivételével mindenütt erős és pozitív kapcsolat van. A kis államok esetében a kapcsolat szoros, de negatív irányú, azaz ha az egy főre eső GDP nő, akkor az egy munkavállaló által kibocsátott érték csökken. Ez mit jelent? A kis, de fejlettebb országokban a GDP növekedése azt jelenti, hogy az ott dolgozók elhagyják a mezőgazdaságot és az iparban vagy a szolgáltató szektorban vállalnak munkát. Ezzel szemben a kevésbé fejlett államokban fordított tendencia figyelhető meg: ha az egy főre eső GDP csökken, az

4. ábra
Az egy főre jutó GDP és az egy mezőgazdasági munkavállalóra jutó hozzáadott érték a világban
(GDP per capita and value added per agricultural worker in the world)



Forrás: Világbank, 2020

emberek a mezőgazdaságba menekülnek, hogy megéljenek. Mindazon országokban, ahol az életszínvonal alacsony, és a túlélés záloga a saját termelés, az emberek fizikai alapszükségeik kielégítése érdekében foglalkoznak élelmiszer-termeléssel.

Az egy főre jutó GDP és a mezőgazdaság által elért hozzáadott érték között a legtöbb országegység esetében erős kapcsolat mutatható ki. Ez azt jelenti, hogy ahol magas az egy főre jutó kibocsátott érték, ott a mezőgazdaság kibocsátása is magas értéket ér el, illetve fordítva, ahol alacsony a teljes kibocsátott érték, ott a mezőgazdasági termelés is alacsony értéket ér el. Kivételt képeznek ez alól az olyan kis államok, amelyekben a magas egy főre jutó GDP alacsony mezőgazdasági termeléssel jár, és ahol a mezőgazdaság magas termelése mellé alacsony egy főre jutó GDP tartozik. Ezen országok vagy élelmiszerimportra szorulnak, mert nem önellátók, vagy olyan kis államok, ahol a mezőgazdaság dominál, míg az ipar és a szolgáltatás szerepe elhanyagolható.

Az egy főre jutó GDP és CO₂-kibocsátás kapcsolata országonként eltérő. A világ-

átlag azt mutatja, hogy minél magasabb az egy főre jutó hazai kibocsátás, annál nagyobb az egy főre eső CO₂-kibocsátás. Ez azonban sok fejlett országban nincs így, sőt gyakran fordított irányú összefüggést találunk. Például az EU-országok esetében szoros negatív kapcsolat van a két tényező között, Magyarországon közepes erősségű, de egyben negatív kapcsolat mutatható ki. Ez azt jelenti, hogy a gazdasági kibocsátás egy főre vetített növekedése csökkenti az ökológiai lábnyomot, amelynek háttérben szintén a szektorok közötti áramlás, illetve a fejlettebb technológia alkalmazása állhat. Wang et al. (2020) megállapítják, hogy a mezőgazdasági hozzáadott érték segít csökkenteni a CO₂-kibocsátást, míg a gazdasági globalizáció, a természeti erőforrások és a pénzügyi fejlődés kedvezőtlenül befolyásolja a G7-országok CO₂-kibocsátását. Zafairiou és Azam (2017) vizsgálatainál a CO₂-kibocsátás országonként eltérő növekedési pályán halad, több esetben eltérve az elméleti pályától. Ez a politika és a piacok hatékonysága, valamint a mezőgazdasági földhasználat és az éghajlatváltozás időbe-

3. táblázat

A kiemelt tényezők korrelációs kapcsolatának vizsgálata páronként és nagyobb országegységenként, fókuszban Magyarországgal
(Examining the correlation of main factors by pair and by larger country unit, with a focus on Hungary)

Ország-egységek	Az egy főre jutó GDP és a mezőgazdaság hozzáadott értéke	GDP és CO ₂ -kibocsátás	Az egy főre jutó GDP és a megújuló energia	A mezőgazdaság hozzáadott értéke és a CO ₂ -kibocsátás	A megújuló energia és a CO ₂ -kibocsátás
Világ	0,92	0,95	-0,08	0,94	-0,20
Magyarország	0,71	-0,66	0,58	-0,14	-0,94
Európai Unió	0,80	-0,76	0,79	-0,86	-0,97
Latin-Amerika és Karib-tenger	0,93	0,96	-0,55	0,98	-0,60
Közél-Kelet és Észak-Afrika	0,82	0,94	-0,78	0,85	-0,68
Észak-Amerika	0,59	-0,90	0,95	-0,30	-0,96
OECD-tagok	0,85	-0,86	0,90	-0,82	-0,96
Kis államok	-0,91	0,92	-0,56	-0,96	-0,58
Dél-Ázsia	0,98	0,99	-0,99	0,97	-0,99

Forrás: Világbank, 2020 alapján saját számítás és szerkesztés

li alakulásának függvényében is változik. Mivel a végrehajtott környezetvédelmi politikai eszközök fő céljának a mezőgazdaság gazdasági teljesítménye mellett az agrár-ökológiai teljesítmény fenntarthatóságát kell megcélözni.

A gazdasági fejlődés viszonylag gyors üteme és a megújuló energia felhasználásának terjedése tükröződik a statisztikai eredményekben. Magyarországon a kapcsolat közepes, pozitív, az EU átlagában erős és pozitív, míg a többi, kevésbé fejlett kontinens esetében megfordul, negatívvá válik a kapcsolat. Tehát az elmaradottság valószínűsíti a hagyományos energiaforrások használatát, amennyiben rákényszeríti a gazdálkodókat az olcsóbb, ugyanakkor sok esetben környezetszennyező eljárások alkalmazására.

Az agrárgazdaság hozzáadott értéke és a CO₂-kibocsátás kapcsolatát vizsgálva emellett azt is láthatjuk, hogy a fejlettebb mezőgazdasággal rendelkező uniós és észak-

amerikai országok esetében igaz, hogy a magasabb mezőgazdasági hozzáadott érték alacsonyabb CO₂-kibocsátással jár együtt. Feltételezhető tehát, hogy a technológia fejlettsége csökkenti a CO₂-kibocsátást. A kevésbé fejlett mezőgazdasággal rendelkező közel-keleti, dél-ázsiai és latin-amerikai államokban azonban azt tapasztaljuk, hogy a magasabb mezőgazdasági hozzáadott érték magasabb CO₂-kibocsátással jár. Végül a megújulóenergia-felhasználás mértéke jelzi, hogy mennyi CO₂-kibocsátásra számíthatunk. Gyakorlatilag minden országban azt látjuk, hogy a megújuló energiaforrások térnyerése csökkenti a CO₂-kibocsátás mértékét, így ezt a trendet követendőnek tarthatjuk.

A Pearson-féle korrelációs együttható értékeit mutatja a 4. táblázat, amelyben az országok összátlagát vettem össze páronként.

A 4. táblázat adataiból látjuk, hogy szoros kapcsolat van a mezőgazdaság CO₂-

4. táblázat

A tényezők országátlagainak korrelációs kapcsolata
(*Examination of the correlation relationship between country averages of factors*)

Megnevezés	Pearson-féle korrelációs együttható	Kovariancia
Mezőgazdaság szén-dioxid-átlaga	1	8,549
Mezőgazdasági GDP	-0,288	-1,052
Metánkibocsátás	0,889	6,74
Mezőgazdasági földterület	0,163	0,406
Trágyafelhasználás	0,411	1,822
Foglalkoztatottak száma a mezőgazdaságban	-0,213	-0,722
Mezőgazdaság hozzáadott értéke	-0,32	-1,005
Egy mezőgazdasági munkásra jutó hozzáadott érték	0,217	0,94

Forrás: Világbank, 2020 alapján saját számítás és szerkesztés

kibocsátása és az országok összes metánkibocsátása között. Rafiu et al. (2012) említik, hogy az összes metánkibocsátás kb. 53%-áért a mezőgazdasági tevékenység tehető felelőssé. Ebből az összes mezőgazdasági kibocsátás 53%-át az állattenyésztés, 18%-át a rizstermesztés, 18%-át az egyéb mezőgazdasági tevékenység, illetve 11%-át a trágyázás adja. Az erős kapcsolat érthető, mivel az állati eredetű termékek előállítása okozza az agrárium CO₂-kibocsátásának jelentős részét (Center for Sustainable Systems, 2020). A trágyafelhasználás és a CO₂-kibocsátás között közepesen erős kapcsolat mutatható ki. A trágyafelhasználáshoz hozzátartozik a műtrágya felhasználása is, amely szintén hozzájárul ehhez a hatáshoz. A trágyafelhasználás visszaszorítása azonban – az említett összefüggésnek megfelelően – csökkentheti a CO₂-kibocsátást. A mezőgazdaság hozzáadott értéke és a karbonkibocsátás között gyenge-közepes negatív irányú hatást figyelhetünk meg. Ennek hátterében az állhat, hogy a CO₂-kibocsátásért elsődlegesen a szállítmányozás és az ipar (főként az energiaipar) felelős. A mezőgazdasági földterület nagysága, a foglalkoztatottak száma a mezőgazdaságban, illetve a mezőgazdasági munkások hozzáadott értéke ugyanakkor csupán kismértékben hat a karbonkibocsátásra.

A regressziószámítás elvégzése után keressük a mezőgazdasági CO₂-kibocsátást befolyásoló tényezőket. A lineáris regressziószámítást elvégezve, a többváltozós regresszió eredménye első körben nagyon erős magyarázó erőt jelent, a 0,96-os r érték mellé 0,936-os értékű r-négyszet társul. Amennyiben továbbhaladunk, az SPSS szoftver táblái között láthatjuk, hogy a VIF-mutató, amelynek segítségével a multikollinearitást szeretnénk kizárni, néhány változó esetén meghaladja a kritikus 5-ös értéket. A mezőgazdasági foglalkoztatottak száma, a mezőgazdaság által kibocsátott GDP, az egy mezőgazdasági munkásra jutó hozzáadott érték és a mezőgazdaság hozzáadott értéke együtt halad, egymással lineáris kapcsolatban van, így ezen változók közül többet kivettem a regressziós modellből. Az is információs értékkel bír, hogy az előbb említett négy változó együtt mozog. A mezőgazdaság hozzáadott értéke és a GDP között taláunk összefüggést, valamint kimutatható, hogy ezekkel együtt mozog a mezőgazdaságban foglalkoztatottak száma, illetve az egy munkásra jutó hozzáadott érték. A kettő korrelációs értékéből látható, hogy az utóbbiak esetében fordított a kapcsolat – azaz minél magasabb a mezőgazdaságban foglalkoztatottak száma, annál kisebb az

egy főre jutó hozzáadott érték. A szelekciót követően a mezőgazdaság által előállított GDP-t benne hagytam a modellben, így a többváltozós regresszióanalízis alapján a következő összefüggés bontakozik ki a mezőgazdaság CO₂-kibocsátásának mértékére vonatkozóan:

$-4,494 + 0,967x$ egy ország metánkibocsátása + $0,15x$ a mezőgazdasági művelés alá vont terület részaránya + $0,407x$ a trágya mennyisége – $0,478x$ a mezőgazdaság által előállított GDP = a mezőgazdaság által kibocsátott szén-dioxid nagysága.

Tehát egy adott ország esetében a mezőgazdaság által kibocsátott CO₂ mennyisége egyenesen arányos az ország metánkibocsátásával, a mezőgazdaság által művelésbe vont terület részarányával, valamint a felhasznált szerves és műtrágya mennyiségével, illetve fordítottan arányos a mezőgazdaság által előállított GDP-vel. Az észak-amerikai és az uniós adatok alapján látszik, hogy minél specializáltabb, gépesítettebb a mezőgazdaság, annál kisebb az ökológiai lábnyoma. Emögött az is állhat, hogy ezen országok nem természetnek rizst, és a műtrágya-felhasználásuk hatékonyabb, optimálisabb más országokhoz képest. Ugyanakkor e fejlett országokban jelentős az állatállomány, ami növeli a metán, és így az üvegházhatású gázok kibocsátását. A vizsgálat ezen részéből az is kiderült, hogy az alternatív, megújuló energiaforrások használata jelenleg kevésbé befolyásolja a CO₂-kibocsátást, mivel még nem terjedtek el széles körben. (Ezenkívül meg kell említeni azt is, hogy ezek jelentősége a mezőgazdaságban nem kiemelkedő; a megújuló energiaforrások sokkal inkább más szektorok CO₂-kibocsátására lehetnek hatással.)

A szakirodalom és a két statisztikai modell alapján látható, hogy az agrárgazdaság CO₂-kibocsátását a következő módokon lehet megváltoztatni, csökkenteni:

- a helyi, alulról jövő és kormányzati kezdeményezések, illetve azok összehangolása;

- talajhasználat észszerűtlensége, a talaj degradációja, a biomassa pazarlása, a vízzel kapcsolatos anomáliák (pl. árvíz, belvíz, aszály), az észszerűtlen növényi tápanyagellátás és talajszennyeződés mérséklése, kezelése, a fenntarthatóság szempontjából kedvező fajok, fajták használata, természetése;

- a trágahasználat racionalizálása;
- a megfelelő növénykultúrák használata;

- a biodízel használatának preferálása;
- a metán és az egyéb üvegházhatású gázok kibocsátásának visszaszorítása;

- az állati eredetű termékek előállításának mérséklése, illetve visszafogottabb fogyasztása;

- a mezőgazdasági művelés alá vont területek megfelelő, tervszerű, természetes használata;

- a termelési eljárások optimalizálása, innovációja (Robolledo-Leive et al., 2017);

- a mezőgazdaság hozzáadott értékének megbecsülése, a lehetőségekhez képest növelése.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az ökológiai lábnyomot növelő tényezők és a magyarázó változók közötti kapcsolat keresésekor érdemes nemcsak a föld teljes lakosságára vonatkozó összesített adatokat, hanem az adatok országok szerinti alakulását is figyelembe venni. Az eltérő országok esetében más-más viszonyok voltak kimutathatóak a vizsgált időszakban. A világ egészére vonatkozóan az alternatív erőforrások felhasználása és az egy főre jutó GDP nem mutatott összefüggést, az egyes esetek vizsgálatakor ugyanakkor ezen két tényező között is kimutathatóvá vált a kapcsolat. Magyarországon például közepes és pozitív, az EU-átlagban és Észak-Amerikában erős és pozitív a kapcsolat a két tényező között, míg a többi kontinens esetében ez a kapcsolat megfordul, negatívvá válik (hiszen a fejlődő országokban elsődlegesen valószínűleg hagyományos

energiaforrásokat használnak). A legtöbb részcsoporthoz fordított és meghatározó nagyságú kapcsolatot tapasztalunk.

Erős kapcsolat áll fenn az egy mezőgazdasági munkavállaló hozzáadott értéke és a GDP között, amely jelzi, hogy a fejlettebb gazdaság fejlettebb mezőgazdaságot tart fenn. A fejlettebb országokban ez alacsonyabb CO₂-kibocsátást is jelent. Ugyanakkor a fejletlenebb mezőgazdasággal rendelkező országok esetében éppen fordított irányú a kapcsolat, azaz a magasabb hozzáadott értékkel együtt jár a magasabb emissziós érték.

Az is kiderült a vizsgálatokból, hogy szoros kapcsolat van a mezőgazdaság CO₂-kibocsátása és az országok összes metán-kibocsátása között. Utóbbi meghatározó részéért a mezőgazdaság, azon belül az állattenyésztés felelős nemzetgazdasági szinten.

Az elkészített regressziós modell láthatóvá tette, hogy a mezőgazdaság CO₂-kibocsátását leginkább a metánkibocsátás, a mezőgazdasági művelésbe vont területek részaránya, a felhasznált trágya mennyisége és a mezőgazdaság által előállított GDP határozza meg.

Ez a modell a helyi adottságokat is figyelembe véve alkalmazható. A mezőgazdaság által okozott károk csökkentése nem igényli, hogy a mezőgazdasági termelés minden térségben azonos mértékben essen vissz-

sza (FAO, 2020). Balogh és Bogda (2021) is megerősíti, hogy a kontinensek között van eltérés a tekintetben, hogy a mezőgazdaság milyen nagyságrendben bocsát ki szén-dioxidot.

A metánkibocsátás mellett a nitrogén-dioxid-kibocsátás legfőbb forrása is a mezőgazdaság. A számítások alapján látható, hogy közepes erősséggel, de a trágyahasználat növekvő mértéke is pozitív irányban hat a CO₂-kibocsátásra, egyrészt az állati eredetű trágyázásból, másrészt a műtrágyázásból adódóan. Ugyanakkor a vizsgálat eredményei alapján kijelenthető, hogy az agrárium CO₂-kibocsátására nincs hatással az egy mezőgazdasági munkásra jutó kibocsátás és a mezőgazdasági foglalkoztatottak aránya. Ebből fakadóan a döntéshozóknak és az alulról induló kezdeményezések érintettjeinek mindenképpen figyelembe kell venni a modell eredményei szerinti meghatározó tényezőket a karbon- és az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérsékléséhez. Jelentős mennyiségű új területek művelés alá vonása nagyon kevés országban lehetséges, de a művelt területek használatának optimalizálása mindenképpen javasolt. Az állati eredetű termelés mérséklése is csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását, valamint a trágyahasználatot is érdemes optimalizálni olyan módon, hogy a mezőgazdaság csupán a valóban indokolt mennyiséget használja fel.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- Ács, P. (2014). *Gyakorlati adatelemzés*. Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar. <http://www.etk.pte.hu/protected/OktatasiAnyagok/%21Palyazati/gyakorlatiadatelemzesj.pdf>
- Aydoğan, B. & Vardar, G. (2019). Evaluating the role of renewable energy, economic growth and agriculture on CO₂ emission in E7 countries. *International Journal of Sustainable Energy*, 39(4), 335–348. <https://doi.org/10.1080/14786451.2019.1686380>
- Baják, I. és Törösvári, Zs. (2009). A fenntartható fejlődés kérdései a Gyöngyösi Kistérség településein. *Gazdálkodás*, 53(6), 578–591.
- Balogh, J. és Borda, Á. (2021). A mezőgazdaság szerepe a klímaváltozásban – Nemzetközi kitekintés. *Statisztikai Szemle*, 99(5), 427–445. <https://doi.org/10.20311/stat2021.5.hu0427>
- Balogh, J. & Jámor, A. (2017). Determinants of CO₂ Emission: A Global Evidence International Journal of Energy Economics and Policy. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(5), 217–226.

- Baráth, L. & Fertő, I. (2017). Productivity and convergence in European agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, 68(1), 228–248.
- Bozsik, N. és Magda, R. (2010). A földhasználat gazdasági szempontjai. *Gazdálkodás*, 54(24. különsz.), 58–70.
- Center for Sustainable Systems, University of Michigan (2020). *Carbon Footprint Factsheet*. Pub. No. CSS09-05. http://css.umich.edu/sites/default/files/Carbon%20Footprint_CSS09-05_e2020_0.pdf
- Csete, M. (2006). A fenntarthatóság helyi megvalósítása. *Gazdálkodás*, 50(16. különsz.), 68–76.
- Csete, M. (2009). A fenntarthatóság kistérségi vizsgálata. [Doktori értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem]. Műegyetemi Digitális Archívum. <https://repozitorium.omikk.bme.hu/handle/10890/781>
- Csete, L. (2005). Az agrár- és vidékfejlesztés fenntartható rendszere. *Gazdálkodás*, 49(2), 3–16.
- Dinya, L. (2011). A fenntarthatóság kistérségi modellje. *Gazdálkodás*, 55(5), 479–493.
- Dombi, M., Kuti, I. és Balogh, P. (2012). Adalékok a megújuló energiaforrásokra alapozott projektek fenntarthatósági értékeléséhez. *Gazdálkodás*, 56(5), 410–425.
- Enerdata (2021). *Yearbook*. [2021.03.10.] <https://yearbook.enerdata.net/>
- Eurostat (2020a). *EU Agricultural outlook for markets and income 2019-2030*. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/agricultural-outlook-2019-report_en.pdf
- Eurostat (2020b). *Monitoring EU27 Agri-Food Trade: Developments until January 2020*. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/trade/documents/monitoring-agri-food-trade_jan2020_en.pdf
- Eurostat (2018). *Energy consumption*. [2020.12.14.] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Final_energy_consumption
- FAO (2018a). <https://ecowarriorprincess.net/2018/04/carbon-intensive-industries-industry-sectors-emit-the-most-carbon/> [2021.01.01.]
- FAO (2018b). *The state of food and agriculture*. [2020.12.30.] <http://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>
- FAO (2020). The future Alternative pathways to 2050. [2020.12.14.] <http://www.fao.org/3/I8429EN/I8429en.pdf>
- Giber, V. és Dinya, A. (2021). A multifunkcionális organikus mezőgazdaság energiatermelése és felhasználása: az Azienda Agricola modell energiagazdálkodási értelmezése és alkalmazása. *Gazdálkodás*, 65(2), 121–129.
- Gór, A. (2013). A fenntarthatóság és a versenyképesség közös pontjai, kölcsönhatásai. *Gazdálkodás*, 57(2), 170–180.
- Grossman, G. M. & Krueger, A. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Gyulai, I. (2013). Fenntartható fejlődés és fenntartható növekedés. *Statisztikai szemle*, 91(8–9), 797–822.
- Kerekes, S. (2020). A környezetgazdaságtan és a regressziós diszkontinuitás. A klímagazdaságtan színe és viszszája. *Közép-Európai Közlemények*, 13(1–2), 501–518. <http://www.iskolakultura.hu/index.php/vikekkek/article/view/33965>
- Közös jövőnk. A Brundtland jelentés*. (2008). Mezőgazdasági Könyvkiadó.
- Le Quéré et al. (2017). Global Carbon Budget *Earth Syst. Sci. Data*, 10(1), 405–448. <https://doi.org/10.5194/essd-10-405-2018>
- Magda, R. (2011). A megújuló energiaforrások szerepe és hatásai a hazai agrárgazdaságban. *Gazdálkodás*, 55(6), 575–588.
- Magda, R. és Magda, R. (2009). A globális gazdasági válság és a magyarországi agrárgazdaság kilátásai. *Gazdálkodás*, 53(3), 112–120.
- Mészáros, S. (2010). A fenntartható fejlődést szolgáló paradigma. *Gazdálkodás*, 54(3), 275–285.
- Mészáros, S. (2011). Nemnövekedés: egy új gazdasági paradigma európai fejleményei. *Gazdálkodás*, 55(3), 259–265.
- Mészáros, S. és Hajdu, I. (2012). Fenntarthatósági irányzatok összehasonlítása. *Gazdálkodás*, 56(3), 211–216.
- Németh, T. és Várallyay, Gy. (2015). A természeti erőforrások fenntarthatósága: mi van, ha nincs? *Gazdálkodás*, 59(3), 201–219.

- Pálvölgyi, T. és Csete, M. (2012). A magyarországi természeti erőforrások állapota és fenntartható hasznosításukat befolyásoló tényezők. *Gazdálkodás*, 56(1), 26–43.
- Pálvölgyi, T. és Csete, M. (2011). A fenntarthatóság felé való átmenet lehetőségei Magyarországon. *Gazdálkodás*, 55(5), 467–478.
- Pintér, J. és Rappai, G. (2007). *Statisztika I.* PTE.
- Yusuf, R. O., Noor, Z. Z., Abba, A. H., Hassan, M. A. A. & Din, M. F. M. (2012). Methane emission by sectors: A comprehensive review of emission sources and mitigation methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 5059–5070. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.008>
- Ritchie, H. (2020. szeptember 18.). Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- Robolledo-Leive et al. (2017). Joint carbon footprint assessment and data envelopment analysis for the reduction of greenhouse gas emissions in agriculture production. *Science of the Total Environment*, 593–594, 36–46.
- Scherer, L. A., Verburg, P. H. & Schulp, C. J. (2018). Opportunities for sustainable intensification in European agriculture. *Global Environmental Change*, 48, 43–55. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.009>
- Somogyi, Z. (2009). A fenntarthatóság mérése az erdőgazdálkodásban. *Gazdálkodás*, 53(3), 233–246.
- Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 1–13.
- Steiner, R. (1999). A mezőgazdálkodás gyarapodásának szellemi tudományos alapjai. GA327 Genius Kiadó. (Eredeti változat megjelent 1924-ben.)
- Szlávik, J. és Csete, M. (2005a). A fenntarthatóság érvényre juttatása és mérhetősége települési – kisregionális szinten. *Gazdálkodás*, 48(4), 10–17.
- Szlávik, J. és Csete, M. (2005b). A fenntartható vidék és a versenyképesség. *Gazdálkodás*, 49(12. különsz.), 19–27.
- Takácsné György, K. (2020). A fenntartható gazdálkodás és a méretgazdaságosság kölcsönhatásai. *Gazdálkodás*, 64(5), 365–386.
- The World Bank (2020). *Statistics The World Bank*. [2020.12.30.]
- Trinh, B. & Quoc, B. (2017). Some problems on the sectoral structure, GDP growth and sustainability of Vietnam. *Journal of Reviews on Global Economics*, 6, 143–153. <https://doi.org/10.6000/1929-7092.2017.06.12>
- Tubiello et al. (2014). *Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks*. ESS Working Paper No. 2, Mar 2014
- Wang, L. et al. (2020). Globalization and carbon emissions: Is there any role of agriculture value-added, financial development, and natural resource rent in the aftermath of COP21? *Journal of Environmental Management*, 268, 110712. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110712>
- Zaferiouri, E. & Azam, M. (2017). CO₂ emissions and economic performance in EU agriculture: Some evidence from Mediterranean countries. *Ecological Indicators*, 81, 104–114.

ANALYSIS OF MAIN FACTORS AFFECTING AGRICULTURAL CARBON DIOXIDE EMISSIONS

By: Gyarmati, Gábor

Keywords: agricultural CO₂ emissions, agricultural value added, determinants of CO₂ emissions, sustainability

JEL: Q10, Q40, Q56

Sustainability is a key question of 21st- century agriculture worldwide, so it is a priority in EU agricultural policy, among others. The main question of this research is what factors determine the carbon dioxide emissions from agricultural production. After all, the literature suggests that agriculture is responsible, if not significantly, for a slice of carbon dioxide emissions, between 7 and 13%. Greenhouse gases are the main cause of climate change. There is a strong correlation between carbon dioxide emissions from agriculture and greenhouse gas emissions. Where a country is less industrialised, i.e., where agriculture accounts for a larger share of total output, it will have lower agricultural carbon dioxide emissions. The level of manure use also has a positive effect on carbon dioxide emissions, both from animal manure and from fertilisers. The study has explored the factors that influence CO₂ emissions from agriculture in order to take steps to achieve better sustainability. The study has examined these factors and their interrelationships by country and group of countries, based on available World Bank and other databases, using data over several decades. The correlations revealed by statistical methods help policy makers and practitioners to understand how they can be affected. In order to reduce carbon emissions and greenhouse gas emissions, it is essential that these factors are considered by decision-makers at the grass-roots level. There does not seem to be much room for manoeuvre for decision-makers to involve land, but more optimal use of cultivated land is certainly recommended. Reducing animal production will also reduce emissions, optimising the use of manure and eliminating waste by prioritising the use of animal manure in the right quantities. The size of the agricultural GDP depends on many factors, so changing it is a complex issue, and its role in reducing carbon emissions does not outweigh the energy investment it would require.