

Sós N. Eszter¹

A szén-dioxid (CO₂) környezetkárosító hatása és keletkezése az áruszállítási folyamatok során

The Environmental Impact of Carbon Dioxide (CO₂) and its Formation during Freight Transport Processes

A klímaváltozás hatása az élet minden területén jelen van, ezáltal napjaink egyik legjelentősebb problémája. Kialakulásának egyik fő oka a légkörbe kibocsátott szén-dioxid (CO₂) mennyisége, ami az üvegházhatáson keresztül befolyásolja jelenlegi éghajlatunkat. A környezetkárosítás csökkentése érdekében ismerni szükséges a szén-dioxid keletkezésének helyeit, a környezetre gyakorolt károsító hatásait, az üvegházhatást, ökológiai lábnyom értelmezését, valamint a szénlábnyom definícióját. Az éghajlatváltozásra jelentős befolyással van a közlekedés által kibocsátott szén-dioxid-szint, mivel ez a legártalmasabb légkörbe kibocsátott káros anyag a globális felmelegedés szempontjából, ezért csökkentése különösen fontos minden szektorban. Jelen publikációm abból a célból készült, hogy ismertessem a szén-dioxid környezetkárosító hatásait, valamint a logisztikai anyagmozgatás folyamán használt közlekedési módok megoszlásának arányát. Vizsgálatom célja, hogy elemezzem az áruszállítási teljesítményeket közlekedési módonként, ami által komplexebb képet kaphatunk arról, hogy a különböző áruszállítási metódusok közül melyik milyen arányban vesz részt az anyagmozgatási tevékenységekben. A szén-dioxid környezetkárosító hatásainak ismertetése, valamint a jelenlegi közlekedési trendek ismerete átfogó képet ad arról, hogy miért olyan fontos a közúti áruszállítás környezetkárosító hatásait vizsgálni.

Kulcsszavak: CO₂ szén-dioxid, üvegházhatás, ökológiai lábnyom, szénlábnyom, logisztika, közúti áruszállítás, árumozgatás

The effects of climate change are present in all areas of life, making them one of the most significant problem today. One of the main reasons for its formation is the amount of carbon dioxide (CO₂)

¹ Széchenyi István Egyetem, doktori hallgató, e-mail: sos.eszter.phd@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4759-768X>

emitted into the atmosphere, which affects our current climate through the greenhouse effect. In order to reduce environmental damage, it is necessary to know the locations of carbon dioxide generation, its harmful effects on the environment, the greenhouse effect, the interpretation of the ecological footprint, and the definition of the carbon footprint. The present study is intended to support the study of options for reducing CO₂ emissions from freight transport by describing the environmental impacts of CO₂. Climate change is significantly affected by the level of carbon dioxide emitted by transport, as it is the most harmful atmospheric pollutant in terms of global warming and therefore must be reduced in all sectors that are important. My present publication is intended to describe the environmental effects of carbon dioxide and the distribution of the mode of transport used during logistics material handling. The aim of my study is to provide an analysis of freight transport performance in a transport mode, which can give a more complex picture concerning which of the different freight transport methods is dangerous in material handling activities. Describing the environmental impacts of carbon dioxide as well as knowledge of current transport trends provides a comprehensive picture of the reasons why it is so important to study the environmental impacts of road freight transport.

Keywords: CO₂ carbon dioxide, greenhouse effect, ecological footprint, carbon footprint, logistics, road freight transport, goods movement

1. Bevezetés

Napjaink egyik legfontosabb környezeti, társadalmi, gazdasági problémája az éghajlatváltozás, aminek egyik okozója a közlekedésből eredő károsanyag-kibocsátás, ezen belül is a szén-dioxid-(CO₂-) kibocsátás mértéke,² mivel a globális felmelegedés szempontjából ez a legártalmasabb légkörbe kibocsátott káros anyag.³

Csökkentési lehetőségét sokan, sok tudományterületen kutatják, de emellett az Európai Unió is elkötelezett az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésében.⁴ Egyik legfontosabb céljaként határozta meg, hogy az 1990-es adatokhoz képest 2050-re a közlekedésből származó szén-dioxid-kibocsátás mértékét 60%-ra csökkentse.⁵ Ennek megfelelően a különböző tudományterületeken vizsgálatokat végeztek arra vonatkozóan, hogy melyik területen milyen mértékű a szén-dioxid-kibocsátás, mivel a globális felmelegedés szempontjából ez a legártalmasabb légkörbe kibocsátott káros anyag.⁶

A logisztikai anyagmozgatás során nagymértékű károsanyag-kibocsátás keletkezik, így környezetterhelés szempontjából vizsgálandó az anyagmozgatási tevékenység és károsanyag-kibocsátás kapcsolata. A termékek előállításához szükséges logisztikai folyamatok jelentős kör-

² Kuti Rajmund: A globális felmelegedés hatására kialakuló szélsőséges időjárási jelenségek megjelenési formái és következményei Magyarországon. In Földi László – Hegedűs Hajnalka (szerk.): *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Budapest, Nemzeti Köszolgálati Egyetem, 2019.

³ Alnail Mohammed et alii: Driving factors of CO₂ emissions and nexus with economic growth, development and human health in the Top Ten emitting countries. *Resources, Conservation & Recycling*, 148. (2019), 157–169.

⁴ Európai Parlament: *Amit érdemes tudni a gépjárművek szén-dioxid-kibocsátásáról az EU-ban*. 2019.

⁵ European Environment Agency.

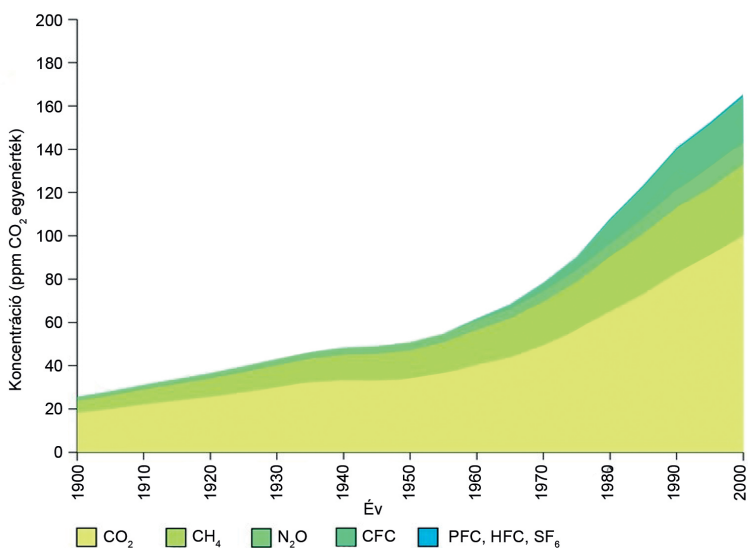
⁶ Mohammed (2019) i. m.

nyezetkárosító hatással rendelkeznek. Elemzésemet leszűkítettem az áruszállításhoz kapcsolódó szén-dioxid-kibocsátásra. Jelen tanulmányomban a szén-dioxid keletkezését, valamint a légköri növekedésének ütemét és koncentrációjának változását ismertetem az üvegházhatásra gyakorolt hatásán keresztül, emellett pedig áttekintem a különböző áruszállítási módok környezetre gyakorolt hatásait. A Közlekedéstudományi Intézet adatait elemezve bemutatom az elmúlt évek áruszállítási teljesítményét, valamint a 2050-ig elkészített trendeket. Vizsgálatom célja, hogy a logisztikai áruszállítási módok kiválasztásánál a környezet megóvása is szempont legyen a szén-dioxid környezetkárosító hatásainak ismeretében.

2. Üvegházhatású gázok

Az üvegházhatású gázoknak messzemenő környezeti és egészségügyi hatásai vannak, a légszennyezés okozta légúti megbetegedések mellett szív- és érrendszeri betegségek kialakulásához is vezethet, valamint gyakori fejfájást és koncentrációs zavarokat is okozhat.⁷

Az üvegházhatást okozó gázok a Napból származó hő megkötésével – egy természetes folyamat részeként – tartották meg a Föld éghajlatát az emberek és sok millió más faj számára. Ez a folyamat lett nagyobb intenzitású az emberi szennyezésnek köszönhetően kikerülő gázmennyiség miatt. E gázok mennyiségi növekedése miatt megnövekedett az üvegház mennyisége, ami nagyobb energiaelnyelő és -visszaverő hatást eredményezett, ennek következtében melegszik a klíma, valamint veszélybe kerülnek az élőlények és lakhelyeik.



1. ábra. Az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése

Forrás: European Environment Agency i. m.

⁷ Anna Makri – Nikolaos I. Stilianakis: Vulnerability to air pollution health effects. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211. (2008).

2.1. Mit jelent maga a folyamat?

A Föld hőmérsékletét a Napból érkező és a Föld felszínéről a világűrbe távozó sugárzási energia egyensúlya határozza meg. A Nap felszínéről széles spektrumú elektromágneses sugárzás lép ki. A Föld felszínét főleg a látható és infravörös tartományba tartozó sugarak érik el, amelyek felét elnyeli. A felszínről visszasugárzott (hő)energia (hosszú hullámú infravörös sugárzás) egy része nem jut ki a légkörből, mert a benne található üvegházhatású gázok elnyelik. Ettől az alsó légkör felmelegszik, s ezek is hősugarakat bocsátanak ki magukból, ezáltal a talaj közelében tartják a meleget. Az üvegházhatás természetes folyamat, amely nélkül a földi átlaghőmérséklet körülbelül 30 °C-kal lenne alacsonyabb.⁸

A szén-dioxid a légkörben található mennyisége miatt a legveszélyesebb és legelterjedtebb üvegházhatású gáz – a globális átlagos légköri szintje 409,8 ppm értéket mutatott 2019-ben, így elérte a valaha regisztrált legmagasabb szintet.⁹ Az üvegházhatást okozó gázok szintje elsősorban azért magas, mert az emberek fosszilis üzemanyagok elégetésével juttatták őket a levegőbe. Az üvegházak csapdába ejtik a sugárzási energia egy részét¹⁰ és a hőt a Föld felszíne közelében tartják, ahelyett, hogy hagynák az űrbe szökni. A hőenergia légkörben rekedését üvegházhatásnak nevezik.

Az éghajlatváltozás az a kifejezés, amelyet a tudósok használnak az üvegházhatású gázok koncentrációja által vezérelt komplex elmozdulások leírására, amelyek most bolygónk időjárási és éghajlati rendszereit befolyásolják. Az éghajlatváltozás magában foglalja nemcsak az emelkedő átlaghőmérsékletet, amelyet globális felmelegedésnek nevezünk, hanem a szélsőséges időjárási eseményeket, a vadállomány és élőhelyek eltolódását, a tengerek emelkedését és számos egyéb hatást.¹¹

2.2. Az üvegházhatású gázok és forrásaik

Az üvegházhatású gázok és forrásaik áttekintése szükséges ahhoz, hogy a CO₂ környezetre gyakorolt hatását ismertessem.

Szén-dioxid (CO₂): A szén-dioxid az elsődleges üvegházhatású gáz, amely a kibocsátások mintegy háromnegyedéért felelős, és 300-1000 évig is a légkörben tartózkodhat.¹² A szén-dioxid-kibocsátás elsősorban szerves anyagok elégetéséből származik: szén, olaj, gáz, fa és szilárd hulladék.

Metán (CH₄): A földgáz fő összetevője, a metán a hulladéklerakókból, a földgáz- és kőolajiparból, valamint a mezőgazdaságból (különösen a legeltetett állatok emésztőrendszeréből) szabadul fel. A metán molekula nem marad addig a légkörben, míg egy szén-dioxid-molekula,

⁸ Sárvári Attila: *Környezetegészségtan*. 2011.

⁹ International Energy Agency: *Data and statistics*.

¹⁰ CO₂: *Túl nagy lábon élünk*. MTA Ökológiai Kutatóközpont, 2015.

¹¹ Christina Nunez: *Carbon dioxide levels are at a record high. Here's what you need to know*. *National Geographic*, 2019. május 13.

¹² Alan Buis: *NASA's Jet Propulsion Laboratory: The Atmosphere: Getting a Handle on Carbon Dioxide*. *NASA. Global Climate Change*, 2019. október 9.

körülbelül 12 év a légkörben töltött élettartama. Az üvegházhatást okozó gázok összes kibocsátásának körülbelül 16%-át adja.

Dinitrogén-oxid (N₂O): A dinitrogén-oxid viszonylag kis részét – mintegy 6%-át – teszi ki az üvegházhatást okozó gázok globális kibocsátásának, a légkörben töltött élettartama meghaladja az egy évszázadot. A dinitrogén-oxid-kibocsátás legjelentősebb forrása a mezőgazdaság és az állattenyésztés, beleértve a műtrágya, a trágya és a mezőgazdasági maradványok, valamint az üzemanyagok elégetését.

Ipari gázok: A fluorozott gázok, mint például a fluorozott szénhidrogének, a perfluoros szénhidrogének, a klór-fluorozott szénhidrogének, a kén-hexafluorid (SF₆) és a nitrogén-trifluorid (NF₃) hőmegkötő potenciállal rendelkeznek, ezerszer nagyobbak, mint a CO₂, és évszázadokig-évezredekig tartózkodnak a légkörben. Az összes kibocsátás körülbelül 2%-át teszik ki. Hűtőközegként, oldószerként és a gyártás során használják, néha melléktermékként.¹³

Egyéb üvegházhatású gázok közé tartozik a vízgőz és az ózon (O₃): A vízgőz valójában a világ legerjedtebb üvegházhatású gáza, de nem követik annyira nyomon, mint más üvegházhatású gázokat, mert nem közvetlenül az emberi tevékenység bocsátja ki, és annak hatásait sem ismerik jól. Hasonlóképpen, a talajsínt vagy a troposzférikus ózon (nem tévesztendő össze a magasabb sztratoszféra ózonrétegével, amely feljebb van) jellegzetes napi és évi változást mutat. Mivel keletkezéséhez sugárzás- és közlekedéseredetű anyagok kellenek, az évszakok közül leggyakrabban nyáron (június–augusztus) várható megjelenése. A napi változását is az időjárás és a közlekedés együtt határozza meg.¹⁴

2.3. Miért a szén-dioxiddal foglalkozunk a legtöbbet?

Napjainkban mindenki számára ismert tény, hogy a bolygónk éghajlatának alakulásában jelentős szerepe van az üvegházhatásnak, amely az emberi tevékenységek hatásaként jelent meg. Korábban a kisebb szénkibocsátással járó energiahordozók bevezetésében látták egyedül a szén-dioxid-probléma megoldását, mint például a kőszén helyett földgáz felhasználása és alternatív energiaforrások bevezetése,¹⁵ ehhez azonban a világ energiagazdaságának olyan méretű átalakítására lett volna szükség, amelyet nem lehet elég gyorsan végrehajtani, valamint a hirtelen átalakítás összeroppanthatná a globális gazdaságot.

Ahogy már az előző fejezetben is ismertettem, a szén-dioxid egy üvegházhatású gáz, amely elnyeli és kisugározza a hőt. A Nap által felmelegítve a szárazföldre és óceánok felszíne állandó infravörös hőenergiát sugároz. Az oxigénnel és nitrogénnel ellentétben (amiből az atmoszféra nagy része áll), az üvegházhatású gázok elnyelik a hőt és fokozatosan sugározzák azt, mint a téglák egy kandallóban, miután a tűz már kialudt. Enélkül a természetes üvegházhatás nélkül a Föld átlagos hőmérséklete fagyponthoz alacsonyabb lenne a közel 15–16 °C helyett. De az üvegházhatású gázok mennyiségének növekedése kibillentette a Föld energiagazdálkodásának egyensúlyát, csapdába ejtve a hőt és megemelve a bolygónk átlaghőmérsékletét.

¹³ Nunez (2019) i. m.

¹⁴ Anda Angéla – Burucs Zoltán – Kocsis Tímea: *Globális környezeti problémák és néhány társadalmi hatásuk*. 2011.

¹⁵ Szinger Balázs – Szilágyi Veronika: *A CO₂-probléma és a felszín alatti CO₂-elhelyezés lehetőségei*. Környezetvédelmi füzetek 2005/10. 2007. május.

A szén-dioxid a legfontosabb a Föld hosszú életű üvegházhatású gázai közül. Ez kevesebb hőt nyel el molekulánként, mint más üvegházhatású gázok, mint például a metán vagy a nitrogén-oxidok, de nagyobb mennyiségben van jelen, és sokkal tovább tud a légkörben maradni. Amíg a szén-dioxid kisebb mennyiségben van jelen, és kevésbé „erőteljes”, mint a vízgőz a molekulák szintjén összevetve, elnyel olyan hullámhosszú termikus energiát is, amit a vízgőz nem, ami azt jelenti, hogy az üvegházhatást egyedi módon növeli. A másik ok, amiért a szén-dioxid fontos a Föld rendszerében, az az, hogy feloldódik az óceánok vizében, mint a buborék a szódában. Reakcióba lép a víz molekuláival, szénsav keletkezik, ami csökkenti az óceánok pH-értékét. Az ipari forradalom kezdete óta az óceánok felszíni vizeinek pH-értéke 8,21-ről 8,10-re esett. Ez a pH-értékcsökkenés, amit az óceánok elsavasodásának nevezünk. Egy 0,1-es változás nem tűnik soknak, de a pH-skála logaritmikus. Egy 1 egység esés a pH-értékben a savasság tízszeres erősödését mutatja. Ez a 0,1-es változás körülbelül 30%-os emelkedés a savasságban. Az emelkedő savasság megzavarja a tengeri élőlényeket abban, hogy kalciumot vonjanak ki a vízből, hogy fel tudják építeni külső vázukat és csontvázukat.¹⁶

2.4. A szén-dioxid-koncentráció változása

A szén-dioxid-koncentráció természetes növekedése rendszeresen megemelte a Föld hőmérsékletét az elmúlt pár milliárd év jégkorszakai alatt. A felmelegedések a napsugárzás kismértékű emelkedésével kezdődtek, a Föld tengelyének kismértékű ingadozása miatt vagy Nap körüli pályájának megváltozása miatt. Ez a kevés extra napfény egy kisebb melegedést okozott. Ahogy az óceánok melegedtek, kibocsátották a szén-dioxidot, ahogy egy üveg szóda is teszi egy forró nyári napon. A kibocsátott extra szén-dioxid az atmoszférába kerülve felerősítette a kezdeti melegedést. A több ezer méter mélyen jégbe zárt légbuborékok alapján (és más paleoklimatikus bizonyítékok alapján) tudjuk, hogy az elmúlt évmilliárdok jégkorszakai alatt a szén-dioxid szintje sosem lépte át a 300 ppm-et.

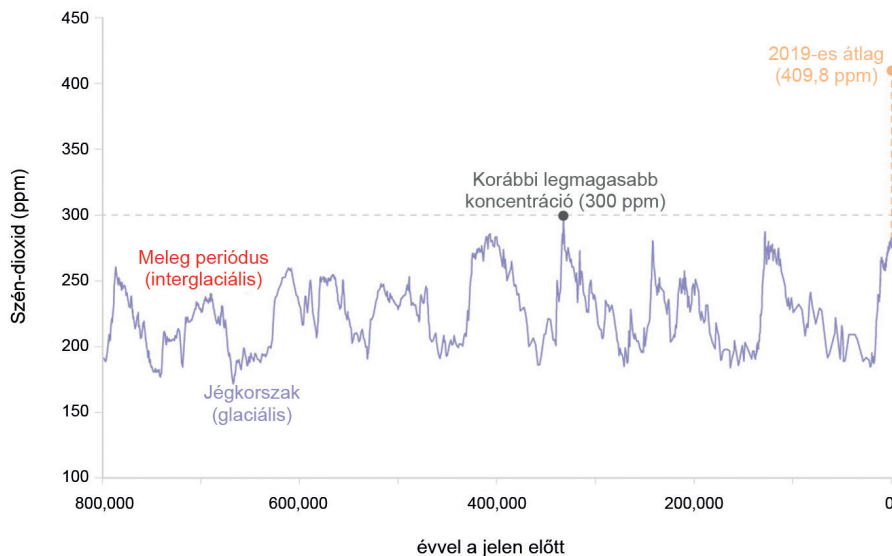
Az ipari forradalom kezdete előtt, az 1700-as évek közepén az átlag szén-dioxid-szint körülbelül 280 ppm volt. Amikor a Mauna Loa Volcanic megfigyelőhelyen 1958-ban elindult az állandó megfigyelés, a légkör szén-dioxid-tartalma már 315 ppm volt. 2013. május 9-én a napi átlagos szén-dioxid-érték átlépte a rekordnak számító 400 ppm-es határt. Kevesebb, mint két évvel később, 2015-ben első alkalommal nőtt 400 ppm fölé a globálisan mért érték. Ha a világ energiaszükséglete továbbra is nő, és ezt nagy részben fosszilis üzemanyagokkal szándékoznak ellátni, előrejelzések alapján a légkör szén-dioxid-szintje átlépi a 900 ppm-es értéket a század végére.¹⁷

¹⁶ Rebecca Lindsey: *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide*. 2020. augusztus 14.

¹⁷ Lindsey (2020) i. m.

2.5. A légköri szén-dioxid növekedésének üteme

A National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) által mért adatok szerint¹⁸ a globális átlagos légköri szén-dioxid 2019-ben 409,8 ppm értéket mutatott, 0,1 ppm bizonytalansági szint mellett. A szén-dioxid-szint ma magasabb, mint bármikor az elmúlt 800 000 évben.



2. ábra. A légkör szén-dioxid-koncentrációja ppm-ben az elmúlt 800 000 évre vetítve

Forrás: a szerző fordítása a Climate change atmospheric carbon-dioxide grafikonja alapján.

A légköri CO₂-mennyiség legutóbb több mint 3 millió évvel ezelőtt volt ilyen mértékű, amikor a hőmérséklet 2–3 °C-kal volt magasabb, mint az iparosodás előtti korszakban és a tengerszint is 15–25 méterrel magasabb értéket mutatott.

A légköri szén-dioxid növekedésének üteme:

- A NOAA¹⁹ és az Amerikai Meteorológiai Társaság 2019-es éghajlati állapota szerint a globális légköri szén-dioxid új rekordmagasságot ért el: 409,8 ± 0,1 ppm volt 2019-ben.
- Viszonyítva a 2018-as adatokhoz, ez 2,5 ± 0,1 ppm növekedést jelent.
- Ez az érték megegyezik a 2017 és 2018 közötti növekedéssel.
- 2009–2018 között azonban a növekedési ütem 2,3 ppm volt évente, ez közel négyszeres növekedést mutat az 1960-as években mért adatokhoz képest, amikor a légköri szén-dioxid globális növekedési üteme nagyjából 0,6 ± 0,1 ppm volt évente.
- A természetes ütemben történő növekedéssel szemben – amely az utolsó jégkorszak végén, 11 000–17 000 évvel ezelőtt következett be – az elmúlt 60 évben a légköri szén-dioxid éves növekedési üteme körülbelül százszor gyorsabb lett.

¹⁸ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Online: www.noaa.gov/

¹⁹ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). i. m.

2.6. Az ökológiai lábnyom és a szénlábnyom

„Az ökológiai lábnyom számításánál a javak és a szolgáltatások előállításához szükséges földterületet határozzuk meg. A mutató hasznosságának egyik titkát épp a mértékegység jelenti. Míg a pénzben kifejezett makrogazdasági elszámolásokban nem jelenik meg közvetlenül, hogy a növekedésnek vannak határai, addig a földterületben történő számításoknál egyértelműen látható, hogy vannak a növekedésnek határai, amiket nem célszerű átlépni.”²⁰

Dr. Horváth Balázs: *A növekvő népességgel a fenntarthatóság felé* című publikációja alapján az egy főre eső ökológiai lábnyom 2015-ben 2,65 hektárnyi volt. Mivel a Föld termékeny területeinek nagysága korlátozott és egyre több ember között kell felosztani, egy személyre 2016-ban már csak 1,5 globális hektár jutott. „Ez azt jelenti, hogy legalább másfélszer annyi szén-dioxid (CO₂) termelünk, másfélszer annyi húst és halat fogyasztunk, másfélszer annyi növényt termelünk a szántóföldeken stb, mint amennyi fenntarthatóan lehetséges.”²¹

Az ökológiai lábnyom adataival a fenntarthatóság mértékét támasztják alá, egyik lényeges eleme a szénlábnyom, azaz karbonlábnyom. „A szénlábnyom az emberi tevékenységek CO₂-emissziója, környezetre gyakorolt hatásának mértéke. Használata számszerűen is mérhetővé teszi azt, hogy az adott tevékenység milyen mértékben járul hozzá a globális felmelegedéshez. Pontosabb definíció szerint, a szénlábnyom valamely termék vagy szolgáltatás teljes élettartama során keletkező szén-dioxid és egyéb üvegházhatású gázok, szén-dioxid egyenértékben kifejezett, együttes mennyisége. A szénlábnyom annak a szén-dioxid mennyiségnek kilogrammban vagy tonnában mért tömege, amennyi ugyanakkora globális felmelegedést okoz, mint a keletkezett üvegház gázok, együttesen.”²²

Tanulmányomat a közúti áruszállítás környeztkárosító hatásainak elemzése céljából készítettem. A szén-dioxid környeztkárosító hatásainak meghatározásához fontos, hogy a karbonlábnyom meghatározása ne csak általánosságban történjen meg, hanem logisztikai szempontok alapján is. A gazdasági és logisztikai szereplők megpróbálták felmérni és meghatározni a tevékenységük által generált szén-dioxid-kibocsátást és az ebből adódó környezetterhelés mértékét. Ez alapján ismertetem a Carbon Trust cég definícióját, mivel logisztikai szempontból ez a legközelebb álló értelmezés: „A szénlábnyom elemzés egy olyan technika, amelynek segítségével azonosíthatóvá és mérhetővé válik az ellátási lánc folyamatai és tevékenységei által okozott üvegházhatású gáz-kibocsátás mértéke. Egyben olyan gondolkodási keret is, mely segítségével ezeket a környezeti terheléseket konkrét végtermék előállításához tudjuk kötni.”²³

²⁰ Szigeti Cecília: *Az ökológiai lábnyom határai. Az ökológiai gondolat*. Typotex, 2016.

²¹ Horváth Balázs: *A növekvő népességgel a fenntarthatóság felé. Ökológiai lábnyom és fenntarthatóság*. L'Harmattan, 2016. 253–278.

²² *Ökoiskola tananyag*. Padányi Katolikus Iskola, 2011.

²³ Barna Zsolt – Gelei Andrea: A szénlábnyom mérése – Fókuszban a közúti áruszállítás és raktározás. *Vezetéstudomány – Budapest Management Review*, 45. (2014), 7–8. 53–68.

2.7. Miért fontos a szén-dioxid környezetkárosító hatásának vizsgálata a logisztikában?

Napjaink egyik népszerű szállítási trendje a Just In Time rendszer, amely szerint folyamatosan egyre kisebb mennyiségű áru mozgatása történik, folyamatosan egyre rövidebb határidővel. Ez a készletezési költségek fokozatos csökkenésével jár, azonban növeli a környezet terhelését. Mivel ennél a rendszernél kiemelt jelentőségű, hogy az áru fuvarozása kellő rugalmassággal és precizitással teljesüljön, ezért az áru mozgása többnyire közúton valósul meg, ami viszont jelentős környezeti terhelést okoz mind a szennyező, mérgező gázok, mind pedig a zajártalom vonatkozásában. A KSH 2019-es adatainak elemzése alapján Magyarországon a közúti áruszállítás árutonna-kilométerre vizsgálva a teljes árumozgatás 63%-át tette ki, tehát környezetterhelés szempontjából az egyik fontos logisztikai tényező az anyagmozgatási tevékenység károsanyag-kibocsátása.²⁴

1. táblázat. Szállítási módok fajlagos CO₂-egyenértéke (g/tkm) Németországban 2016-ban

Szállítási módok fajlagos CO ₂ -egyenértéke (g/tkm) Németországban			
Közlekedési mód	2014	2015	2016
Közúti teherfuvarozás	112,0	92,3	97,4
Vasúti teherfuvarozás	22,4	21,9	20,8
Vízi áruszállítás	9,4	8,6	6,9
Légi áruszállítás	789,0	773,0	757,0

Forrás: a szerző szerkesztése a Deutsche Bahn: *Inclusion of CO₂-equivalents also for specific emissions*. 2017. adatai alapján

Az 1. táblázatról leolvasható, hogy a vasúti áruszállítás tonnakilométerenként 76,6 g-mal kevesebb szén-dioxidot bocsát ki, mint a közúti áruszállítás,²⁵ viszont a vasúti pályán való árumozgatás nem minden esetben valósítható meg, egyrészt a pálya kötöttsége miatt, másrészt a megbízhatatlansága miatt nem megfelelő a JIT-rendszer szigorú ütemezésének a kiszolgálására.²⁶

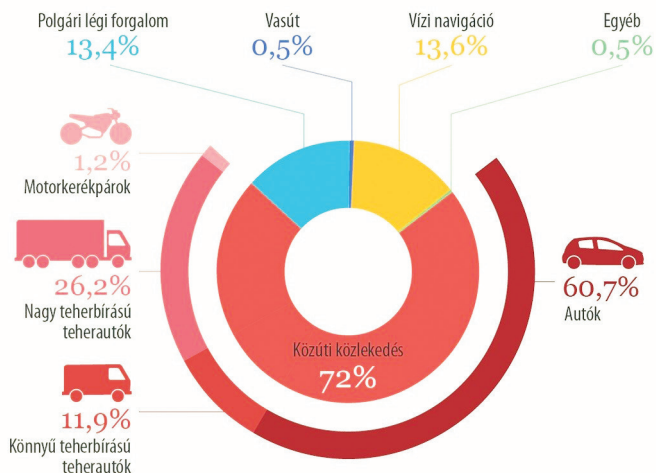
Az Európa Unió elkötelezett az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésében; egyik legfontosabb célja, hogy az 1990-es adatokhoz képest 2050-re a közlekedésből származó szén-dioxid- (CO₂-) kibocsátás mértékét 60%-ra csökkentse.²⁷ Céljaihoz igazodva szükségessé válik a felülbírlata minden olyan folyamatnak, amelynek jelentős befolyása van a kibocsátásai révén az éghajlat változására.

²⁴ Sós N. Eszter: A közúti áruszállítás szerepe az árumozgatásban, és a tevékenység során kibocsátott káros anyagok mennyiségének változása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30. (2020), 1. 139–150.

²⁵ Sós N. Eszter – Nagy Zoltán András: Exploring options for reducing CO₂ emission from freight transport. *Annals of Faculty of Engineering Hunedoara – Internal Journal of Engineering*, (2020), 18. 157–162.

²⁶ Mike Gábor: *A logisztika környezetvédelmi kérdései és a Reverse Logistics*. 19. Műhelytanulmány. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, 2002.

²⁷ Európai Parlament: *Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése: az EU céljai és intézkedései*. 2018.



3. ábra. A közlekedésből származó szén-dioxid- (CO₂-) kibocsátás az EU-ban, közlekedési formái szerinti lebontásban

Forrás: Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2019.

Ahogy a 3. ábrán látható, az EU-ban a közlekedésből származó szén-dioxid 72%-áért felelős a közúti közlekedés, ebből 38,1% köthető áruszállításhoz.²⁸

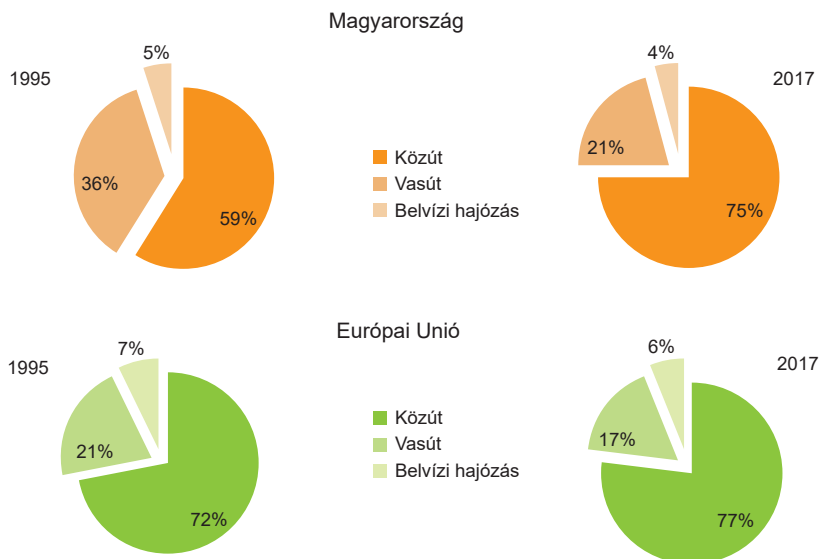
2.8. Az áruszállítási teljesítmények változásának elemzése közlekedési módokonként

Az 1. táblázatban feltüntettem a különböző áruszállító divíziók által generált szén-dioxid-egyenértéket, amely viszonyítási alapként használható az áruszállítási módok összehasonlításakor. A kiválasztott anyagmozgatási módok által kibocsátott szén-dioxid-szint akkor értelmezhető, ha ismertetem a jelenleg használt árumozgatási módok egymáshoz viszonyított arányát.

A Közlekedéstudományi Intézet (KTI)²⁹ statisztikai adatait vizsgáltam az áruszállítási teljesítményekre vonatkozóan Magyarország és az Európai Unió tagállamai tekintetében, az 1995 és 2017 közötti időszakokra. Azért ezeket az éveket választottam, mert ebben az intervallumban mindegyik közlekedési mód esetében elérhetőek az adatok. A vasúti áruszállításra vonatkozó adatok tartalmazzák a hazai és a belföldről nemzetközi irányba történő kötött pályás árumozgatást is.

²⁸ Európai Környezetvédelmi Ügynökség.

²⁹ Garda Zsolt Béla: *Trendek – Grafikus adatbázis*. Közlekedéstudományi Intézet. Adatforrások: KSH, Eurostat, 2018.



4. ábra. Áruszállítási teljesítmények megoszlása közlekedési módoként

Forrás: a szerző szerkesztése

Összehasonlítva az Európai Unió közúti áruszállításra vonatkozó adataival, egyértelműen látható, hogy hazánkban még mindig előnyben részesítik az árumozgatás során ezt a közlekedési módot. Ha viszont arányaiban vizsgáljuk meg az áruszállítási teljesítményeket közlekedési módoként, akkor a 4. ábráról egyértelműen leolvasható, hogy a közúti áruszállítás összességében mindenhol preferált árumozgatási forma, bár a magyarországi növekedés arányaiban jelentősebb, mivel hazánkban 59%-ról 75%-ra növekedett ezen időszak alatt, miközben az EU-n belül mindössze 5%-os emelkedésről beszélhetünk.

Elemzésemet kiterjesztettem a hazai vasúti áruszállítási teljesítmény változására is, mivel a hazai és a belföldről nemzetközi irányba történő kötött pályás árumozgatás arányaiban jelentősen visszaesett.



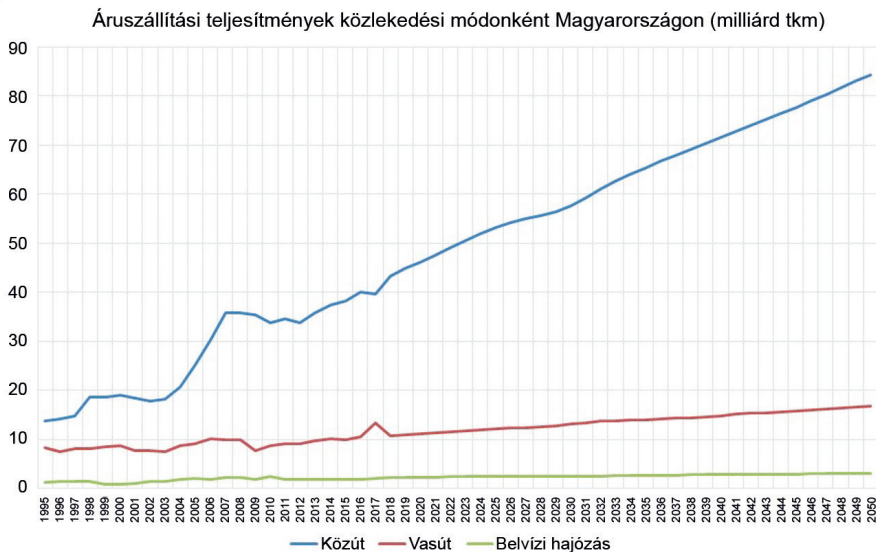
5. ábra. Magyarország vasúti áruszállítási teljesítménye 1995 és 2017 között

Forrás: a szerző szerkesztése

Ez részben a vasúti rendszerek továbbfejlesztésének hiánya miatt tapasztalható, másfelől pedig amiatt, hogy a telephelyek többsége nem a kötött pálya mellett helyezkedik el, ezért szükséges további áruszállítási eszközök alkalmazása is (kombinált áruszállítás). A vasúti teherfuvarozás kevesebb mint negyedannyi szén-dioxid-kibocsátással jár,³⁰ mint a közúti áruszállítás, tehát a kötöttpályás rendszerek fejlesztése mellett fontos lenne, hogy a logisztikai anyagmozgatás folyamán a vasúton történő árutovábbítás meghatározó arányban legyen jelen.

2.9. Trendek

Az 1995 és 2017 között rendelkezésre álló adatok alapján trendeket készítettem 2050-ig, Magyarország és az Európai Unió vonatkozásában.

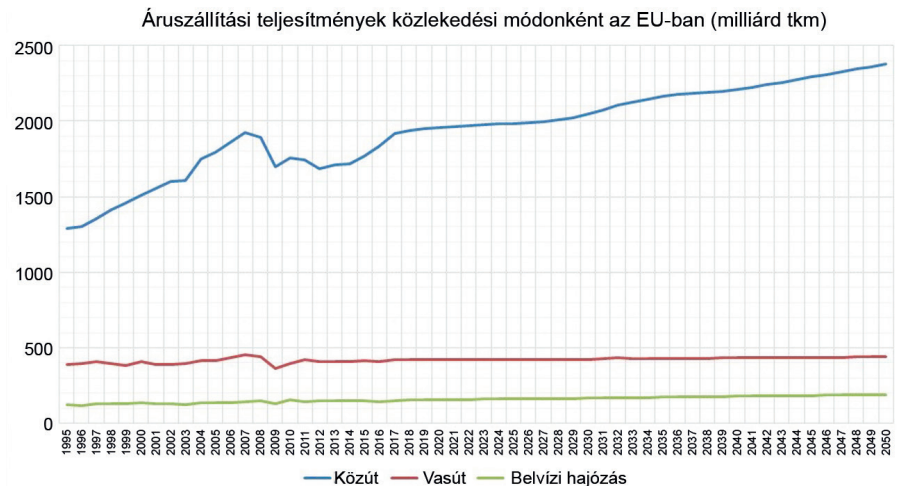


6. ábra. Magyarország áruszállítási teljesítményének trendje 2050-ig

Forrás: a szerző szerkesztése

A 6. ábra szemlélteti, hogy ha Magyarországon továbbra is a vizsgált időszakban használt közlekedési módokat részesítjük előnyben és ugyanolyan arányban, akkor a közúti áruszállítás mértéke 2050-re közel hatszorosára emelkedhet az 1995. évhez viszonyítva.

³⁰ Deutsche Bahn (2017) i. m.



7. ábra. EU áruszállítási teljesítményének trendje 2050-ig

Forrás: a szerző szerkesztése

Az Európai Unió adataival készített elemzés alapján, az 1995-ben mért kezdeti – közúti áruszállításra vonatkozó – értékek duplázódhatnak 2050-re. Mivel a közúti közlekedés jelentős részét az áruszállítás teszi ki, a fenntarthatóság érdekében a jelenlegi szállítási trendek felülvizsgálata szükséges.

3. Összegzés

Tanulmányom abból a célból készült, hogy a szén-dioxid (CO₂) keletkezésének körülményeit és környezetre gyakorolt hatásait ismertessem, emellett feltárjam az összefüggéseket a közúton történő anyagmozgatás és a szén-dioxid-kibocsátás mértéke között.

Kutatásom folyamán olyan adatokat gyűjtöttem, amelyek átfogó ismeretanyagot adnak azzal kapcsolatban, hogy miért a szén-dioxid a legártalmasabb léghőbe kibocsátott anyag. Részletesen bemutattam a globális átlagos légköri szén-dioxid változását és hatásait, valamint ismerttettem az ökológiai lábnyom és karbonlábnyom napjainkban használatos meghatározását, nemcsak környezetvédelmi, hanem logisztikai megközelítésből is.

A cikkem második felében ismerttettem, hogy miért fontos a szén-dioxid környezetkárosító hatásának vizsgálata a logisztikában, ezután elemeztem a Közlekedéstudományi Intézet által rendelkezésre bocsátott áruszállítási teljesítményekhez kapcsolódó adatokat.

Trendeket készítettem hazai és az Európai Unión belüli áruszállítási teljesítmények közlekedési módoként való megoszlása alapján, amelyek egyértelműen szemléltetik, hogy a jelenlegi szállítási módok felülvizsgálata szükséges annak érdekében, hogy a logisztikai árumozgatás környezetkárosító hatása csökkenthető legyen.

Felhasznált irodalom

- Anda Angéla – Burucs Zoltán – Kocsis Tímea: *Globális környezeti problémák és néhány társadalmi hatásuk*. 2011. Online https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_fejlodes/ch02s02.html
- Barna Zsolt – Gelei Andrea: A szénlábnyom mérése – Fókuszban a közúti áruszállítás és raktározás. *Vezetéstudomány – Budapest Management Review*, 45. (2014), 7–8. 53–68. Online: <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2014.07.05>
- Buis, Alan: NASA's Jet Propulsion Laboratory: The Atmosphere: Getting a Handle on Carbon Dioxide. *NASA. Global Climate Change*, 2019. október 9. Online: <https://climate.nasa.gov/news/2915/the-atmosphere-getting-a-handle-on-carbon-dioxide/>
- CO₂. *Túl nagy lábnyom élünk*. MTA Ökológiai Kutatóközpont, 2015.
- Deutsche Bahn: *Inclusion of CO₂-equivalents also for specific emissions*. 2017. Online: <https://ibir.de-utschebahn.com/>
- Európai Környezetvédelmi Ügynökség. Online: www.eea.europa.eu/hu
- Európai Parlament: *Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése: az EU céljai és intézkedései*. 2018. Online: www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20180305STO99003/az-ueveghazhatasu-gazok-kibocsatasanak-csokkentese-az-eu-celjai-es-intezkedesei
- European Environment Agency. Online: www.eea.europa.eu/
- Európai Parlament: *Amit érdemes tudni a gépjárművek szén-dioxid-kibocsátásáról az EU-ban*. 2019. Online: www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20190313STO31218/amit-erdemes-tudni-a-gepjarmuvek-szen-dioxid-kibocsatasarol-az-eu-ban
- Garda Zsolt Béla: *Trendek – Grafikus adatbázis*. Közlekedéstudományi Intézet. Adatforrások: KSH, Eurostat, 2018.
- Horváth Balázs: *A növekvő népességgel a fenntarthatóság felé. Ökológiai lábnyom és fenntarthatóság*. L'Harmattan, 2016.
- International Energy Agency: *Data and statistics*. Online: www.iea.org/data-and-statistics
- Kuti Rajmund: A globális felmelegedés hatására kialakuló szélsőséges időjárási jelenségek megjelenési formái és következményei Magyarországon. In Földi László – Hegedűs Hajnalka (szerk.): *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019. 413–428. Online: <http://mkweb.uni-pannon.hu/tudastar/ff/02-eghajlat/Eghajlat.xhtml#d6e55>
- Lindsey, Rebecca: *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide*. 2020. augusztus 14. Online: www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide?fbclid=IwAR25cALEN-4Rj8PINDLoSp0QiNVfSEDBJTbvlvHUxCdph-9bWqei9hNZyl
- Makri, Anna – Nikolaos I. Stilianakis: Vulnerability to air pollution health effects. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211. (2008), 326–336. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2007.06.005>
- Mike Gábor: *A logisztika környezetvédelmi kérdései és a Reverse Logistics*. 19. Műhelytanulmány. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, 2002. június. Online: <http://edok.lib.uni-corvinus.hu/43/1/Mike19.pdf>
- Mohammed, Alnail et alii: Driving factors of CO₂ emissions and nexus with economic growth, development and human health in the Top Ten emitting countries. *Resources, Conservation & Recycling*, 148. (2019), 157–169. Online: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.048>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Online: www.noaa.gov/
- Nunez, Christina: *Carbon dioxide levels are at a record high. Here's what you need to know*. *National Geographic*, 2019. május 13. Online: www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/global-warming-greenhouse-gases/

- Ökoiskola tananyag. Padányi Katolikus Iskola, 2011. Online: http://padanyi.uni-pannon.hu/2011_okoiskola_co2labnyom.jpg.pdf
- Sárváry Attila: *Környezetegészségtan*. 2011. Online: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0019_1A_Kornyezetegeszsegtan/ch03s03.html
- Sós N. Eszter – Nagy Zoltán András: Exploring options for reducing CO₂ emission from freight transport. *Annals of Faculty of Engineering Hunedoara – Internal Journal of Engineering*, (2020), 18. 157–162. Online: <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2020/ANNALS-2020-3-20.pdf>
- Sós N. Eszter: A közúti áruszállítás szerepe az árumozgatásban, és a tevékenység során kibocsátott káros anyagok mennyiségének változása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30. (2020), 1. 139–150. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.1.10>
- Szigeti Cecília: *Az ökológiai lábnyom határai. Az ökológiai gondolat*. Typotex, 2016.
- Szinger Balázs – Szilágyi Veronika: *A CO₂-probléma és a felszín alatti CO₂-elhelyezés lehetőségei*. Környezetvédelmi füzetek 2005/10. 2007. május.