

A GLOBÁLIS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS JELENSÉGE ÉS KÖVETKEZMÉNYEI REGIONÁLIS ÉS SZEKTORÁLIS ASPEKTUSBAN

THE PHENOMENON OF GLOBAL CLIMATE CHANGE AND ITS CONSEQUENCES FROM A REGIONAL AND SECTORAL PERSPECTIVE

Herczeg Balázs¹, Pintér Éva²

¹ PhD hallgató, Pécsi Tudományegyetem, Földtudományok Doktori Iskola
² Egyetemi docens, Vállalkozás és Innováció Intézet, Budapesti Corvinus Egyetem

Kulcsszavak:

Globális éghajlatváltozás, Szén-dioxid kibocsátások, Energiaszektor, Klímakonferenciák

Keywords:

Global climate change, Carbon emissions, Energy sector, Climate conferences

Absztrakt

A globális éghajlatváltozás jelentős veszélyt jelent a bolygóra és jólétünkre nézve, melynek a szén-dioxid-kibocsátás az egyik legfontosabb kiváltója. A tanulmány célja, hogy betekintést nyújtson a karbonkibocsátás alakulását befolyásoló tényezők összetett rendszerébe, megvizsgálva egyes országok (régiók) és szektorok hozzájárulásbeli különbségeit, valamint feltérképezni az éghajlatváltozás mérséklésére tett globális és Európai Unió (EU) erőfeszítéseket. E célból kvantitatív és kvalitatív kutatást is végeztünk, valamint számos statisztikát használtunk fel, hogy átfogó képet nyújthassunk a folyamatokról. Megállapítottuk, hogy míg az iparosodott országok történelmileg a szén-dioxid-kibocsátás fő okozói voltak, a Kínában és más, főként ázsiai fejlődő országokban megfigyelhető gyors gazdasági növekedés és iparosodás az utóbbi évtizedekben a karbonkibocsátásuk jelentős növekedéséhez vezetett. Továbbá nemcsak regionális, hanem ágazati különbségek is felfedezhetők, mivel az energiaágazat – ahol a fosszilis tüzelőanyagok továbbra is dominálnak a megújuló energiaforrásokra való áttérésre irányuló növekvő erőfeszítések ellenére, – járul hozzá a legnagyobb mértékben a szén-dioxid-kibocsátáshoz. Végezetül, a nemzetközi klímakonferenciákból, amely keretén belül például elfogadták a mérföldkőnek számító Párizsi Megállapodást, valamint az EU jelenlegi energiastratégiájából arra tudunk következtetni, hogy globális és regionális szintű erőfeszítéseket tesznek a döntéshozók az éghajlatváltozás mérséklésére és a nettó nulla kibocsátás elérése érdekében.

Abstract

Global climate change poses a significant threat to the planet and our well-being, with carbon emissions being a key contributing factor. The aim of this article is to delve into the complex system of factors influencing carbon emission trends among key countries, examine sectoral differences contributing to such emissions and understand the global actions taken to mitigate the climate change. For this purpose, both quantitative and qualitative research were conducted, and several statistics were used to provide a comprehensive insight on the subject. We have found that while industrialized countries have historically been major contributors to

carbon emissions, the rapid economic growth and industrialization witnessed in China and other developing countries mainly in Asia have led to significant increase in their emissions in recent decades. Furthermore, not only regional but sectoral differences could be spotted as the energy sector, where fossil fuels remain a dominant source of energy despite growing efforts to transition to renewable sources, contribute the most to carbon emissions. Lastly, international climate conferences, such as the landmark Paris Agreement, as well as the current energy strategy in EU have sought to mobilize global and regional efforts to mitigate climate change and achieve net zero emissions.

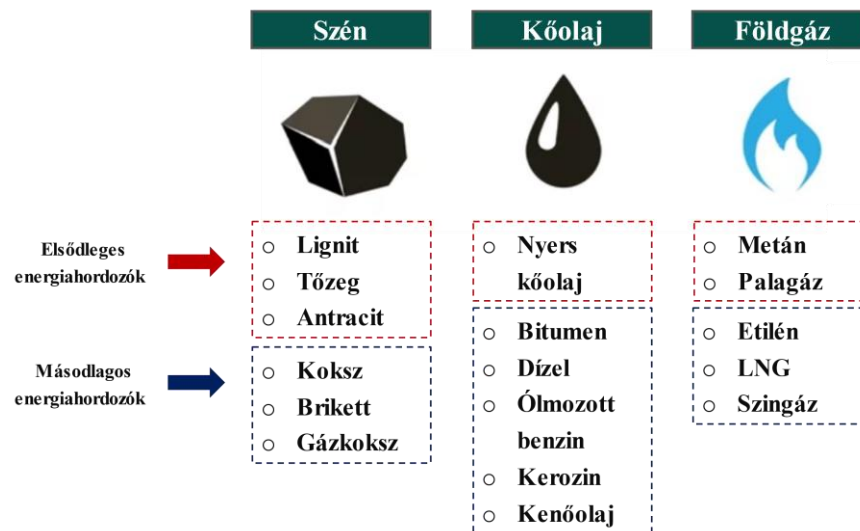
1. Bevezetés

A Worldometer statisztikai adatbázis becslése szerint 2023-ban az emberiség átlépte a 8 milliárd fős lélekszámot [1]. Az elmúlt évszázad során általánosságban az egészségügyi ellátások fejlődése, a betegségek elleni védőoltások elterjedése, a higiéniai körülmények javulása, az élelmiszerellátás magasabb fokú biztonsága, az urbanizáció és migráció jelensége mind hozzájárult a folyamatos népességnövekedéshez. Tehát a társadalmi-gazdasági fejlődés alapvetően meghatározza a népességnövekedés ütemét és dinamikáját. Ugyanakkor e folyamathoz szorosan kötődő, ámde negatív következményként jelent meg az éghajlatváltozás globális jelensége is, mely korunk egyik legnagyobb megoldandó problémájává vált és nem túlzás azt sem kijelenteni, hogy a klímaváltozás alapvetően meghatározza a jövő generációinak jólétét és lehetőségeit [2]. Nem véletlen, hogy a világ vezetői, így az Európai Unió (EU) is elköteleződött a globális klímaváltozás elleni küzdelemben és a fenntartható fejlődés előmozdításában, fókuszálva kiváltképp az energiaszektorra, mely a legnagyobb mértékben járul hozzá e környezeti folyamathoz.

2. A globális éghajlatváltozás kialakulásának háttere és következményei

Ha kiindulópontként megvizsgáljuk a népességnövekedés (illetve az energiaszükségleteink) robbanásszerű emelkedésének kezdetét, akkor nagyjából egészen az első és a második ipari forradalom, vagyis a különféle találmányok és a tömeggyártás kora okozta hatalmas technológiai, gazdasági és társadalmi változásokig nyúlhatunk vissza. Amellett, hogy ezek megváltoztatták a gyártási folyamatokat és az emberiség életkörülményeit, az ipari forradalmak jelentősen hozzájárultak a széntüzelés használatának növekedéséhez, mivel valamennyi gőzgépet és egyéb mechanikát ezzel hajtották elsődlegesen. A szén – akárcsak az emberiség által a későbbiekben hasznosított kőolaj és földgáz – fosszilis energiahordozónak minősül, mely gyűjtőfogalom, az ősi szerves anyagok maradványainak millió évek alatti geológiai folyamatok során bekövetkező átalakulása során keletkezett termékeinek körét jelenti. Mivel ez érzékelhetően sokkal hosszabb időt vesz igénybe, mint amennyi idő alatt felhasználjuk őket – főleg a mai modern világunkban –, ezért ezeket a forrásokat nem megújulóknak, azaz kimerülőnek tekintjük [3, 4]. Ezen primer energiahordozókhoz tartoznak az azokból átalakított termékek és származékok is (1. ábra), mely másodlagos energiahordozókra azért van szükség, mivel a különböző ipari és háztartási alkalmazások eltérő módon hasznosítják a fosszilis energiahordozókban rejlő energiapotenciálokat.

1. ábra A fosszilis energiahordozók elsődleges és másodlagos fajtái



Forrás: Saját készítésű ábra [5] alapján

Amellett, hogy a fosszilis tüzelőanyagok energiaelőállítás szempontjából számos pozitív tulajdonsággal rendelkeznek (pl. magas energiasűrűség, függetlenek az időjárási körülményektől, sokoldalú felhasználhatóság), másik oldalról viszont jelentős hátrányokkal is bírnak, melyek közül most kiemelünk a mindegyikre – ugyanakkor eltérő mértékben – jellemző káros környezeti és élettani hatásokat. Ezek a hatások több módon jelentkeznek, úgymint légszennyezés, éghajlatváltozás, valamint víz- és talajszennyezés formájában [6, 7]:

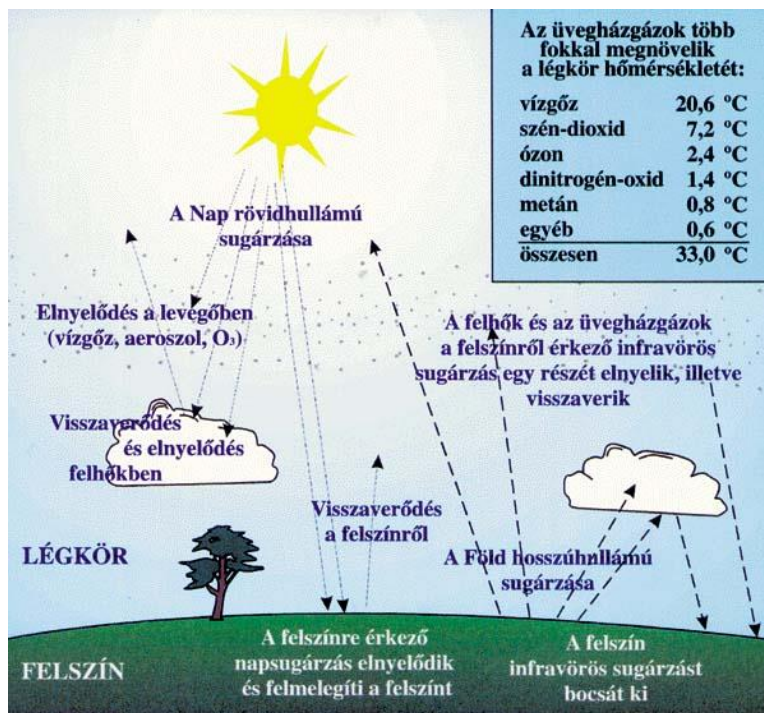
- ❖ **Légszennyezés:** A fosszilis tüzelőanyagok égetése során finom részecskék (PM_{2,5} és PM₁₀) kerülnek a levegőbe, melyek belélegezve légzőszervi és kardiovaszkuláris betegségeket okozhatnak. Emellett a különféle üvegházhatású gázok (ÜHG) – többek között szén-dioxid (CO₂), metán (CH₄) és a dinitrogén-oxid (N₂O) – hozzájárulnak a globális felmelegedéshez is, míg a nitrogén- és kén-oxidok olyan légszennyezők, amelyek részt vesznek a savas eső képződésében, illetve asztma és más légzőszervi problémák kialakulását is okozhatják;
- ❖ **Éghajlatváltozás:** Az előbbieken említett ÜHG-k növelik az éghajlatváltozás mértékét, ami szélsőséges időjárási eseményekhez, tengerszint-emelkedéshez és az ökoszisztémák megváltozásához vezet, ami egyúttal befolyásolja a mezőgazdaságot, az ivóvízellátást és a bioszférát is;
- ❖ **Víz- és talajszennyezés:** A kitermelés és bányászat vízszennyezéssel járhat, különböző nehézfémek és toxikus anyagok talajba történő szivárgásával, amelyek szintén veszélyeztethetik az ivóvízkészleteket és az ökoszisztémákat. Továbbá a kőolajszállítás és -finomítás során bekövetkező balesetek súlyos környezeti katasztrófákat is okozhatnak;
- ❖ **Élettani hatások:** A légszennyezés, különösen a finom részecskék és a nitrogén-oxidok közvetlenül befolyásolják az emberi egészséget, növelve a légzőszervi, szív- és érrendszeri betegségek, sőt, bizonyos esetekben a rák kockázatát is.

Mindebből az következik, hogy az ipari forradalmak idejétől kezdve a fosszilis tüzelőanyagok egységnyi égetése során tehát nagyon jelentős mennyiségű CO₂ és más káros anyag, mint például kén-dioxid (SO₂), nitrogén-oxidok és szálló por szabadul fel a levegőbe. Ezek az anyagok az atmoszférába jutva hozzájárulnak az ÜHG-k koncentrációjának növekedéséhez, amelyek fokozzák az üvegházhatást.

Az üvegházhatás a Föld légkörének képessége arra, hogy megőrizze a Napból érkező hőt a Földfelszínen a légkörben található ÜHG-k a felszínről induló infravörös kisugárzásnak visszaverésével (2. ábra). Belátható, hogy bizonyos mértékig ez egy kedvező folyamat, hiszen

lehetővé teszi az élet fenntartását a bolygón, mivel ezen jelenség nélkül a Föld középhőmérséklete mintegy 33 °C-kal lenne alacsonyabb. Az üvegházhatás 62,4%-ért a légköri vízgőz a felelős, amit 21,8%-os arányban a CO₂, illetve 7,3%-ban a troposzférikus ózon okoz [8].

2. ábra Az üvegházhatás vázlatos folyamata

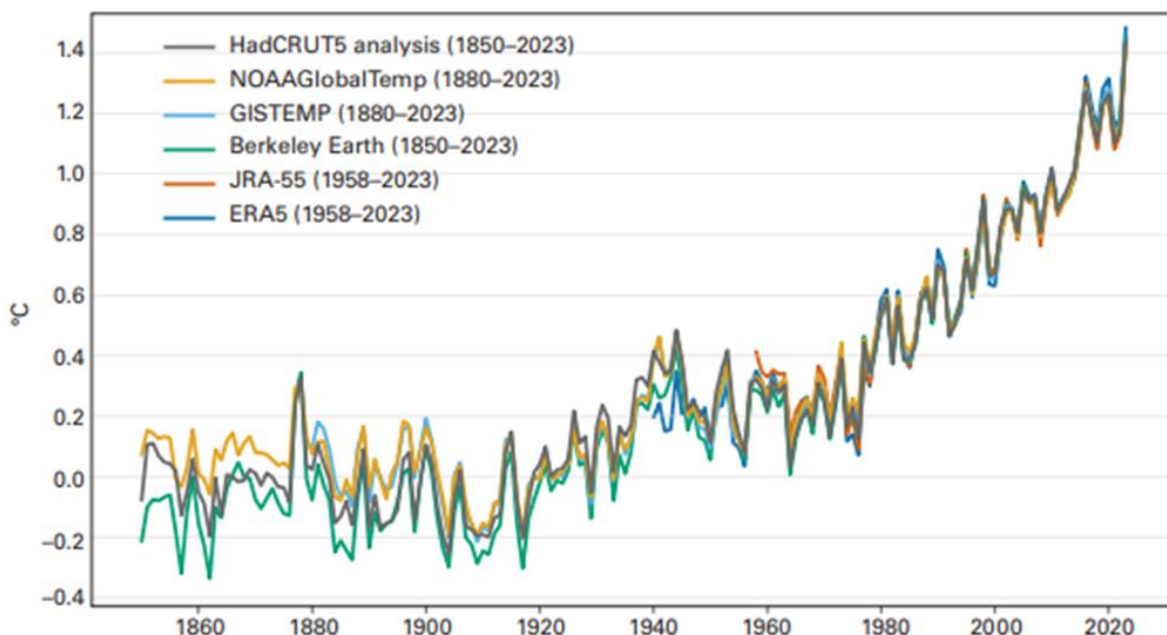


Forrás: Karátson és Száraz [8]

Így az erősen iparosodott gazdaságok és társadalmi tevékenységeik – amelyek motorja máig a fosszilis tüzelőanyagok égetése – növelik az ÜHG-k szintjét a légkörben, ami erősíti ezt a természetes folyamatot és a Föld átlaghőmérsékletének emelkedéséhez vezet. Ráadásul a CO₂ és más, emberi tevékenység által kibocsátott gázok hosszú ideig maradnak a légkörben, hozzájárulva ezzel a hőmérséklet hosszú távú emelkedéséhez (3. ábra). Ez a globális felmelegedés tehát a Föld klímarendszerének hosszú távú változását okozza, amely a klímaváltozás elleni globális küzdelem fő kiváltója. A cél – ahogy az EU 2019-ben megfogalmazta – legalább a klímasemlegesség (nettó zéró kibocsátás) elérése lenne, azaz a légkörbe csak annyi ÜHG kerüljön, amennyit a természet (erdők, óceánok és a talaj) el tud nyelni [9].

Az éves átlaghőmérséklet-növekedésnél általában az 1850-1900 közötti átlaghőmérsékletet szokták alapul venni az összehasonlításhoz, mint a második ipari forradalom előtti időszak alapértékét. A Berkeley Earth 2024-es jelentése szerint a globális átlaghőmérséklet 2023-ban 1,54±0,06 °C-kal magasabb volt az akkori értéknél. Emiatt több mint 77 országban mértek új rekordokat éves átlaghőmérséklet szinten, valamint megdőltek mind a szárazföldi, mind az óceáni korábbi éves hőmérséklet átlagok. Ugyanakkor a jelentés felhívja a figyelmet arra is, hogy a 2023-as felmelegedés rendkívüli volt, mivel természetes és emberi okozta tényezők együttesen okozták a növekedést. Amellett, hogy az ÜHG-k kibocsátása, amely a globális felmelegedés alapvető oka, 2023-ban rekordmagasságot ért el, az El Niño éghajlati jelenség és a vulkánkitörések mind hozzájárultak a globális felmelegedéshez [11].

3. ábra A Föld átlaghőmérsékletének alakulása 1850 és 2023 között különböző kutatócsoportok becslései alapján



Forrás: World Meteorological Organization [10]

3. Kutatási kérdések és módszertan

A globális éghajlatváltozás tehát egy összetett folyamat, amely számos tényező és mechanizmus kölcsönhatásán alapul. A világ különböző régiói és a gazdaság egyes szektorai eltérő módon járulnak hozzá e jelenséghez, illetve reagálnak erre a változásra. Előbbi háttérben történelmi, kulturális, geopolitikai és gazdasági (fejlettségi) megfontolások rejlenek. Másrészt a különböző szektorok, mint például az energia, a közlekedés, a mezőgazdaság és a nehézipar sajátosságaikból fakadóan különböző mértékben érintettek az éghajlatváltozás hatásaiban, hiszen különböző mértékben függenek az időjárástól és a természeti erőforrásoktól.

Éppen ezért az éghajlatváltozás elleni küzdelem stratégiáinak kialakításakor figyelembe kell venni ezeket a regionális és szektorális különbségeket annak érdekében, hogy a politikai döntéshozók megfelelő intézkedéseket tudjanak kidolgozni. Ez pedig alapvetően meghatározta jelen kutatás tárgyát. Az előbbieken áttekintett globális klímaváltozás jelensége után a következőkben vizsgálatra fog kerülni empirikus, kvantitatív módon regionális és szektorális szinten e folyamat, valamint további kvalitatív kutatásunk eredményei kerülnek bemutatásra a tekintetben, hogy milyen főbb globális és EU-s mérföldkövek (konferenciák és intézkedések) voltak e küzdelemben az elmúlt évtizedekben. Mindezekhez kapcsolódóan tehát három kutatási kérdést foglalmaztunk meg:

- Mely országok (régiók) járultak hozzá a leginkább a globális éghajlatváltozáshoz?
- Mely szektorok a leginkább felelősek a magas szintű karbonkibocsátásban?
- Milyen főbb konferenciák zajlottak le, valamint intézkedési csomagok jöttek létre világ és EU-s szinten az elmúlt évtizedekben?

4. A kutatás eredményei

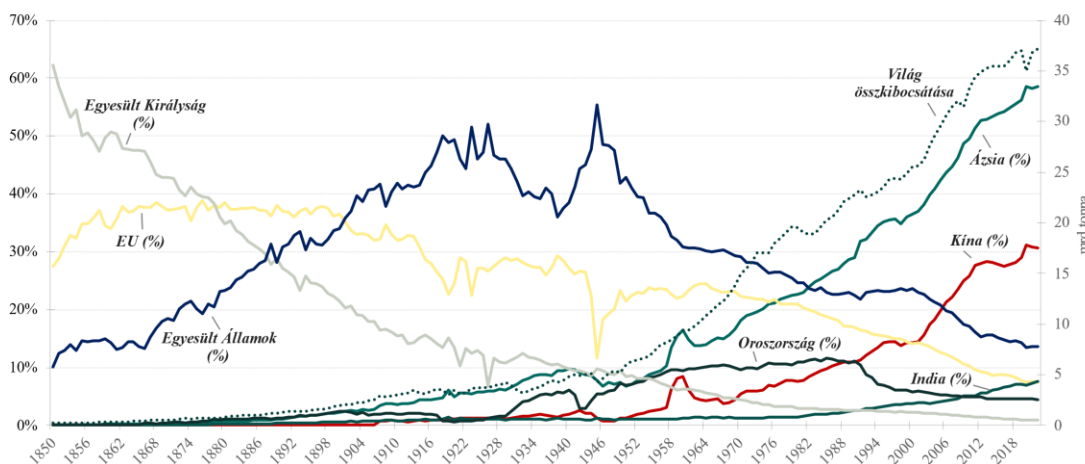
4.1 Regionális és szektorális egyenlőtlenségek a karbonkibocsátás terén

A globális éghajlatváltozáshoz tehát közvetetten az emberi tevékenységek, kifejezetten az ipari folyamatok és az energiafelhasználás mértéke járul hozzá a legnagyobb arányban. Közvetlenül pedig az ÜHG-kibocsátás, azon belül is főleg a CO₂-kibocsátás a felelős a folyamatért. Így kézenfekvő, hogy a következőkben az egyes országok (régiók) és szektorok karbonkibocsátási tendenciáit vegyük górcső alá.

A 4. ábra azt mutatja meg, hogy 1850 és 2022 között adott országok mekkora mértékben járultak hozzá az éves globális CO₂ kibocsátáshoz, valamint, hogy a világ összkibocsátása milyen mértékben változott ez idő alatt. Az ábráról egyértelmű trendek olvashatóak le. A becslések szerint míg 1850-ben globálisan 196,75 millió tonna volt az éves karbonkibocsátás nagysága, ez 2000-re 25,50 milliárd tonnára nőtt, és mely 2022-re már meghaladta a 37,15 milliárd tonnát is. Ez a vizsgált időszakra vetítve 3,1%-os éves növekedési ütemnek felel meg. A növekvő trend bár egyértelmű, de azért kisebb visszaesések láthatóak az ábrán, például 2020-2021-ben, melynek hátterében a COVID-19 pandémia okozta időszakos gazdasági visszaesések és lezárások álltak.

A globális karbonkibocsátás megoszlását tekintve, a legnagyobb kibocsátással a megfigyelt időszak elején az Egyesült Királyság rendelkezett, hiszen az angol birodalom az első között vett részt az iparosodás folyamatában. Majd az első világháborút megelőzően már az Egyesült Államok vette át a vezető szerepet, mígnem a második világháborút követően – amely alatt kiugróan magas volt a karbonkibocsátása az országnak a hadászati és hadipari tevékenységekből adódóan – meredeken csökkenni kezdett ez az arány. Mindeközben az EU (illetve a 27 jelenlegi tagország együttvéve) az 1900-as évek eleji közel 40%-os részarányából a két világháború ideje alatt összességében meredeken beeső karbonkibocsátási aránnyal bírt, mely egyértelműen az eltolódó súlypontok, valamint a súlyos európai veszteségek és gazdasági visszaesések következményei voltak. Ez az arány napjainkra 10% alá került, mely betudható részben az EU-s nettó zero karbonkibocsátási törekvéseknek is, ugyanakkor leginkább annak a következménye, hogy jelenleg a világ legnagyobb kibocsátóinak nagy része az ázsiai térségben található (58,61% 2022-ben) [12, 13].

4. ábra A globális CO₂-kibocsátás* részaránya egyes országok szerint 1850 és 2022 között



*Megjegyzés: A fosszilis tüzelőanyagokból és az iparból származó szén-dioxid kibocsátást tartalmazza, míg a földhasználatból eredő kibocsátást nem.

Forrás: Saját készítésű ábra [12, 13] alapján

Az ázsiai országok, például Kína, India, Japán és Dél-Korea, jelentős gazdasági fejlődésen mentek keresztül a második világháborút követő évtizedekben. A fokozatosan felfutó iparosodás és az infrastrukturális fejlődés, valamint a gyors gazdasági és népességnövekedés miatt ezen országok, kiváltképp Kína jelentős mennyiségű energiát és nyersanyagokat használnak fel, amely nagyfokú CO₂-kibocsátással párosul. Ezen országok energiaigénye pedig folyamatosan növekszik, melynek kielégítéséhez nagymértékben támaszkodnak fosszilis tüzelőanyagokra, ahogy az azt 1. táblázat is szemlélteti.

1. táblázat Egyes országokénti (régiókénti) fosszilis tüzelőanyag fogyasztás (TWh)

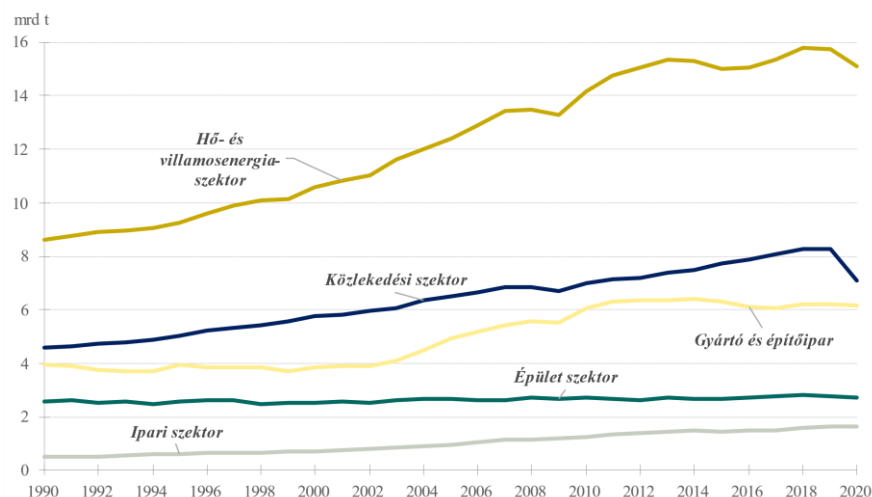
Ország/régió	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2022
Egyesült Királyság	2 464	2 264	2 305	2 393	2 225	1 452	1 520
Egyesült Államok	17 340	19 085	19 816	23 225	22 174	19 917	21 595
Európai Unió	11 788	14 827	14 524	14 326	14 031	11 130	11 521
Kína	2 291	4 655	7 563	11 085	26 644	34 753	36 138
India	670	1 048	2 086	3 446	5 771	7 839	8 955
Ázsia	7 955	13 441	23 515	33 616	58 716	73 061	77 567
Világ	53 194	70 620	83 064	94 407	121 503	129 446	137 237

Forrás: Saját készítésű táblázat [13] alapján

Világviszonylatban 1970-ben és 2022-ben rendre 97,6%-át, valamint 91,7%-át tették ki a fosszilis tüzelőanyagok a primer energiafogyasztásnak. A fenti táblázatban jól látszik, hogy míg az 1970-es évek elején ennek nagy részéért az Egyesült Államok volt a felelős (32,6%), addigra ez az arány áttolódott az Ázsiai régió (56,5%), azon belül is Kína (26,3%) irányába, miközben a globális fosszilis tüzelőanyagfogyasztás több mint két és félszeresére nőtt ez idő alatt [13].

Függetlenül a regionális karbonkibocsátási különbségektől, általánosságban az is látszik, hogy a CO₂-kibocsátást elsődlegesen okozó fosszilis tüzelőanyagfogyasztás alapvetően az energiaipar működési sajátosságaiból ered. Az országok (régiók) szerinti bontás helyett az 5. ábra a karbonkibocsátás ágazatok közötti megoszlását mutatja meg. Az egyes gazdasági szektorok különböző módon és mértékben járulnak hozzá a karbonkibocsátáshoz, a kapcsolódó energiaforrás-használat és az adott tevékenységek jellegétől függően. Az egyértelműen látszik, hogy a villamosenergia- és hőtermelés karbonlábnyma a legszignifikánsabb. A villamosenergia-termelés világszerte a legnagyobb szén-dioxid-kibocsátó, hiszen a fejlődő országok energiaigénye folyamatosan nő. Ehhez az energiaszükséglet kielégítéséhez pedig napjainkban is jelentős szén- és földgáz-felhasználás (égetés) párosul, előbbi pl. 2,5x annyi CO₂-t bocsát ki, mint a földgáz. Erre megoldást nyújthatna különféle CO₂ leválasztási technológiák használata, az energiahatékonyság növelése, az energiatárolás fejlesztése és alapvetően a megújulóakra történő áttérés. Kína, mely a világ legnagyobb karbonkibocsátója, jelentős erőfeszítéseket tesz a nap- és szélerőmű kapacitások kiépítésének növelésére, de a párhuzamosan növekvő energiaigény miatt a fosszilis források súlya továbbra is domináns. Ezzel szemben az EU az egyik élenjáró régió a megújuló alkalmazása terén a hő- és villamosenergia-szektorban. Összességében a villamosenergia-termelés 60,7%-át tették ki 2023-ban a fosszilis energiahordozók, s bár a megújulók részaránya vitathatatlanul növekszik évről évre (2000: 18,7%, 2023: 30,2%), továbbra is a szén- és gáztüzelés a domináns a globális villamosenergia-termelésben [14].

5. ábra A főbb szektorok szerinti globális CO₂-kibocsátás 1990 és 2020 között



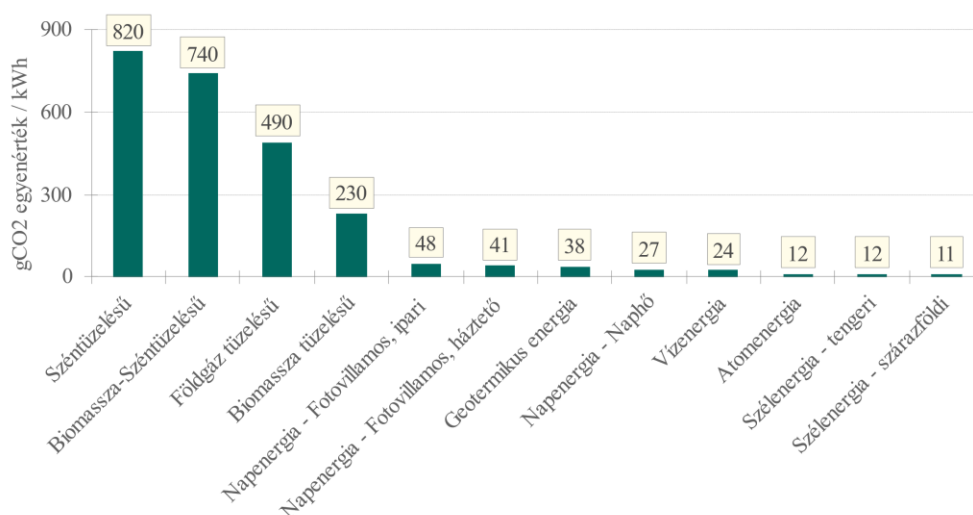
Forrás: Saját készítésű ábra [14] alapján

Az energiaszektor a sorban a közlekedési szektor karbonlábnyoma követi a személy- és teherszállításhoz kapcsolódó járművek üzemanyagai (benzin és dízel) égetésének mértéke miatt, mely az autós, repülőgépes és hajós forgalom növekedéséből kifolyólag szintén folyamatosan nőtt az elmúlt évtizedekben, ugyanakkor – ahogy az 5. ábra is mutatja – látványosan lecsökkent 2020-ra az éves kibocsátási érték köszönhetően a COVID-19 pandémia okozta gazdasági visszaesésnek és bevezetett korlátozásoknak, lezárásoknak. Mindazonáltal, az urbanizáció jelensége a fejlődő országok tekintetében csak tovább fokozza a közlekedési szektor kibocsátásának növekvő ütemét. A megoldást a problémára a fenntartható bioüzemanyagok fejlesztésének és az elektromos járművek használatának elterjedése jelenthetné. Utóbbiak piacán Kína globális vezetőnek számít, míg pl. Indiában az elektromos járművek és tömegközlekedési fejlesztések még a kezdeti szakaszban vannak.

A gyártó és építőipar, valamint az általános ipari szektor tevékenységeinek kibocsátásai is évről évre növekedtek az elmúlt évtizedekben. Ezen szektorok alapvetően energiaigényes folyamatokat takarnak, úgymint a cement-, acél- és műanyaggyártás. Ezzel összhangban van az, hogy Kína gazdasági növekedésének motorját nagyrészt az ipari tevékenységek jelentik, például az acél- és cementgyártás, melyek szignifikánsan hozzájárulnak a világ karbonkibocsátásához is. Ezzel szemben az USA-ban és az EU-ban az ipar energiaintenzitása valamelyest csökkent az automatizáció és a hatékonyabb technológiák bevezetése miatt, valamint szigorúbb ipari szabályozások is vannak életben. E szektorok tekintetében a karbonkibocsátás csökkentésére megoldást nyújthatnának az energiahatékony technológiák és a zöld hidrogén alkalmazása az ipari folyamatokban, vagy a körkörös gazdaságra (újrahasznosítás és hulladékcsökkentés) történő átállás. Végezetül, az épület szektorban egyaránt hozzájárul az éves CO₂ kibocsátáshoz az épületek fűtése és hűtése fosszilis energiával, valamint az építőanyagok gyártásának energiaigényes folyamatai. Az azonban nem látszódik az elmúlt évtizedek trendjében, hogy szignifikánsan növekvő karbonlábnyommal bírna a szektor, mely nagyrészt annak köszönhető, hogy az energiahatékonysági programok fejlődnek és zöld építési normák kerültek bevezetésre világszerte. Ebben a folyamatban az EU a világ élén jár.

Mivel globális szinten az energiaszektor a legfőbb okozója a CO₂ és más ÜHG-k kibocsátásának, érdemes kiragadni ebből az összehasonlításból ezt a szektort, és tovább vizsgálni, hogy az egyes villamosenergia-termelő technológiák mekkora karbonlábnyommal rendelkeznek. Ezt teljeskörűen akkor lehet felmérni, ha nem csak a működésük során, hanem a teljes életciklusukat figyelembe véve vizsgáljuk meg a kilowattontkénti CO₂-egyenértékeket (6. ábra).

6. ábra Egyes energiaforrások átlagos CO₂-kibocsátási szintjei



Forrás: Saját készítésű ábra [15] alapján

Belátható, hogy felépítését, működését és leszerelését tekintve teljesen tiszta erőmű nem létezik, tehát a karbonsemlegesség minősítést csak a működésre lehet megítélni. Ugyanakkor, számottevően tisztább működésű erőműnek minősülnek a megújuló energiákon és az atomenergián alapuló erőművek, melyből kivételt képeznek a biomassza-tüzelésű megoldások. Összességében ez alátámasztja azt az általános megértést és törekvést, hogy a megújuló energiákon alapuló energiarendszerek biztosíthatják a klímaváltozás elleni küzdelem egyik fő pillérét.

4.2 Klímakonferenciák és intézkedési csomagok – lépések egy fenntarthatóbb jövő felé

A tudósok már a 19. században felismerték, hogy az emberi gazdasági tevékenység potenciálisan növelheti a Föld hőmérsékletét. Ezt első körben Svante Arrhenius svéd kémikus és fizikus írta le 1896-ban, aki megjósolta, hogy a CO₂-koncentráció növekedése jelentősen melegítheti a Földet. Azonban a tudományos konszenzus kialakulásához, valamint ahhoz, hogy a politikai döntéshozók és a társadalom szélesebb rétegei is foglalkozzanak az üggyel, arra még jó pár évtizedet kellett várni [16].

A 20. század második felétől az Egyesült Nemzetek Szervezete [ENSZ] (*United Nations, UN*) keretében folyik a globális környezetvédelmi és klímaváltozási kezdeményezések koordinálása, univerzális platformot nyújtva a tagoknak az együttműködés terén. Ebből a célból jött létre az 1972-ben megtartott emberi környezetről szóló stockholmi konferencia következtében az ENSZ Környezetvédelmi Programja (*United Nations Environment Programme, UNEP*) is. Az UNEP és a Meteorológiai Világszervezet (*World Meteorological Organization, WMO*) által támogatva 1979-ben megtartották az első Világ Klíma Konferenciát, majd a két szervezet kezdeményezésével 1988-ban létrehozták az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületét (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) is, amely az ENSZ klímaváltozással foglalkozó szakmai szervezete lett, fő feladata pedig a klímaváltozással kapcsolatos szekunder kutatási eredmények összegyűjtése és feldolgozása. Négy évvel később pedig, az ENSZ Környezetvédelmi és Fejlesztési Konferenciája (*UN Conference on Environment and Development, UNCED*) során 1992-ben Rio de Janeiro-ban elfogadásra került az az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye (*UN*

Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), melynek már fő célja a globális éghajlatváltozás lassítása, az ÜHG-k légköri koncentrációjának stabilizálása volt. Az UNFCCC keretében rendszeresen tartanak éghajlatváltozással kapcsolatos konferenciákat, ahol a résztvevő felek megvitatják és elősegítik az egyezmény célkitűzéseinek elérését. Ezek a konferenciák egyben a szervezet legfőbb döntéshozó testületeként is szolgálnak, a Conference of the Parties (COP) 1995 óta évente ülésezik és értékeli ki az aktuális helyzetet, valamint az elmúlt évek előre lépéseit [17].

Ezen COP találkozók során több kiemelkedő esemény is történt, például COP-3 alatt fogadták el a Kiotói Jegyzőkönyvet 1997-ben, amely 2005-ben lépett érvénybe. Ez volt az első nemzetközi egyezmény, amely jogilag kötelező célokat állapított meg az ÜHG-k kibocsátásának csökkentésére a fejlett országok számára. Az első kötelezettségvállalási időszakban (2008-2012) a ratifikáló országoknak az 1990-es bázisévhez képest átlagosan 5,2%-kal kellett csökkenteniük az ÜHG-k kibocsátását. Az EU akkori 15 tagállama 8%-os csökkenést vállalt, a később csatlakozó Magyarország például csak 6%-ot. Az első időszak lejártával a 2012-ben Dohában megtartott konferencián (COP-8) elfogadták a Kiotói Jegyzőkönyv kötelezettségvállalásbeli és módszertani módosításait, és meghatároztak egy második kötelezettségvállalási időszakot is (2013-2020). Bár a kötelezettségvállaló tagállamok összetétele átalakult, a vállalás immáron arról szólt, hogy az új időszakban legalább 18%-kal a korábbi bázisév alá csökkentsék az üvegházhatású gázok kibocsátását. A Kiotói Jegyzőkönyv egyik fontos eleme a kibocsátási engedélyek kereskedelmének, valamint egy átfogó felülvizsgálati és ellenőrzési rendszernek a bevezetése volt. Ugyanakkor, a kötelezettségvállalás csak a fejlett országokra vonatkozott, fejlődő országok mentesültek a kibocsátáscsökkentési kötelezettségek alól [18, 19]. Ahogy a 4. ábrán is bemutatásra került, míg a 90-es évek végén az Egyesült Államok volt a legnagyobb kibocsátó, addig a 2000-es évek végén már Kína és India is szignifikáns arányt képviselt az összkibocsátásban, jelentősen növelve az ÜHG-k globális mértékét, így végső soron tovább nőtt az ÜHG-k kibocsátásának mértéke a bázisévhez képest.

Mindezen idő alatt, 2009-ben a Koppenhágában tartott COP-15 alkalmával először fogalmazták meg konkrétan azt, hogy az átlaghőmérséklet emelkedést 2 °C alatt kell tartani mindenféleképpen. Ez a nyilatkozat azonban nem volt jogilag kötelező érvényű és nem is tartalmazott konkrét vállalásokat [20]. Erre azonban nem kellett sokat várni, ugyanis a 2015-ös párizsi konferencián (COP-21) már egy jogilag is kötelező érvényű megállapodást írtak alá a felek, amely érvényes a világ valamennyi országára nézve. A Párizsi Megállapodás többek között egy olyan cselekvési tervet takart, amely azon alapult, hogy valamennyi ország együttes hozzájárulásával a globális átlaghőmérséklet-emelkedést jelentősen 2 °C alatt, lehetőség szerint 1,5 °C alatt tartsa. Ehhez az ÜHG-k kibocsátásának legkésőbb 2030-ig 43%-kal kell csökkenteniük. A megállapodás továbbá az egyes országoktól saját nemzeti hozzájárulásokat kér az ÜHG-k kibocsátásának csökkentésére, azaz ún. Nemzetileg Meghatározott Hozzájárulásokat (*National Determined Contributions, NDC*) kell előterjeszteniük, amelyeket ráadásul öt évente frissíteni is szükséges egyre ambiciózusabb célkitűzésekkel. Így a Párizsi Megállapodás kulcsának éppen ezeket a rendszeres felülvizsgálati ciklusokat, valamint az átlátható és nyilvános közzétételeket tartották [21, 22].

EU-s szempontból vizsgálódva, 2015-ben az Európai Bizottság (EB) bemutatta az EU energiauniójára vonatkozó elképzelését, mely koncepcióra építkezve jött létre 2016-ban a „Tiszta energia minden európainak” (*Clean Energy for All Europeans Package*) javaslati csomag, ami végül 2019-ben került véglegesítésre. Ennek rendelkezései szorosan kapcsolódtak a Párizsi Megállapodásban tett 40%-os ÜHG-kibocsátás csökkentéséhez [23]. Majd 2019-ben létrejött az Európai Zöld Megállapodás (*European Green Deal, EGD*), amely tovább erősítette az EU elkötelezettségét az éghajlat és környezetvédelmi kihívások kezelése iránt. Ebben került explicitre megfogalmazásra, hogy 2050-re az EU el fogja érni a klímasemlegességet, azaz a nettó zero ÜHG-kibocsátást, ezáltal fenntarthatóbb pályára állítva a gazdaságot és társadalmat. E kezdeményezés tehát a környezeti fenntarthatóságra épült, és felhívta a figyelmet arra, hogy a cél érdekében számos szakpolitikát újra kell gondolni többek között az ipar, a közlekedés, a mezőgazdaság, az

építőipar terén, miközben a természeti erőforrások fenntartható felhasználása megvalósul [9, 24]. A klímátörvényhez kapcsolódóan az „Irány az 55%!” (*Fit-for-55!*) intézkedéscsomag részben a hatályos jogszabályok felülvizsgálatát, részben pedig új javaslatokat tartalmazott a tagállamok számára az ambiciózus 55%-os ÜHG-csökkentés elérésének érdekében [25]. Az orosz-ukrán háború kitörését követően a REPowerEU energiacsomag alapvetően az „Irány az 55%!” javaslatcsomagra épült és olyan további intézkedéseket integrált, amelyek az energiatakarékossághoz, az ellátás diverzifikációjához, a tiszta energiára való átállás felgyorsításához, valamint a beruházások és reformok hatékony kombinálásához kapcsolódtak [26].

5. Következtetés

Összességében a Párizsi Megállapodás egy mérőföldkőnek számít a globális klímaváltozás elleni küzdelemben, mivel ez volt az első olyan jogilag kötelező érvényű megállapodás, amely a világ összes nemzetét összefogta konkrét cselekvési terv keretén belül. Bár a fejlődő országok karbonsemlegességi törekvései alapvetően pozitív képet mutatnak, azonban nem képesek ellensúlyozni a népességszámban és gazdasági mutatószámokban rohamosan fejlődő ázsiai országok karbonkibocsátási ütemét. Ugyanakkor az Oxfam brit jótékonyági szervezet legfrissebb jelentése egy másik aspektust is bemutatott: elemzésük szerint 2019-ben a felső 1% (~77 millió fő) gazdasági tevékenysége volt felelős a globális CO₂-kibocsátás 16%-ért, ami megegyezik az emberiség legszegényebb 66%-nak (~5 milliárd ember) adott évi kibocsátásával. Ezért is hívják fel a figyelmet arra, hogy az éghajlatváltozással kapcsolatos intézkedések és a gazdasági folyamatok környezeti szempontú újratervezése mellett ennek az egyenlőtlenségnek a drasztikus csökkentése mentheti meg a bolygónkat és a jövő generációinak jólétét [2].

A kibocsátások megfelelő csökkentéséhez az energiaszektor karbonsemlegessé kell tenni, hiszen ez felelős a globális CO₂-kibocsátás legnagyobb részéért, így ez a szektor járul hozzá leginkább az éghajlatváltozáshoz. Ez a villamosenergia-rendszer tekintetében elméletileg működhetne is, hiszen a megújuló és az atomenergia kizárólagos hasznosításával el lehetne érni ezt a célt. Továbbá, maga a villamos energia, mint szekunder, illetve hasznos energia is tiszta energiahordozónak minősül. Tehát a fókuszban az energiatermelés kibocsátás-intenzitásának csökkentése kell, hogy legyen. Végül kiemeljünk, hogy amikor természeti és környezeti aspektusban értékeljük az egyes gazdasági szektorok működését, gyakran korlátozzuk a hatásokat a globális felmelegedés jelenségére. Am ehhez egyéb környezetvédelmi szempontokat is figyelembe kell venni az egyes iparágak ökológiai lábnyomának korrekt megítéléséhez és összességében az ökológiai egyensúly fenntartásához. Tehát a biodiverzitás megőrzése, a légszennyezés és az ózonréteg vékonyodásának csökkentése, a vízfelhasználás és talajhasználat gesztációs periódusának figyelembevétele, az erdőirtások és a körforgásba be nem vont hulladéktermelés limitálása mind fontos szempontok az emberi tevékenységek okozta externáliák megítélésében.

Irodalomjegyzék

- [1] Worldometers (n.d.): *Worldometer World Population: Past, Present, and Future*. <https://www.worldometers.info/world-population> (Letöltve: 2024.02.08)
- [2] Khalfan, A., Nilsson Lewis, A., Aguilar, C., Persson, J., Lawson, M., Dabi, N., Jayoussi, S., & Acharya, S. (2023): *Climate Equality: A planet for the 99%*. <https://doi.org/10.21201/2023.000001>
- [3] Molnár, S. (2021): *Energetikai alapismeretek*. Budapest: Magyar Mérnöki Kamara
- [4] Smil, V. (2017): *Energy: A Beginner's Guide* (2nd ed.). Oxford: Oneworld Publications
- [5] International Energy Agency (2004): *Energy Statistics Manual*. Paris: International Energy Agency
- [6] Vajda, Gy. (2001): *Energiapolitika*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia

- [7] Munkácsy, B. (2018): *Energiaföldrajz és energiatervezés*. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajztudományi Központ
- [8] Karátson, D. & Száraz, M. G. (1997): *Pannon Enciklopédia - Magyarország földje*. Budapest: KERTEK 2000 Könyvkiadó
- [9] European Council (n.d.): *Az európai zöld megállapodás*. <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/green-deal> (Letöltve: 2023.10.29)
- [10] World Meteorological Organization (2024): *State of the Global Climate 2023*. Geneva: World Meteorological Organization
- [11] Berkeley Earth (2024): *Global Temperature Report for 2023*. <https://berkeleyearth.org/press-release-2023-was-the-warmest-year-on-recordpress-release> (Letöltve: 2024.03.20)
- [12] Friedlingstein, P., O' Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quéré, C., Luijkx, I. T., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthoni, P., ... Zheng, B. (2023): *Global Carbon Budget 2023*. Earth System Science Data, 15(12), 5301–5369. <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>
- [13] Energy Institute (2023): *Statistical Review of World Energy 2023*. London: Energy Institute
- [14] World Resources Institute (2023): *Climate Watch*. <https://www.climatewatchdata.org> (Letöltve: 2024.01.18)
- [15] Schlömer, S., Bruckner, T., Fulton, L., Hertwich Austria, E., McKinnon, A. U., Perczyk, D., Roy, J., Schaeffer, R., Hänsel, G., de Jager, D., Bruckner, T., Fulton, L., Hertwich, E., McKinnon, A., Perczyk, D., Roy, J., chaeffer, R., ims, R., mith, P., ... Minx, J. (2014): *Technology-specific cost and performance parameters*. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press
- [16] United Nations Development Programme (2000): *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York, NY: United Nations
- [17] Bartholy, J., Breuer, H., Pieczka, I., Pongrácz, R., & Radics, K. (2013): *Megújuló energiaforrások*. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar
- [18] United Nations Framework Convention on Climate Change (n.d.): *What is the Kyoto Protocol?* https://unfccc.int/kyoto_protocol (Letöltve: 2023.06.24)
- [19] Tietenberg, T. H., & Lewis, L. (2012): *Environmental & Natural Resource Economics* (9th ed.). Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education
- [20] European Environment Agency (2010): *COP15: outcomes and the way forward*. <https://www.eea.europa.eu/highlights/cop15-outcomes-and-the-way-forward> (Letöltve: 2023.06.20)
- [21] Brosset, E., & Maljean-Dubois, S. (2020): *The Paris Agreement, EU Climate Law and the Energy Union*. In Research Handbook on EU Environmental Law (pp. 412-417). Cheltenham: Edward Elgar Publishing
- [22] United Nations Climate Change (n.d.): *The Paris Agreement*. In: United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> (Letöltve: 2023.12.16)
- [23] Florence School of Regulation (2020): *The Clean Energy for all Europeans Package*. <https://fsr.eui.eu/the-clean-energy-for-all-europeans-package/> (Letöltve: 2023.07.23)
- [24] European Commission (2019): *The European Green Deal*. COM(2019) 640 final. Brussels: European Commission
- [25] European Council (2023): *Irány az 55%!*. <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/green-deal/fit-for-55/> (Letöltve: 2024.01.15)
- [26] European Commission (2022): *REPowerEU terv*. COM(2022) 230 final. Brussels: European Commission