

A GAZDASÁGI NÖVEKEDÉS, A VÉGSŐ ENERGIAFOGYASZTÁS ÉS A KIBOCSÁTÁS ALAKULÁSA AZ EURÓPAI UNIÓ TAGÁLLAMAIBAN A GREEN DEAL CÉLKITŰZÉSEIVEL ÖSSZEFÜGGÉSBEN

*Zombory Anita*¹

ABSZTRAKT

Napjaink egyik komoly kérdése, hogyan lehet a gazdasági növekedést fenntartani a végső energiafogyasztás csökkentésével, miközben a CO₂-kibocsátás csökken. Számos vita övezi és a szakirodalmakban is egymásnak ellentmondó kutatási eredmények születnek ezzel a kérdéssel kapcsolatban. Az elemzés célja azt vizsgálni, hogy az Európai Unió tagállamai (27) mennyire képesek megfelelni az energiatisztulással, energiahatékonysággal és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésével kapcsolatos szakpolitikai célkitűzéseknek, illetve mennyire tudnak alkalmazkodni a jelenleg zajló példátlan mértékű globális kihívásokhoz. Célunk, hogy megvizsgáljuk, elválnak-e a gazdasági növekedés a környezet degradációjától. Elemzést készítettünk arról, hogy a tagállamok „magországra”, és „perifériára”, azaz keleti-nyugati blokkra oszthatók-e az indikátorok eredményei alapján. Az elemzéshez K-közép klaszter analízist és összehasonlító elemzést alkalmazunk. Két országcsoportban figyelhető meg a teljes szétválás, miszerint az energiafogyasztás csökkenése mellett minimális gazdasági növekedés és csökkenő CO₂-kibocsátás történt. A tagállamok teljesítése heterogén, a „Leszakadó” országcsoport klímapolitikai célok teljesítése tekintetében jelentősen elmarad a többitől. A szakpolitikai célkitűzések ezen területeinek teljes mértékű adaptálása még várat magára.

JEL-kódok: F02, F68, L50, O52, P51

Kulcsszavak: Európai Unió, klaszterelemzés, Green Deal, energiahatékonyság, gazdasági növekedés, kibocsátás

¹ *Zombory Anita* a Szegedi Tudományegyetem Közgazdaságtani Doktori Iskolájának PhD-hallgatója, közgazdász szaktanár. E-mail: zombory.anita@gmail.com.

1. BEVEZETÉS

Az Európai Unió Green Deal (zöld megállapodás) kezdeményezése az EU átfogó stratégiája a fenntartható fejlődés és a klímaválság kezelésére egy olyan világban, ahol a környezeti kihívások egyre sürgetőbbé válnak. A globális hőmérséklet-emelkedés, az extrém időjárási jelenségek, az energiaválság és a természeti erőforrások kimerülése mind azt sürgetik, hogy a gazdasági növekedést a fenntarthatóság és a társadalmi jólét szempontjai mentén alakítsuk. A Green Deal célja, hogy Európa 2050-re klímasemlegessé váljon, miközben csökkenti az energiafüggőséget, előmozdítja a tiszta technológiák elterjedését, és igazságos átmenetet biztosít a fosszilis alapú gazdaságból egy körforgásos zöldgazdaság felé. Ez az elemzés összekapcsolja a szakpolitikai célkitűzéseket a fenntarthatóság vonatkozásában a megfelelő indikátorokkal, és a 27 EU-tagállamot klaszterekbe rendezi. Ezáltal helyzetképet kapunk a tagállamok aktuális teljesítményéről, és megállapításokat tehetünk a lehetséges megoldásokra.

Az elemzés célja, hogy megvizsgáljuk, mennyire differenciáltak a tagállamok az indikátorok eredményei alapján. Elemzést készítünk arról, vajon az Európai Unió tagállamai képesek-e továbbra is fenntartani a korábbi évekhez hasonló, dinamikus gazdasági növekedésüket a környezet degradációja nélkül. Rámutatunk arra, hogy a célkitűzések adaptálásában is fennáll-e az integrációs különbség a két országcsoport, a magország és a periféria országai között (Pelle, 2017; 2018). Elemzésünk kiterjed arra is, ugyan megfelelnek-e a tagállamok a fenntarthatósági követelményeknek. Az elemzés a szakirodalmi áttekintés után K-közép klaszterelemzés módszerét alkalmazza, kiegészítve regressziós elemzés módszerével.

2. AZ ENERGIABIZTONSÁG ÉS A FENNTARTHATÓSÁG ÖSSZEFÜGGÉSEI

Egyre több kutatás érvel amellelt, hogy a dekarbonizáció érdekében szélesebb körű, egymást erősítő politikai intézkedések keverékére van szükség. Az energiaügyi politika szorosan összefügg az éghajlatvédelemmel, kulcsfontosságú a fenntartható fejlődési célok eléréséhez. Ezeket az elemeket a zöld megállapodás stratégiája és az Agenda 2030 köti össze. Bemutatunk néhány eredményt, amely a fenntarthatóság meglétét vizsgálta különböző országokban. García-Álvarez és szerzőtársai (2016) 15 EU-tagállam energiafenntarthatósági indexét mutatták be,

amely magában foglalja a klímaváltozáshoz kapcsolódó környezeti szempontokat is, például a kibocsátott CO₂ intenzitását.²

Chudy-Laskowska és szerzőtársai (2022) az egyes EU-tagállamok energiamix-kezelési módszereit tárgyalja, összehasonlítva a fosszilis tüzelőanyagok és a megújuló energiaforrások (RES) felhasználásának szintjét. Su és szerzőtársai (2020) összehasonlították az energiaágazat fenntarthatósági helyzetét 21 EU-tagállamban és Kínában. Az eredmények azt mutatták, hogy Kína lemaradásban van az EU-országokhoz képest az energiaágazat fenntarthatóságát tekintve. W. Sobczyk és E. J. Sobczyk (2021) elemzésükben azt vizsgálták, hogy az alternatív energiaforrások, különösen a biomassza használata összhangban van a fenntartható fejlődési politikával. Az eredmények szerint Lengyelországban a megújuló energiaforrások használata ugyan az EU-átlag alatt van, de az ország előrelépést mutatott e tekintetben 2010 és 2018 között.

A fenntarthatóság szorosan összefügg az energiabiztonság problémájával, és mindez befolyásolja a gazdasági növekedést. A fenntarthatóság és a biztonságos energiaellátás együttesen a hosszú távú energiafüggetlenség, az erőforráshatékonyság és a klímaváltozás hatásainak mérséklése köré épül. A fosszilis energiahordozóktól való függőség csökkentése nemcsak a szén-dioxid-kibocsátás minimalizálásához járul hozzá, hanem a geopolitikai stabilitást is elősegíti, mivel mérsékli az importált energiaforrásoktól való kiszolgáltatottságot. Az energiaátmenetet célzó politikák, például a megújuló energiaforrásokra való áttérés, az energiahatékonysági intézkedések olyan rendszert teremtenek, amely képes biztosítani az ellátás folytonosságát, miközben a természeti erőforrásokat fenntartható módon használja. A Green Deal célkitűzései e kettős kihívást kezelik, egyszerre támogatva a gazdasági növekedést és a környezetvédelmet, valamint csökkentve az energiaellátásban rejlő kockázatokat és a klímaváltozás hosszú távú hatásait. A Green Deal hosszú távú célja, hogy a klíma- és fenntarthatósági politikákat beépítse minden gazdasági ágazatba (Skjærseth, 2021).

Az Európai Bizottság által 2007-ben megfogalmazott célkitűzések egyik fő eleme az energiaellátás biztonságának elérése volt (Tóth–Kulin, 2019). Annak érdekében, hogy a tagállamok az energiabiztonságot elérjék, csökkenteni kell az energiafüggőséget és diverzifikálni az energiamixet (Hafner–Tagliapietra, 2020). Az Európai Bizottság megfogalmazta, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátását 2030-ra 55%-kal csökkenteni kell az 1990-es szinthez képest (EC, 2020). A bizottság további célként tűzte ki az energiahatékonyság növelését, a megfizethető,

2 A fenntarthatóság azt jelenti, hogy a gazdasági növekedés környezetkárosítás nélkül érhető el (Srivastava et al., 2022).

alacsony karbonlábnyommal rendelkező, olcsó energia előállítását (EC, 2020), amelynek elengedhetetlen feltétele az energiahatékonyság javulása.

Az EU energiapolitikája az Európai Bizottság, az Európai Tanács és az Európai Parlament együttműködésén alapul, és célja a versenyképes, fenntartható és biztonságos energiaellátás biztosítása az európai polgárok és a vállalkozások számára (EC, 2024). Az energiabiztonságot veszélyezteti az Európai Unió energiafüggősége, amely a geopolitikai konfliktusok miatt árfolyamkilengéseket és ellátási problémákat okoz (Van de Ven–Fouquet, 2017).³

Az energiafogyasztást szabályozó politikák negatív eredményei vezettek oda, hogy az Európai Uniónak egy átfogó energiastratégiát kellett kialakítania az energiabiztonság érdekében, amelynek eredményeként 2000-ben az Európai Bizottság létrehozta a zöld könyvet (EC, 2000). Az energiabiztonság fokozásának érdekében 2006-ban megfogalmazták a zöld könyv új irányelveit, amely az energiaiimport függőségének csökkentését tűzte célul (EC, 2006). Az energiabiztonság megteremtésének további erősítése céljából az Európai Tanács az energiaunió 2018-ig történő megvalósítására hívta fel a figyelmet. Az energiaunió létrehozásának célja az energiabiztonság, a fenntarthatóság és a versenyképesség növelése. Az energiabiztonság úgy érhető el, hogy egy teljesen integrált európai energiapiacot kellene létrehozni, így az energiaiimport-függőség megszüntethető lenne. Az energiahatékonyság növelése – azaz hogy ugyanazt a tevékenységet képesek vagyunk kevesebb energia felhasználásával elvégezni⁴ – hozzájárul a kereslet mérsékléséhez, a gazdaság dekarbonizálásához és a versenyképesség növeléséhez.

Az energiabiztonság kérdése mellett a 2000-es évek elején megjelent a globális felmelegedés, a szélsőséges időjárási viszonyok problémája. Ennek hatásaként 2007-ben új energiapolitikai célkitűzéseket tettek közzé a zöld könyvben, amelyben az EU kötelezettséget vállal a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére. A fosszilis energia által okozott CO₂-kibocsátás az EU üvegházhatású gáz kibocsátásának még mindig 80%-át teszi ki a 2021-es adatok alapján.⁵ Ez a tény a kiváltó oka annak, hogy az energiapolitika szabályozásában jelentős változásokra van szükség. Az energiapolitika stratégiai célkitűzései napjainkban már nemcsak az energiabiztonságról, hanem a környezet degradációjának csökkentéséről is szólnak. Egyrészt törekedni kell az emissziók csökkentésére, amelyek megvalósulásához volumen tekintetében kevesebb fosszilis energiát és több tiszta, megújuló energiát kell

3 Az energiapolitika elméleti keretrendszere az energiaipari döntéshozatal alapvető megközelítéseinek és elveinek összessége, amely az energiaforrások előállításától, elosztásától és felhasználásától kezdve az energiaágazat szabályozásáig terjed (EC, 2024).

4 <https://www.eesi.org/topics/energy-efficiency/description%20>.(Letöltve: 2024.10.28.).

5 <https://www.iea.org/regions/europe> (2024.06.19.).

felhasználni. Másrészt korlátozni kell az EU növekvő energiainport-kitettségét, amely az olaj és a gáz piaci árának volatilitását okozhatja (Skjærseth, 2021). Az Európai Bizottság által kiadott közleményben a zöldenergiára való átállás potenciálisan versenyképesebbé teheti az EU energiapiacát, ösztönözve az innovációt és új technológiát, új munkahelyeket teremthet. A fő stratégiai célkitűzés az, hogy a tagállamoknak növelniük kell a helyi, alacsony kibocsátású energiatermelést és energiafelhasználást. A legfőbb kihívás: mindezt olyan módon kell megtenniük, hogy a termelés és felhasználás során maximalizálják Európa versenyképességének növekedését, és minimalizálják a potenciális költségeket (EC, 2007; Pelle–Tabajdi, 2021).

A Green Deal, a „zöld megállapodás” az Európai Bizottság által kiadott közlemény (2019.12.11.), egy szakpolitikai intézkedéscsomag⁶, amely elkötelezett a környezetvédelmi intézkedések iránt. Elsődleges célja az Európai Unió természeti tőkéjének megőrzése, illetve az emberek egészségének védelme. A zöld megállapodás kiemelt prioritása az erőforráshatékony, versenyképes gazdaság létrehozása, amely megteremti az üvegházhatású gázok zéró kibocsátását 2050-re (Hafner–Tagliapietra, 2020). Célja, hogy a tagállamok gazdaságai a növekedést többteleforrás felhasználása nélkül ériék el. A környezet degradációjának csökkentése érdekében az Európai Bizottság létrehozta a multilaterális Párizsi Megállapodást⁷, amely 2016. november 4-én lépett hatályba.⁸ Az Európai Unió tagállamai egységesen elkötelezték arra, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátását csökkentsék, és a hőmérséklet emelkedését 2°C alatt tartásuk, ezért konkrét célokat fogalmaztak meg. A célok megvalósítása érdekében 2021-ben az Európai Bizottság elfogadta az európai klímarendeletet; az Európai Uniónak és tagállamainak jogi kötelezettsége van a kibocsátás csökkentésében (EC, 2021). Az Európai Unió 2023. október 17-ei sajtóközleményében⁹ megjelent, hogy az Európai Tanács jóváhagyta az EU-nak az aktualizált NDC-re (nemzetileg meghatározott hozzájárulás) vonatkozó beadványát, amely szerint 2030-ig legalább 55%-kal csökkenti az üvegházhatású gázok nettó kibocsátását. A tagállamok elkötelezték a célérték mellett, amely jogilag kötelező.¹⁰ A környezeti célok elérése érdekében az Európai Unió hosszú távú stratégiájához tartozik a megújuló energiaforrások használatának növelése, az energiahatékonyág javítása, a zöldebb mezőgazdaság és

6 <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/green-deal/> (2023.10.31.).

7 <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement%20%20>. (2024.10. 28.)

8 https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en (2024. 10. 28.)

9 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/mex_23_5067, (2024.07.03.)

10 <https://www.consilium.europa.eu/hu/press/press-releases/2023/10/16/paris-agreement-council-submits-updated-ndc-on-behalf-of-eu-and-member-states/> (2024. 10. 28.)

közlekedés.¹¹ Az energiabiztonság növelése érdekében az Európai Bizottság 2022. május 18-án benyújtotta REPowerEU tervet, amelynek kiváltó oka az orosz-ukrán háború. A terv célja a túlzott mértékű orosz földgáz-, szén- és kőolajimport uniós függőségének mielőbbi csökkentése. Ennek hatásaként az uniós energiaautonómia, a tiszta energiára való átállás ösztönzése prioritássá vált. A terv legfontosabb célkitűzése az energiamegtakarítás, amely magában foglalja az energiafogyasztás csökkentését¹², továbbá az energiaellátás diverzifikációja és a megújuló energiaforrások bevezetésének felgyorsítása.¹³

Az Európai Unió vállalta, hogy 2050-ig 80–95%-kal csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását 1990-es szintekhez viszonyítva (EC, 2011).¹⁴ Ahogyan az Európai Unió Energia-útvonal 2050-ben (ER2050) szerepel, nemcsak a fosszilis energiahordozókról való áttérés a megújuló energiahordozókra, hanem a végső energiafelhasználás csökkentése is a decarbonizációs folyamatok célkitűzéseként fogalmazódtak meg (Nieto et al., 2020).

A klímacélok elérésére irányuló stratégiák általában a „decoupling” koncepciójára építenek, vagyis céljuk a gazdasági növekedés előmozdítása, miközben csökkentik a természeti erőforrások felhasználását és az üvegházhatású gázok (GHG) kibocsátását. Ha úgy képes egy ország 1 főre jutó GDP-növekedést elérni, hogy azal párhuzamosan az üvegházhatású gázok és az erőforrás-felhasználás abszolút csökkenése következik be, akkor az „absolute decoupling” folyamatnak nevezhető, ellentétben a „relative decoupling” folyamattal, amelyben az erőforrás-felhasználás vagy a kibocsátások növekedése kisebb mértékű, mint a GDP növekedése (Haberl et al., 2020). Számos tanulmány vizsgálja a „decoupling” folyamatát az Európai Unió tagállamaiban. Néhány országban, például Luxemburgban vagy Hollandiában megfigyelhetők kezdeti „decoupling” folyamatok 1950–2012 közötti adatok alapján (Rodríguez, D. et al., 2018). Az energiaintenzitás csökkenésével az üvegházhatású gázok kibocsátása csökken, az energiaintenzitás csökkentése és a megújuló energiaforrások arányának növelése alapvető fontosságú a CO₂-kibocsátás csökkentésében (Drastichová, 2017; Moutinho et al., 2018).

11 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, (2023.10.31.)

12 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1854&from=SK> (2024.03.03.)

13 <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-recovery-plan/> (2023.10.31.)

14 https://energy.ec.europa.eu/system/files/2014-10/roadmap2050_ia_20120430_en_o.pdf%20% (2024.10.28).

3. NÖVEKEDÉSI MODELLEK

A növekedési modelleket azért fontos megemlíteni, mert a Green Deal stratégiai célkitűzéseinek eredményeit folyamatos elemzéseknek vetik alá, amelyekből a modellek segítségével megpróbálják előre jelezni az intézkedések és teljesítések hatásait. Ez a tanulmány a *Diszkusszió* fejezetben összeveti a MEDEAS előrejelzéseit a kapott eredményekkel, amelyből következtetéseket vonhatunk le. Az Európai Unió tagállamaiban a végső energiafogyasztás változásának elemzése és az ok-okozati összefüggések feltárása kiemelt fontosságú a fenntartható fejlődés és az energiahatékonyság területén történő előrehaladás szempontjából. Az ökológiai gazdaságtan foglalta magában a jelenleg zajló energiaátmenet fogalmát és folyamatait (Nieto et al., 2020). Az ER2050 (Energy Roadmap) céljainak értékelése egy új modellezési módszerrel, a MEDEAS-szal történik, amely a posztkeynesi közgazdaságtanon és az ökológiai közgazdaságtanon alapul, vagyis az igényvezérelt gazdasági növekedésre és az abszolút biofizikai (energiaelérhetőségi) korlátok figyelembevételére fókuszál. A MEDEAS egy új integrált értékelési modell, amely egy olyan módszertanra épül, ami összekapcsolja a rendszerdinamikát és a bemenet-kimenet elemzést. Az integrált értékelési modellek komplex elemzési rendszerek, amelyek kiterjednek a környezet, a gazdaság és a társadalom szélesebb összekapcsolódásaira (de Blas et al., 2019; Nieto et al., 2020). A klímaváltozás okozta dekarbonizációs kényszer annak vizsgálatára ösztönzi a kutatókat, vajon a végső energiafogyasztás változása hogyan befolyásolja a gazdasági növekedést. Számos vita övezi a Green Deal azon stratégiai célkitűzését, amely szerint a gazdasági növekedést a végső energiafogyasztás csökkenésével kell elérni (Conrad-Cassar, 2014; Ekins et al., 2016).¹⁵ Ha ez a szétválási folyamat bekövetkezne, akkor lehetne a Green Deal által megfogalmazott fenntarthatóságot elérni (Gazheli et al., 2016).

4. A FENNTARTHATÓSÁGHOZ KAPCSOLÓDÓ INDIKÁTOROK BEMUTATÁSA

Az alábbi fejezetben a kutatás során alkalmazott változókat a szakirodalmi elemzések alapján foglaltuk össze. A Green Deal célkitűzései között szerepel, hogy az országok úgy érjenek el gazdasági növekedést, hogy a környezet degradációját minimálisra csökkentik. Ennek megvalósításához elengedhetetlen a tiszta energia magas aránya (energiamix), az energiahatékony termelés (energiahatékony-

¹⁵ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/story-von-der-leyen-commission/european-green-deal_en (2024.07.03.)

ság), valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése (a környezet degradációja).¹⁶ Az 1. táblázatban bemutatott szakirodalmi elemzés a fent említett szempontok alapján történt.

1. táblázat

Szakpolitikai célkitűzésekhez hozzárendelt indikátorok

Vizsgált szempontok	Szerzők, évszám	Cél	Indikátor
Energiamix Környezet degradációja	Evans et al. (2009)	A megújuló energiaforrásokat rangsorolták hatékonyság alapján	1 főre jutó CO ₂ -kibocsátással Megújuló energiaforrások aránya
	Kozma (2023)	A fenntartható fejlődés mérési lehetőségei	1 főre jutó CO ₂ -kibocsátással
Gazdasági növekedés Energiahatékonyság Fenntarthatóság	Cevik (2024)	Az éghajlatváltozás és energiabiztonság közötti kapcsolat vizsgálata	1 főre jutó CO ₂ -kibocsátással Energiaintenzitás 1 főre jutó reál-GDP Megújuló energiaforrások aránya
Energiahatékonyság, Fenntarthatóság	Blas (2019)	Új módszert mutat be az energiaigény becslésére, a MEDEAS-keretrendszer	1 főre jutó végső energiafogyasztás Energiaintenzitás Megújuló energiaforrások
Gazdasági növekedés	Veugelers et al., (2015)	Horizon 2020 stratégia hatékonyságának vizsgálat	1 főre jutó GDP
Környezet rombolása Gazdasági növekedés	Altıntaş & Kassouri, (2020)	Környezet fenntarthatósága és a gazdasági növekedés közötti kapcsolat	Megújuló energiaforrások Fosszilis energia 1 főre jutó CO ₂ -kibocsátás 1 főre jutó GDP

Forrás: saját szerkesztés

Az 1. táblázatban összegyűjtöttük azoknak a szerzőknek a publikációit, akik a fenntarthatóságot, a gazdaságnövekedést, az energiabiztonságot és az energiahatékonyságot vizsgálták. Összevetettük az általuk használt indikátorokat a vizsgálatunk célkitűzéseinek megfelelő változókkal. Ezen elemzés alapján határoztuk meg a mérésbe bevitt indikátorokat.

Kigyűjtöttük a 2. táblázatban szereplő indikátorok adatait mind a 27 EU-tagállamra vonatkozóan. Az energiamix vizsgálatához a tiszta és megújuló energia-

¹⁶ https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2023.pdf (2024.02.19.)

források arányát használtuk, amelyet a 2022-es adatok alapján számítottunk. A tiszta energia magában foglalja az atomenergiát és a megújuló energiaforrásokat is. Ha egy ország esetében a megújuló energiaforrások aránya jelentősen eltér az átlagtól, miközben a tiszta energia aránya nem, az arra utalhat, hogy az adott országban nagyobb arányban használják például a szél- vagy napenergiát, és kisebb arányban az atomenergiát.

Az energiahatékonyság vizsgálatához az 1 főre jutó végső energiafelhasználás és az energaintenzitás alakulását elemezzük az elmúlt 10 év folyamán. Az 1 főre jutó végső energiafelhasználás az ipar, a közlekedés, a háztartások, a szolgáltatások és a mezőgazdaság által felhasznált energia mennyiségét jelenti a lakosság számával arányosítva. Ennek mértékegysége millió tonna olajegyenérték (TOE), bázisévként a 2005-ös érték 100-as indexével és személyenként TOE/fő formában számolva. További energiahatékonysági mutatóként vizsgáljuk az energaintenzitást, amely a bruttó energiafelhasználás és a GDP hányadosát fejezi ki. Ez a mutató jelzi, hogy egységnyi gazdasági érték előállításához mekkora energiafelhasználás szükséges. Az energaintenzitás csökkenése fenntartható fejlődést jelez (de Blas, 2019). Az adatok a 2011–2022 évekből származnak, és az Eurostat adatbázisából exportáltuk. Egy ország energiahatékonyságának általános értékelésére alkalmas az egységnyi gazdasági teljesítményre jutó teljes energiaellátás mutatója. Ez nemcsak az energiahatékonyságot tükrözi, hanem a gazdasági szerkezetet is: a szolgáltatásorientált gazdaságok rendszerint alacsonyabb energaintenzitásúak, mint a nehézipari alapú gazdaságok.¹⁷

A GDP mint a gazdasági tevékenység mérőszáma széles körben használatos az anyagi életszínvonal értékelésére, bár nem tükrözi a gazdasági jólét teljes spektrumát. Nem tartalmazza például a fizetetlen háztartási munkát, és nem veszi figyelembe a gazdasági tevékenység környezeti hatásait, például a környezetromlást sem. Ezért az elemzésben mi az 1 főre jutó reál-GDP-indikátor használata mellett döntöttünk. Az 1 főre jutó reál-GDP-t az adott év reál-GDP-jének és az átlagos népesség arányának hányadosaként határoztuk meg, és kerekített adatokon alapul.¹⁸

A fenntartható fejlődés kulcseleme, hogy a gazdasági növekedés a környezeti degradáció emelkedése nélkül valósuljon meg. Vizsgáljuk, hogy az uniós tagállamok gazdasági növekedése a CO₂-kibocsátás többletnövekedésével jár-e együtt, vagy ezzel párhuzamosan a környezeti károk csökkenése is tapasztalható. A CO₂-kibocsátás mérséklésének előfeltétele az energiahatékonyság javítása és a megújuló energiaforrások arányának növekedése. Az 1 főre jutó nettó üvegházhatású gázok kibocsátása a környezet degradációjának egyik kulcsfontosságú indikáto-

17 <https://www.iea.org/countries/austria/efficiency-demand%20.> (2024.09.15.)

18 https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg_o8_10_esmsip2.htm (2024.09.15.)

ra, amely az egyes üvegházhatású gázok globális felmelegedési potenciálját CO₂-egyenértékben integrálja.¹⁹

2. táblázat

Az elemzéshez alkalmazott indikátorok

Szakpolitikai célkitűzés	Vizsgált szempontok	Alkalmazott indikátorok
Fenntarthatóság	Energiamix (energiatisztulás)	Megújuló energiaforrások, tiszta energia aránya 2022-ben (%) ²⁰
	Energiahatékonyság	1 főre jutó végső energiafelhasználás ²¹ (TOE/fő) (2011–2022) Energiaintenzitás ²² (MJ/ezer 2015, USD) (2012–2022)
	Környezet rombolása	1 főre jutó nettó üvegházhatású gázok kibocsátása (tonna/fő, CO ₂ -egyenértékben) ²³ (2012–2022)
Gazdasági növekedés	Gazdasági növekedés	1 főre jutó reál-GDP ²⁴ (euró/fő, 2010) (2011–2022)

Forrás: saját szerkesztés

19 https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg_13_10_esmsip2.htm (2024.09.15.)

20 <https://www.iea.org/countries/austria/energy-mix> (2024. 09. 15.)

21 https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_07_11/default/table (2024. 09. 15.)

22 <https://www.iea.org/countries/austria/efficiency-demand> (2024. 09. 15.)

23 https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_13_10/default/table?lang=en (2024. 09. 15.)

24 https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_08_10/default/table (2024.09.15.)

5. AZ EU-TAGÁLLAMOK FENNTARTHATÓSÁGÁNAK STATISZTIKAI ELEMZÉSE

Az EU tagállamainak sokszínűségét többen is vizsgálták. Pérez (2019) elemzése az energiaátmenet prioritása alapján két klaszter kialakulását feltételezi, egy üzleti érdekektől vezérelt és egy perifériára szorult országcsoporthoz, míg egy másik tanulmány a fenntartható fejlődési célok alapján „sereghajtó”, „gyorsan növekvő” és „élmezőny” csoportba sorolja az országokat a versenyképesség és a sokszínű autonómia alapján (Kozma, 2023; Dinya, 2023). Az Európai Unió (2007) bővítés utáni integrációs folyamatok elemzése az EU tagállamokat magországokra (észak- és nyugat-európai tagállamok), illetve perifériaországokra (újjonnan csatlakozó dél- és kelet-európai tagállamok) bontja (Pelle, 2013). Farkas (2016) klaszterezése a kapitalizmus modelljei alapján 6 országcsoporthoz különített el. Pelle, London és Kuruczleki (2019) klaszterezése az integráció vonatkozásában szintén 6 országcsoporthoz különített el. Mindkét klaszterezési eljárás esetén megfigyelhetőek ambivalens eredmények. Elemzésünk során a Farkas Beáta klaszterezési módszerét vettük alapul, csak más adatokat és időbeliséget vizsgáltunk.

A klaszterelemzés célja, hogy megállapítsa, vajon a Green Deal fentiekben taglalt stratégiai célkitűzéseinek teljesítése során megfigyelhető-e egy nyugati-keleti blokk vagy egy periféria-magország országcsoporthoz, illetve ambivalencia az országok között. Azt vizsgáljuk, hogy a szakpolitikai célkitűzések teljesítése, azon belül az energiahatékonyság, energiatisztulás és a fenntarthatóság hogyan valósult meg a tagállamokban az elmúlt közel tíz évben. A Green Deal egyik stratégiai célkitűzése az, hogy a gazdasági növekedést az ökológiai lábnyom növekedése nélkül kell fenntartani. A cél az, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátása ne növekedjen, illetve a végső energiafelhasználás, az energiaintenzitás csökkenjen, azaz ugyanannyi termék előállításához kevesebb energiát használjunk fel.

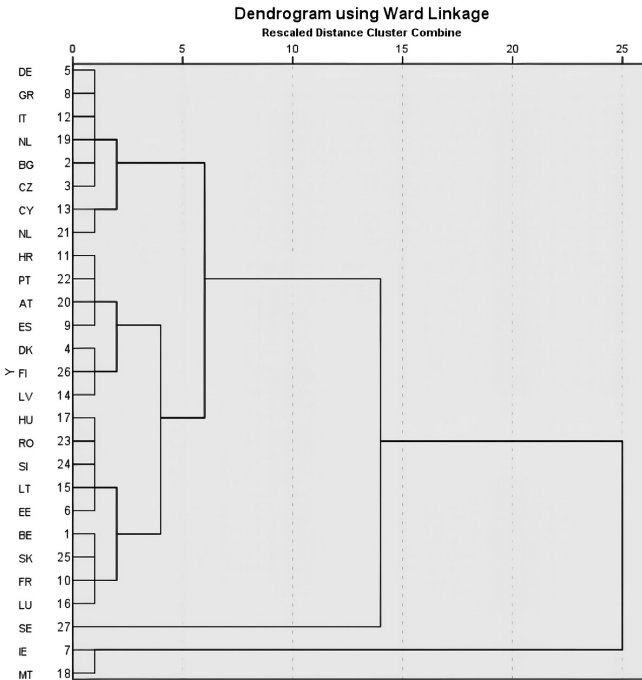
A klaszterezési eljárás további célja, hogy kompakt csoportokat hozunk létre hasonló megfigyelésekből, amelyek a lehető legnagyobb mértékben elkülönülnek más csoportoktól. Először hierarchikus klasztert építettünk SPSS-programban; első lépésben a Ward-elv mentén standardizáltuk az indikátorokat. A módszer legfőbb sajátossága az, hogy a csoportosításhoz nem kell megadni a mintában létező csoportok számát. A hierarchikus összevonó eljárások során n számú egyedet $(n-1)$ lépésben vonnak össze egy csoportba. Az összevonási folyamat ábrázolása dendrogramon történik.

A 2. táblázatban szereplő változók adatait az Eurostat adatbázisából exportáltuk, és az SPSS-ben hierarchikus klaszterelemzést végeztünk, amelyet az 1. ábra mutat. Az elemzés eredménye egy kétdimenziós ábrán jelenik meg: a függőleges tengelyen az összevont elemeket láthatjuk, míg a vízszintes tengelyen a távolságértékeket, amelyeknél az összevonások megtörténtek. A dendrogram alapján 6 klasztert

azonosíthatunk. A Ward-módszer a belső szórás minimalizálására épül, vagyis mindig azokat az egyedeket vonja össze, amelyek a legkevésbé növelik a rendszer belső szórását és heterogenitását.

1. ábra

Hierarchikus klaszter



Forrás: saját szerkesztés SPSS-ben

Fontos kiemelnünk, hogy bármilyen gondosan választottunk is távolságmértéket és klaszterező eljárást, nem kapunk végleges választ arra a kérdésre, hány csoportba sorolható a vizsgált adathalmaz. A struktúrafeltárás ezen eljárása csak exploratív célra alkalmas, ezért a továbbiakban K-középpontú klaszterezési módszert alkalmazunk.

A következő lépésként K-középpontú klaszterelemzést alkalmaztunk az EU-27-re azzal a céllal, hogy az uniós tagállamokat hasonló jellemzőkkel rendelkező klaszterekbe rendezzük (Pelle et.al., 2021; Schmitt–Starke, 2011). A gazdasági mutatók esetén a négyzetes euklideszi távolságot használjuk, amely az i és k egyedek között az alábbiak szerint számolható, ahol j index jelzi az egyedeket vagy a változókat:

$$d_{ik}^2 = \sum_j (x_{ij} - x_{kj})^2 \quad (1)$$

A klaszterek között nem követelmény az arányos felosztás, de a nagy aránytalanság fontos információt hordoz. Az általános cél az, hogy olyan csoportosítást érjünk el, amely minimalizálja a különbségeket minden egyes klaszteren belül. A K-közép klaszteranalízis során a centroid a legközelebbi pontok átlaga. Minél nagyobb egy csoport homogenitása, annál kisebb a pontok átlagának távolsága a középponttól. Az egyelemű klaszterek a kilógó, a többiekétől nagyon eltérő tulajdonságú egyedek létre engednek következtetni.

6. A KLASZTERELEMZÉS EREDMÉNYEI

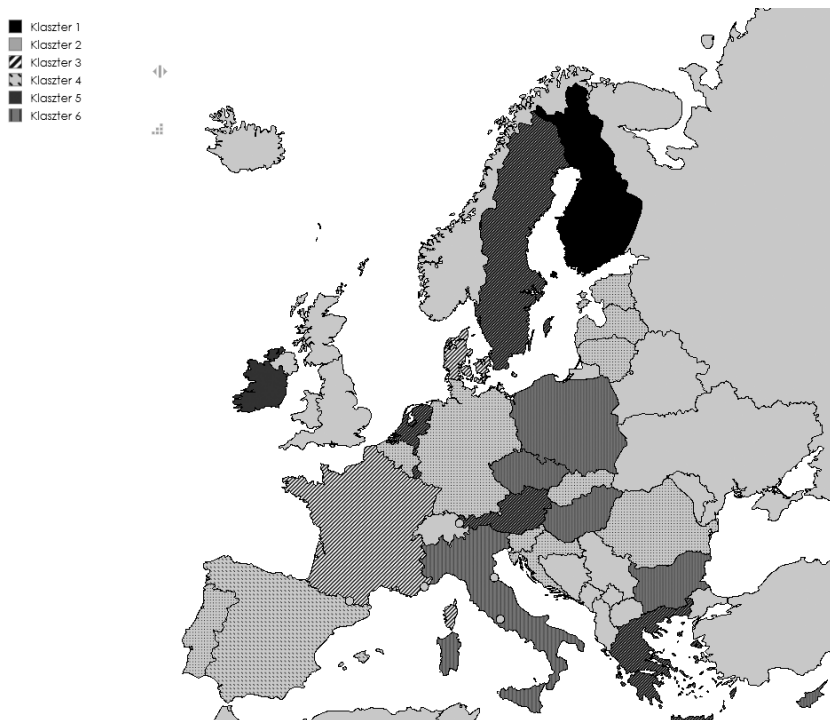
A minél pontosabb eredmény érdekében megvizsgáltunk többféle klaszterkialakítási lehetőséget. A *Függelékben* szereplő táblázat alapján megfigyelhető, hogy 5 alatti klaszterszám esetén nagy a klasztereken belüli szórás, az országcsoportok homogenitása alacsony. A klaszterszám 6-ra emelésével az országcsoportok homogenitása növekedett, amelynek következtében pontosabb mérési eredményeket kaphatunk. 2 és 3 klaszter kialakításával magas a klasztereken belüli szórás, 4 klaszter esetén három outlier, 5 klaszterszám esetén szintén három outlier kapunk. 6 klaszter kialakításánál a klasztereken belüli szórás alacsonyabb, homogénebb csoportokat sikerült kialakítani, viszont itt is megfigyelhető három outlier. Az outliereket benne hagytuk az elemzésben, mivel mind a 27 tagállamra vonatkozóan készítjük a tényfeltáró elemzést.

A 2. táblázat tartalmazza a klaszterelemzés végső eredményét és jellemzőit, a pozitív és a negatív átlagokat, illetve a klaszterek szórását. Standardizált változókat használtunk az elemzés során.

3. táblázat K-középpontú klaszterelemzés eredménye

Klaszter	Klaszter országai	Szórás	1 főre jutó végző energiatermelés változása (2011-2022)	Energiaintenzitás változása (2011-2022)	1 főre jutó real-GDP változása (2011-2022)	Megújuló energiaforrások aránya (2022)	Tiszta energiaforrások aránya (2022)	1 főre jutó üvegházhatású gázok kibocsátásának változása (2013-2022)
Átlag								
1. klaszter	Finnország	0,00	-0,17249	0,97511	-0,91268	0,49190	1,29392	-4,00661
2. klaszter	Málta	0,00	3,95991	-2,40904	0,94550	-1,22838	-1,99685	0,55556
	Dánia							
	Görögország							
	Franciaország							
	Luxemburg	0,2878	-0,75764	-0,03542	-0,75515	0,74110	0,63459	-0,25661
	Hollandia							
	Ausztria							
	Svédország							
	Belgium							
	Németország							
	Csehország							
	Spanyolország							
	Horvátország	0,4115	-0,07618	0,17646	0,09081	0,17233	0,22346	0,07013
	Lettország							
	Litvánia							
	Portugália							
	Romania							
	Szlovákia							
	Szlovénia							
5. klaszter	Írország	0,00	0,51208	-2,99342	3,44175	-0,21976	-0,96098	0,11924
	Bulgária							
	Csehország							
6. klaszter	Olaszország	0,2731	0,30699	0,45571	0,13543	-1,02117	-0,87271	0,72611
	Ciprus							
	Magyarország							
	Lengyelország							

Forrás: saját szerkesztés SPSS programban futtatva Eurostat 2011-2022 adatok alapján

2. ábra**EU-27 tagállamok kialakított klaszterei**

Forrás: saját szerkesztés www.mapchart.net alapján

A klaszterek meghatározása az átlagok alapján történt. Az országok átlagainak számtani átlaga indikátoronként 0, amelyhez képest vizsgáljuk az eltérést. Negatív irányú eltérés esetén átlag alatti a teljesítmény, pozitív irány esetén átlag feletti. Az 1., 3. és 5. klaszterbe csak néhány ország sorolható, Finnország, Málta és Írország, ami azt jelenti, hogy bizonyos indikátorok értékei kiugróan magasak. Ezeket az országokat nem távolítottuk el az adatsorból, mivel a célunk az, hogy minden egyes tagállamra vizsgáljuk meg az adatokat.

Az első klaszterben Finnország található, ahol a tiszta energia aránya az átlaghoz képest kiemelkedően magas, az 1 főre jutó végső energiafogyasztás az átlaghoz képest csökkent, az energiaintenzitás viszont az átlagos csökkenéstől magasabb, és ezzel párhuzamosan az üvegházhatású gázok kibocsátása jelentős mértékben csökkent. Megállapítható, hogy az 1 főre jutó reál-GDP az átlaghoz képest kisebb mértékben növekedett.

A 2. klaszterbe Málta tartozik, amely szintén kiugró értékekkel rendelkezik, és Finnország ellentéte. A tiszta energia aránya és az energiahatékonyság jóval az átlag alatt marad, az üvegházhatású gázok kibocsátása és az 1 főre jutó GDP-növekedés viszont jelentős mértékben meghaladja az átlagot.

A 3. klaszterbe Dánia, Görögország, Franciaország, Luxemburg, Hollandia, Ausztria és Svédország tartozik. Az országcsoport paraméterei hasonlítanak Finnország eredményeihez, annyi különbséggel, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátása az átlaghoz képest kisebb mértékben csökkent. Ezen országcsoport esetén az energiahatékonyság jelentős mértékben növekedett az átlaghoz képest, és a tiszta energia aránya is kiemelkedően magas az átlaghoz viszonyítva, viszont az átlagnál kisebb mértékű a gazdasági növekedés. Görögország energaintenzitása magasabb a csoport átlagánál, viszont földrajzi adottságait kihasználva jelentős mennyiségű megújuló és tiszta energiaforrással rendelkezik, ezáltal az üvegházhatású gáz kibocsátását az átlagnál nagyobb mértékben csökkentette.

A 4. klaszterbe tartozik Belgium, Németország, Észtország, Spanyolország, Horvátország, Lettország, Litvánia, Portugália, Románia, Szlovákia és Szlovénia. Megállapítható, hogy ezekben az országokban az átlagtól nagyobb mértékű a tiszta energia aránya, az egy főre jutó végső energiafogyasztás kismértékben csökkent, az energaintenzitás átlag feletti érték, illetve üvegházhatású gázkibocsátás-növekedés és kisebb mértékű gazdasági növekedés jellemzi.

Az 5. klaszterhez szintén egyetlen ország, Írország tartozik, szintén outlier, azaz kiugró értékekkel rendelkezik. A megújuló energiaforrások aránya 2022-ben elmaradt az átlagtól, az 1 főre jutó végső energiafelhasználás növekedett, viszont az energaintenzitás jelentős mértékben elmarad az átlagtól, azaz kevesebb energiabefektetéssel állítják elő ugyanazt a mennyiségű terméket. Az átlaghoz képest sokkal kevesebb energia szükséges egységnyi GDP előállításához. Kiugró értéként viselkedik az egy főre jutó reál-GDP-növekedés, amely az átlaghoz képest kiemelkedően magas, ezzel szemben az üvegházhatású gázok kibocsátása az átlagtól csak kis mértékben tér el pozitív irányban.

A 6. klaszterben Bulgária, Csehország, Olaszország, Ciprus, Magyarország és Lengyelország található. Ebben az országcsoportban az országok átlagosan kisebb arányban rendelkeznek megújuló energiaforrásokkal, az egy főre jutó energiafogyasztás és az energaintenzitás átlag feletti, és az üvegházhatású gázok kibocsátása is lényegesen magasabb az átlagnál és a többi klaszter országainak adatainál. Az országok az átlagosnál magasabb 1 főre jutó GDP-növekedést értek el. Az országcsoportokat összehasonlítva megállapítható, hogy egyedül a 3. klaszter országai voltak képesek az energiahatékonyságot úgy javítani, hogy az energaintenzitás az átlagos csökkenéshez képest mérséklődött, azaz ténylegesen kevesebb energiát használtak fel ugyanannyi termék előállításához, és mellette az üvegházhatású gázok kibocsátása is csökkent. A megújuló energiaforrások ará-

nya átlag feletti. Az is megállapítható ennél az országcsoportnál, hogy az 1 főre jutó reál-GDP-növekedés átlag alatti. Az energaintenzitás a tízéves időintervallum alatt minden országban csökkent, ami a magasabb minőségű energiának és a korszerűbb technológiának tudható be.

Összehasonlítva a klaszterek ismérveit és a kiugró értékekkel rendelkező országokat, a hasonló ismérvekkel rendelkező klaszterbe sorolva az alábbi országcsoportokat különíthetjük el: „Vezető”, ide tartozik Finnország, Dánia, Görögország, Franciaország, Luxemburg, Hollandia, Ausztria és Svédország (1;3 klaszter). „Felzárkózó”: Belgium, Németország, Észtország, Spanyolország, Horvátország, Lettország, Litvánia, Portugália, Románia, Szlovákia és Szlovénia. „Leszakadó”: Málta, Bulgária, Csehország, Olaszország, Ciprus, Magyarország és Lengyelország. Írországot a „Dinamikus” megnevezéssel illettük, mivel kiugróan magas gazdasági növekedést volt képes elérni minimális energiafelhasználás növekedésével és üvegházhatású gáz kibocsátásával. A klaszterek kialakításánál a csoportok homogenitásának összehasonlításához a szórásértékeket vettük figyelembe, amelyek megmutatják, hogy egyes országok milyen távol vannak a csoportok K-középpontjától. Minél közelebb vannak a középponthez, annál nagyobb a csoportok homogenitása az indikátorok szerint, azaz annál közelebb állnak az egyes országok egymáshoz.

A klaszterelemzést elvégezzük az outlierok eltávolításával is, amelynek az eredményét a *Függelékben* szereplő táblázatban lehet megtekinteni. Az 1. klaszter országai, Dánia, Észtország, Lettország, Litvánia, Luxemburg, Szlovénia, Svédország olyan országokat képviselnek, amelyek energiahatékonysági stratégiáik révén fenntarthatóbb gazdaságot működtetnek, erősen támaszkodva megújuló energiaforrásokra. A 2. klaszter országai, Bulgária, Ciprus, Magyarország, Lengyelország, Románia olyan országok, amelyek gyors gazdasági növekedést érnek el, de ennek jelentős környezeti ára van, és nem részesítik előnyben a megújuló vagy tiszta energiaforrásokat. A 3. klaszter országai, Belgium, Csehország, Németország, Görögország, Spanyolország, Franciaország, Horvátország, Olaszország, Hollandia, Ausztria, Portugália, Szlovákia lassabb gazdasági növekedésű országokat képviselnek, amelyek nem energiahatékonyak, de a környezeti terhelésük sem extrém. Átmeneti állapotot tükröznek, ahol az energiaforrások tisztábbá tételére van szükség. Az eredmény lényegében nem változott, viszont pontosabban elhatárolódnak az országcsoportok egymástól, és a 6 klaszter helyett 3 klasztert különíthetünk el, ahogyan a fent leírtakból olvasható.

4. táblázat Az Európai Unió tagállamai klaszterekbe sorolva

Klaszterek száma	Klaszter elnevezése	Országok	Végso energia-fogyasztás változása	Energia-intenzitás változása	I főre jutó real-GDP változása	Megújuló energiaforrások aránya (2022)	Tiszta energiaforrások aránya (2022)	I főre jutó üvegházhatású gázok kibocsátásának változása
1		Finnszág	átlaghoz képest csökkent	átlag feletti	átlaghoz képest kisebb mértékben nőtt	átlaghoz képest nagyobb	átlaghoz képest jelentősen nagyobb	átlaghoz képest jelentősen csökkent
		Dánia Görögország Franciaország Luxemburg Hollandia Ausztria Svédország						
3	Vezető		átlaghoz képest csökkent	átlag alatti	átlaghoz képest jelentősen kisebb mértékben nőtt	átlaghoz képest jelentősen nagyobb	átlaghoz képest jelentősen nagyobb	átlaghoz képest kismértékben csökkent
4	Felzárkózó		átlag körüli változás	átlag feletti	átlaghoz képest kismértékben növekedett	átlaghoz képest nagyobb	átlaghoz képest nagyobb	átlaghoz képest kismértékben növekedett
		Belgium Németország Esztorizág Spanyolország Horvátország Lettország Litvánia Portugália Románia Szlovákia Szlovénia						
5	Dinamikus	Írország	átlaghoz képest növekedett	átlag alatti	átlaghoz képest nagyon jelentősen növekedett	átlaghoz képest kisebb	átlaghoz képest jelentősen kisebb	átlaghoz képest növekedett
6	Leszakadó	Bulgária Csehország Olaszország Ciprus Magyarország Lengyelország	átlaghoz képest növekedett	átlag feletti	átlaghoz képest kismértékben növekedett	átlaghoz képest jelentősen kisebb	átlaghoz képest jelentősen kisebb	átlaghoz képest növekedett
2		Málta	átlaghoz képest erőteljesen növekedett	átlag alatti	átlaghoz képest nagyobb mértékben nőtt	átlaghoz képest jelentősen kisebb	átlaghoz képest jelentősen kisebb	átlaghoz képest jelentősen növekedett

Forrás: saját szerkesztés

A klaszterek száma 1-6-ig terjed. Az energiamix változatosságát mutatja, ha a megújuló energiaforrások aránya átlag feletti, akkor magas, ha az alatti, akkor alacsony. A tiszta energia magában foglalja az atomenergia arányát. Ha egy adott országban a végső energiafelhasználás átlaga 0 felett van, akkor növekedett, ha 0 -hoz közeli, akkor átlagos, ha 0 alatti akkor csökkent. Az energiahatékonyság mértékét nem lehet egy indikátor alapján vizsgálni, ezért az energiatenzitás változását is megfigyeltük. Ha a két indikátor együttesen csökken, akkor állapítható meg tényleges energiahatékonyság-növekedés. Ha a gazdasági növekedés esetén az 1 főre jutó GDP változása átlag feletti, akkor növekvő, ha átlaghoz közeli, akkor mérsékelten növekvő. 2011–2022 között az összes tagállam növekedést ért el az 1 főre jutó reál-GDP volumenében, viszont az 1-es és a 3-as klaszter kisebb mértékű növekedést produkált. Az 1 főre jutó CO₂-kibocsátás mértéke egyes tagállamoknál átlag feletti, másoknál átlag alatti, ezt növekvő és csökkenő jelzővel illettük.

5. táblázat A klaszterek ismérvei

Ország	Klaszter	Megújuló és tiszta energia aránya	1 főre jutó végső energiafelhasználás	Energia-intenzitás	Gazdasági növekedés	Kibocsátás
Finnország		magas	csökkenő	átlag feletti	kevésbé növekvő	csökkenő
Dánia	„Vezető”	magas	csökkenő	átlag alatti	kevésbé növekvő	csökkenő
Görögország						
Franciaország						
Luxemburg						
Hollandia						
Ausztria						
Svédország						
Belgium	„Felzárkózó”	magas	csökkenő	átlag feletti	növekvő	növekvő
Németország						
Észtország						
Spanyolország						
Horvátország						
Lettország						
Litvánia						
Portugália						
Románia						
Szlovákia						
Szlovénia						
Írország	„Dinamikus”	alacsony	növekvő	kiemelkedően átlag alatti	növekvő	növekvő
Bulgária	„Leszakadó”	alacsony	növekvő	átlag feletti	növekvő	növekvő
Csehország						
Olaszország						
Ciprus						
Magyarország						
Lengyelország						
Málta		alacsony	növekvő	kiemelkedően átlag alatti	növekvő	növekvő

Forrás: Saját szerkesztés

A 4. táblázatról leolvasható, hogy az 1. és a 3. klaszter paraméterei hasonlóak, annyi különbséggel, hogy Finnország mind a négy szempont szerint kiemelkedően teljesít. Mindkét klaszterre igaz, hogy az átlaghoz képest alacsonyabb gazdasági növekedést ért el közel 10 év alatt. Ezek az országok képesek voltak növelni az energiahatékonyságot, és ezzel párhuzamosan az üvegházhatású gázok kibocsátásnak csökkentése is átlag feletti. Málta inkább a 6. klaszterbe sorolható a négy szempont alapján, viszont Málta 1 főre jutó energiafogyasztása és a CO₂-kibocsátás mértékének változása kiemelkedő növekedést mutat a többi országhoz képest, ezért viselkedik outlierként. A 2. és 6. klaszter országaira egyaránt az alacsony arányú tiszta energia, az átlaghoz képest csökkenő energiahatékonyság és növekvő mértékű üvegházhatású gázkibocsátás jellemző. Mindkét klaszter esetén az átlagnál nagyobb mértékű gazdasági növekedés figyelhető meg. A 4. és 5. klaszter esetében a tiszta energia arányában mutatkozik eltérés, Írországból az átlagnál alacsonyabb mértékű a tiszta energia aránya, míg a 4-es klaszter esetén magasabb. Az energiahatékonyság az átlaghoz képest növekedett, ugyanúgy, mint az emisszió. Írország kiemelkedő, átlag feletti 1 főre jutó GDP-növekedést ért el, emiatt outliernek tekinthető.

7. DISZKUSSZIÓ

Az Európai Unió tagállamai igen heterogén eredményeket mutatnak a célok teljesítésével kapcsolatban. Hannesson (2020) azt állítja, hogy pozitív, de nem arányos kapcsolat van a GDP-növekedés és az energiafogyasztás között.

A Green Deal azon stratégiai célkitűzését, amely szerint a gazdasági növekedést a végső energiafogyasztás csökkenésével kell elérni, az adatok alapján a következőképpen értelmezhetjük. Minden országnak sikerült az elmúlt tíz év alatt gazdasági növekedést elérnie, habár különböző mértékűt. Az egy főre jutó végső energiafelhasználás 2011–2022 között az alábbiak szerint alakult. Finnországnak $-0,17249$, a „Vezető” országcsoportnak (Dánia, Görögország, Franciaország, Luxemburg, Hollandia, Ausztria, Svédország) $-0,75764$ és a „Felzárkózó” országcsoportnak (Belgium, Németország, Észtország, Spanyolország, Horvátország, Lettorság, Litvánia, Portugália, Románia, Szlovákia, Szlovénia) $-0,07618$ eredményt sikerült elérnie, ami azt jelenti, hogy csökkenteni tudták az energiafelhasználásukat. Málta esetén $3,95991$ és a „Leszakadó” országcsoport (Bulgária, Csehország, Olaszország, Ciprus, Magyarország, Lengyelország) esetén $0,30699$ a végső energiafogyasztás, ami növekedett. Ezekben az országokban az átlagnál magasabb gazdasági növekedés volt a jellemző, csakúgy, mint a „Leszakadó” országcsoportnál ($0,13543$) és Málta esetén ($0,94550$). Írország kiemelkedően magas gazdasági növekedést tudott elérni ($3,44175$) az átlaghoz képest magasabb

energiafogyasztással (0,51208), viszont kiemelkedően csökkenő energiaintenzitással (-2,99342).

Megállapítható, hogy a Green Deal ez irányú szakpolitikai célkitűzéseit Finnország, továbbá a „Vezető” és a „Felzárkózó” országcsoportok voltak képesek eddig teljesíteni, a többi ország kevésbé. Illetve, igazolódnak Hannesson (2020) kutatásainak eredményei, amelyek szerint a GDP-növekedés és a végső energiafelhasználás között van pozitív kapcsolat, de ez nem egyenesen arányos, és megjelenik a szétválás.

Blas és szerzőtársai (2019) megállapították, hogy az energiaintenzitás csökkenésével csökken a végleges energiafelhasználás. A technológia fejlődésével és a minőségi energia előállításával az energiaintenzitás – különböző mértékben – minden országban csökken.

A „Vezető” országcsoportnál (Dánia, Görögország, Franciaország, Luxemburg, Hollandia, Ausztria, Svédország) állapítható meg, hogy az energiaintenzitás az átlagnál nagyobb mértékben csökkent (-0,03542), és ezzel párhuzamosan a végső energiafogyasztás is csökkent (-0,75764). Az energiaintenzitás Málta esetén (-2,40904), Írország esetén (-2,90342) kiemelkedően csökkent, ezzel párhuzamosan az 1 főre jutó végső energiafelhasználás Málta (3,95991) és Írország (0,51208) esetén emelkedett. Az energiaintenzitás az adatok alapján minden országban csökkent, de a csökkenés mértéke változó. Az viszont nem jelenthető ki egyértelműen, hogy az energiaintenzitás mérséklődésének hatására csökken a végső energiafogyasztás, mivel az a „Leszakadó” országokban növekedett.

Cevik (2024) eredményei azt mutatják, hogy az energiahatékonyság javítása Európa-szerte jelentősen hozzájárulhat a klímavállalások teljesítéséhez, csökkentve ezzel az 1 főre jutó CO₂-kibocsátást.

Az energiahatékonyság nem mérhető csak az energiaintenzitással, célszerű a végső energiafogyasztással együtt vizsgálni. Az adatokból igazolható Cevik állítása, amely szerint Finnország az 1 főre jutó végső energiafogyasztását csökkentette -0,17249-re, ezzel párhuzamosan az 1 főre jutó CO₂-kibocsátása is jelentős mértékben csökkent -4,00661-re. A vezető országcsoport szintén csökkentette az egy főre jutó végső energiafogyasztását (-0,75764), ezzel párhuzamosan az 1 főre jutó CO₂ kibocsátása is csökkent (-0,25661).

Visszaulva Haberl és szerzőtársai (2020) eredményeire, amely szerint az 1 főre jutó GDP-t úgy vagyunk képesek növelni, hogy közben az egy főre jutó végső energiafogyasztást és a CO₂-kibocsátást csökkentjük, akkor „absolute decoupling” folyamatról beszélünk.

Az eredmények alapján Finnország és a „Vezető” országcsoport országai (Finnország, Dánia, Görögország, Franciaország, Luxemburg, Hollandia, Ausztria, Svédország) képesek elérni az abszolút szétválást, mivel az 1 főre jutó végső energiafo-

gyasztás Finnország esetén $-0,17249$, a „Vezető” országcsoporthoz $-0,75764$, az 1 főre jutó CO_2 -kibocsátás Finnország esetén $-4,00661$, a „Vezető” országcsoporthoz $-0,25661$, azaz csökken. A többi országcsoporthoz a CO_2 -kibocsátás nőtt az 1 főre jutó GDP-növekedéssel.

A „relative decoupling” azt jelenti, hogy az egy főre jutó végső energiafogyasztás vagy a CO_2 -kibocsátás növekedése alacsonyabb a gazdasági növekedés mértékénél. Ez a jelenség a „Felzárkózó” országcsoporthoz figyelhető meg, ahol az 1 főre jutó GDP-növekedés mértéke az átlagnál magasabb, $0,09081$, összehasonlítva az 1 főre jutó végső energiafogyasztással, ami $0,07618$ és az 1 főre jutó CO_2 -kibocsátással $0,07013$. Látható, hogy kisebb mértékben növekedett az energiafogyasztás vagy a CO_2 -kibocsátás. Írország esetén is megfigyelhető ez a jelenség, ahol az 1 főre jutó GDP-növekedés mértéke az átlagnál jelentős mértékben magasabb, $3,44175$, ezt összehasonlítva az 1 főre jutó végső energiafogyasztással, ami $0,51208$ és az 1 főre jutó CO_2 -kibocsátással, ami $0,11924$, látható, hogy kisebb mértékben növekedett mindkét adat.

A „Leszakadó országcsoporthoz nem figyelhetjük meg a szétválást. Az 1 főre jutó GDP-növekedés mértéke az átlagnál magasabb, $0,13543$, ezt összehasonlítva az 1 főre jutó, végső energiafogyasztással, ami $0,30699$ és az 1 főre jutó CO_2 -kibocsátással, ami $0,72611$, látható, hogy mindkét indikátor esetén a GDP-növekedéshez képest nagyobb a változás.

A MEDEAS Nieto et al. (2020) mérési eredményei alapján a végső energiafogyasztás csökkenésével a GDP-növekedés megállhat, és a megújuló energiaforrások telepítésének növekedése nem oldja meg a klímaproblémákat. Az adatok azt mutatják, hogy Finnország ($-0,91268$) és a „Vezető” országcsoporthoz (Dánia, Görögország, Franciaország, Luxemburg, Hollandia, Ausztria, Svédország) 1 főre jutó reál-GDP növekedése ($-0,75515$) átlag alatti, ezzel párhuzamosan a szakpolitikai célkitűzések ezekben az országokban valósultak meg a legnagyobb mértékben.

Az átlagnál nagyobb gazdasági növekedést elérő országcsoporthoz esetén a klímacélok megvalósulása kevésbé észlelhető. Azokban az országokban, ahol a tiszta energia (nukleáris energiaforrás nélküli) aránya átlag feletti, Finnországban $1,29392$, a „Vezető” országcsoporthoz pedig $0,63459$. Az 1 főre jutó CO_2 -kibocsátás változása Finnországban ($-4,00661$) szignifikáns csökkenést, a „Vezető” országcsoporthoz esetén is csökkenést mutat ($-0,25661$). A „Felzárkózó” országcsoporthoz esetén a tiszta energia aránya átlag feletti ($0,22346$), ezzel párhuzamosan az 1 főre jutó CO_2 -kibocsátás változása az átlagnál kismértékben magasabb ($0,07013$). Írország ($-0,96098$), Málta ($-1,99685$) és a „Leszakadó” országcsoporthoz ($-0,87271$) esetén a tiszta energia aránya 2022-ben átlag alatti, ezzel párhuzamosan az 1 főre jutó CO_2 -kibocsátás változása Írországban ($0,11924$), a „Leszakadó” országcsoporthozban ($0,72611$) és Máltán ($0,55556$) átlag feletti, azaz növekedést mutat.

Ezekből az adatokból arra következtethetünk, hogy a MEDEAS mérései valójában igazoltnak látszanak; minél nagyobb a tiszta energia – mint a szél, a napelem, a víz – aránya, annál jobban képesek teljesíteni az országok a klímacélokat. Nieto és szerzőtársai (2020) eredményei, amely szerint a végső energiafelhasználás csökkenésével valóban kisebb mértékű gazdasági növekedés érhető el, viszont a tiszta energia arányának növekedése megoldás lehet a klímacélok eléréhez, csak részben igazolódtak.

Lange és szerzőtársai (2020) arra a következtetésre jutottak, hogy az áttérés a foszszilis energiahordozókról a magasabb minőségű energiahordozóra csökkenti a végső energiafelhasználást. A megújuló energiaforrások aránya magában foglalja a tiszta és a nukleáris energia arányát, amelyek magasabb minőségű energiaforrásnak számítanak.

A megújuló energiaforrások aránya Finnországban (0,49190), a „Vezető” országcsoportban (0,74110) és a „Felzárkózó” országcsoportban (0,17233) átlagon felüli érték. Ezeknél az országcsoportoknál az 1 főre jutó végső energiafelhasználás csökkent, mivel átlag alatti: Finnország esetén $-0,17249$, A „Vezető” országcsoport esetén $-0,75764$ és a „Felzárkózó” országcsoport esetén $-0,07618$. Látható, hogy az utóbbi esetben minimálisan esett vissza a fogyasztás. A többi országcsoportban a megújuló energiaforrások aránya átlag alatti érték, Málta esetében $-1,22838$, Írországban $-0,21976$ és a „Leszakadó” országcsoportban $-1,02117$. Ezzel párhuzamosan az 1 főre jutó végső energiafelhasználás Máltán $3,95991$ jelentős mértékben növekedett, Írországban $0,51208$, szintén növekedett, és a „Leszakadó” országokban $0,30699$, azaz ugyancsak növekedés látható.

Lange és szerzőtársainak megállapításai beigazolódtak, tehát azok az országok, amelyek a magasabb minőségű energiát részesítik előnyben, alacsonyabb végső energiafelhasználást érnek el.

5. táblázat**A szerzők és az általunk kapott eredmények összehasonlítása**

Szerző	Állítás	Eredmény
Hannesson (2020)	Pozitív, de nem arányos kapcsolat van a GDP-növekedés és az energiafogyasztás között.	A Green Deal ez irányú szakpolitikai célkitűzéseit Finnország, a „Vezető” és a „Felzárkózó” országcsoportok voltak képesek eddig teljesíteni, a többi ország kevésbé.
Blas és szerzőtársai (2019)	Az energiatenzitás csökkenésével csökken a végleges energiafelhasználás.	Nem jelenthető ki egyértelműen, hogy az energiatenzitás mérséklődésének hatására csökken a végső energiafogyasztás, mivel a „Leszakadó” országokban növekedett.
Cevik (2024)	Az energiahatékonyság javítása jelentősen hozzájárulhat Európa-szerte a klímavállalások teljesítéséhez.	Az adatokból igazolható Cevik állítása.
Haberl és szerzőtársai (2020)	Megjelenik az „absolute decoupling”.	A „Leszakadó országcsoport esetén nem figyelhetjük meg a szétválást, a „Vezető” és „Felzárkózó” országcsoport esetén viszont igen.
Nieto et al., (2020)	A végső energiafogyasztás csökkenésével a GDP-növekedés megállhat.	A végső energiafelhasználás csökkenésével valóban kisebb mértékű gazdasági növekedés érhető el.
Lange és szerzőtársai (2020)	Az áttérés a magasabb minőségű energiahordozóra csökkenti a végső energiafelhasználást.	Azok az országok, amelyek a magasabb minőségű energiát részesítik előnyben, alacsonyabb végső energiafelhasználást érnek el.

Forrás: saját szerkesztés

8. KÖVETKEZTETÉS

Az elemzés célja az volt, hogy megállapítsuk, mennyire differenciáltak a tagállamok. A klaszterelemzéssel arra jutottunk, hogy a tagállamokat „Vezető” (Finnország, Dánia, Görögország, Franciaország, Luxemburg, Hollandia, Ausztria és Svédország, „Felzárkózó” (Belgium, Németország, Észtország, Spanyolország, Horvátország, Lettország, Litvánia, Portugália, Románia, Szlovákia és Szlovénia) „Leszakadó” (Bulgária, Csehország, Olaszország, Ciprus, Magyarország, Lengyelország és Málta) csoportokra oszthatjuk, illetve különálló csoportot képvisel Írország a kiemelkedően magas egy főre jutó GDP növekedése miatt. Megfigyelhető, hogy az országok heterogenitása széles skálán mozog.

A klaszterelemzés alapján nem figyelhető meg egyértelműen a magországra és a periféria-országcsoporthoz történő elkülönítés.

Az elemzés alapján megállapíthatjuk, hogy azok az országok voltak képesek nagyobb gazdasági növekedést elérni, amelyeknél az 1 főre jutó energiafogyasztás növekedett vagy kis mértékben csökkent, a tiszta energia aránya kisebb mértékű, és a CO₂-kibocsátás növekedett. Ezek az országok a „Leszakadó” országcsoporthoz, Írország és Málta. Azok az országok, amelyekben kisebb mértékű az 1 főre jutó végső energiafelhasználás, és magasabb a tiszta energia aránya, nem voltak képesek a többi országhoz hasonló mértékű gazdasági növekedésre, viszont alacsonyabb a karbonlábnymuk. Ezek az országok Finnország, illetve a „Vezető” és a „Felzárkózó” országcsoporthoz. Nagyobb arányban használják a tiszta energiát, csökkenteni tudták a CO₂-kibocsátást, és megjelenik a „decoupling” folyamat. Ezek az országok a magasabb minőségű energiából, azaz a megújuló energiából nagyobb arányban részesednek, csökkenteni tudják az egy főre jutó végső energiafelhasználást, és ezzel párhuzamosan a CO₂-kibocsátást is.

Az eredmények alapján azok az országok tudtak jobban megfelelni a szakpolitikai intézkedéseknek, azon belül a klímacélokhoz, amelyeknél a megújuló és a tiszta energia aránya magasabb, viszont nem voltak képesek átlagon felüli gazdasági növekedésre. Az eredmények azt mutatják, hogy a „Leszakadó” országcsoporthoz növelni kellene a tiszta energia arányát, ezáltal mérsékelni a fosszilis energiafelhasználást, az energiaintenzitást, valamint a végső energiafelhasználást, és akkor lennének képesek a CO₂-kibocsátás csökkentésére.

FÜGGELÉK

Az EU-tagállamok klaszterekbe sorolása 2-5 klaszterig

Klaszterek száma	Klaszter	Tagállamok	Szórás	Végző energia fogyasztás változása	Energia-intenzitás változása	1 főre jutó reál-GDP változása	Megújuló energiaforrások aránya (2022)	Tiszta energiaforrások aránya (2022)	1 főre jutó üvegházhatású gázok kibocsátásának változása
2	1	Belgium Dánia Németország Észtország Görögország Spanyolország Franciaország Horvátország Olaszország Lettország Luxembourg Hollandia Ausztria Portugália Szlovénia Szlovákia Finnország Svédország	0,708031	-0,4576	0,26113	-0,4591	0,3382	0,35674	-0,31703
	2	Bulgária Csehország Írország Ciprus Litvánia Hungary Málta Lengyelország Románia	0,968817	0,9152	-0,5226	0,91834	-0,67639	-0,71348	0,63405
3	1	Írország Litvánia Málta	0,506184	0,51208	-2,9934	3,44175	-0,2976	-0,96098	0,11924
	2	Dánia Luxembourg Ausztria Finnország Svédország	0,354254	-0,1724	0,97511	-0,9126	0,4919	1,29392	-4,00661
	3	Belgium Bulgária Csehország Németország Észtország Görögország Spanyolország Franciaország Horvátország Olaszország Ciprus Lettország Hungary Hollandia Lengyelország Portugália Románia Szlovénia Szlovákia	0,558317	-0,0172	0,51697	-0,2967	-1,12825	-1,89402	1,41262

Klaszterek száma	Klaszter	Tagállamok	Szórás	Végző energiafogyasztás változása	Energia-intenzitás változása	1 főre jutó reál-GDP változása	Megújuló energiaforrások aránya (2022)	Tiszta energiaforrások aránya (2022)	1 főre jutó üvegházhatású gázok kibocsátásának változása
4	1	Finnország	0	-0,1724	0,97511	-0,9126	0,4919	1,29392	-4,00661
	2	Málta	0	3,95991	-2,4090	0,9455	-1,22838	-1,99685	0,55556
	3	Írország	0	0,51208	-2,9934	3,44175	-0,21976	-0,96098	0,11924
	4	Belgium Bulgária Csehország Dánia Németország Észtország Grece Spain France Croatia Italy Cyprus Latvia Lithuania Luxembourg Hungary Netherlands Austria Poland Portugal Romania Slovenia Slovakia Sweden	0,5854	-0,3496	0,5526	-0,0690	-0,87556	0,98938	0,65945
5	1	Finland	0	-0,1724	0,97511	-0,9126	0,4919	1,29392	-4,00661
	2	Ireland	0	0,51208	-2,9934	3,44175	-0,21976	-0,96098	0,11924
	3	Bulgaria Czechia Greece Italy Cyprus Hungary Netherlands Poland	0,2106	-0,0172	0,51697	-0,2967	-1,12825	-1,89402	1,41262
	4	Belgium Denmark Germany Estonia Spain France Croatia Latvia Lithuania Luxembourg Austria Portugal Romania Slovenia Slovakia Sweden	0,434372	-0,1989	0,06697	-0,5809	1,08324	1,69467	-0,18723
	5	Malta	0	3,95991	-2,4090	0,9455	-1,22838	-1,99685	0,55556

Klaszterek száma	Klaszter	Tagállamok	Szórás	Végső energia fogyasztás változása	Energia-intenzitás változása	1 főre jutó reál-GDP változása	Megújuló energiaforrások aránya (2022)	Tiszta energiaforrások aránya (2022)	1 főre jutó üvegházhatású gázok kibocsátásának változása
KLASZTERANALÍZIS OUTLIEREK NÉLKÜL									
3	1	Dánia Észtország Lettország Litvánia Luxemburg Szlovénia Svédország	0,5061	-0,4210	-1,02118	0,26104	0,89292	0,68804	-0,45745
	2	Bulgária Ciprus Magyarország Lengyelország Románia	0,3544	0,34737	-0,04128	1,0359	-0,84095	-0,86323	1,43617
	3	Belgium Csehország Németország Görögország Spanyolország Franciaország Horvátország Olaszország Hollandia Ausztria Portugália Szlovákia	0,5503	0,10088	0,61289	-0,58390	-0,17047	-0,04168	-0,33156

Forrás: saját szerkesztés SPSS-ben

HIVATKOZÁSOK

- Altıntaş, H. – Kassouri, Y. (2020): Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO₂ emissions? *Ecological Indicators*, 113, 106187, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106187>.
- Belke, A. – Dobnik, F., – Dreger, C. (2011): Energy consumption and economic growth: New insights into the cointegration relationship. *Energy Economics*, 33(5), 782–789.
- De Blas, I. – Miguel, L. J. – Capellan-Perez, I. (2019): Modelling of sectoral energy demand through energy intensities in MEDEAS integrated assessment model. *Energy Strategy Reviews*, 26, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100419>.
- Cevik, S (2024): Climate change and energy security: the dilemma or opportunity of the century? *Environmental Economics and Policy Studies*, 1–20. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/5/1728>.
- Conrad, E. – Cassar, L. (2014): Decoupling Economic Growth and Environmental Degradation: Reviewing Progress to Date in the Small Island State of Malta. *Sustainability* 6, 6729–6750. <https://doi.org/10.3390/su6106729>.
- Chudy-Laskowska, K., – Pisula, T. (2022): An Analysis of the Use of Energy from Conventional Fossil Fuels and Green Renewable Energy in the Context of the European Union's Planned Energy Transformation. *Energies*, 15(19), 7369. <https://doi.org/10.3390/en15197369>.
- Dinya, L. – Klausmann-Dinya, A. (2023): Társadalmi marketing – okos versenyképesség – sokszínű autonómia. *Marketing & Menedzsment*, 57 (Különszám EMOK 3), 26–36. <https://doi.org/10.15170/MM.2023.57.KSZ.03.03>.
- Duro, J. A. – Alcántara, V. – Padilla, E. (2010): International inequality in energy intensity levels and the role of production composition and energy efficiency: an analysis of OECD countries. *Ecological Economics*, 69(12), 2468–2474. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.07.022>.
- Drastichová, M. (2017): Decomposition analysis of the greenhouse gas emissions in the European Union. *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, 12(2), 27–35. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3000380.
- EC (2000) Green Paper of 29 November 2000: Towards a European strategy for the security of energy supply. COM(2000) 769 final <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/green-paper-on-the-security-of-energy-supply.html>.
- EC (2006): Green Paper: A European strategy for sustainable, competitive and secure energy, COM(2006) 105 final. Brussels: *European Commission*. https://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com2006_105_en.pdf.
- EC (2007): Communication from the Commission: Green Paper on the security of energy supply, An energy policy for Europe. COM (2007) <https://eur-lex.europa.eu/HU/legal-content/summary/green-paper-on-the-security-of-energy-supply.htm>.
- EC (2011) Communication from Commission: Energy Roadmap 2050 COM/2011/0885 final. https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/ALL/;ELX_SESSIONID=pXNYJKSFblwdq5JBWQ9CvYWyJxD9RF4mns3ctywT2xXmFYhnlW1-868768807?uri=CELEX:52011DC0885.
- EC (2012) Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/27/2021-01-01>.
- EC (2020): Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:741:FIN&qid=1605792629666>.
- EC (2020): Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the

- regions a new industrial strategy for europe. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0102>.
- EC (2021): Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2021/1119 rendelete (2021. június 30.) a klímasemlegesség elérését célzó keret létrehozásáról és a 401/2009/EK rendelet, valamint az (EU) 2018/1999 rendelet módosításáról (európai klímarendelet) <https://eurlex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:32021R1119>.
- EC (2024): Communication from the commission to the european parliament, the council, the european central bank, the european economic and social committee, the committee of the regions and the european investment bank 2024. *European Semester - Spring Package* https://commission.europa.eu/document/download/a73a05d4-8afd-4d92-a748-3248ee00e170_en?filename=COM_2024_600_1_EN.pdf.
- Ekins, P. – Hughes, N. – Brigenzu, S. – Arden Clark, C. – Fischer-Kowalski, M. – Graedel, T., ... & Westhok, H. (2016): Resource efficiency: Potential and economic implications. https://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/resource_efficiency_report_march_2017_web_res.pdf.
- Evans, A. – Strezov, V. – Evans, T. J. (2009): Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(5), 1082–1088 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.008>.
- Farkas, B. (2016): Models of capitalism in the European Union: Post-crisis perspectives. *London: Palgrave Macmillan*. https://acta.bibl.u-szeged.hu/view/journal_volume/Models_of_Capitalism_in_the_European_Union_=3A_Post-crisis_Perspectives/2016.html
- García-Álvarez, M. T., – Moreno, B., – Soares, I. (2016): Analyzing the sustainable energy development in the EU-15 by an aggregated synthetic index. *Ecological Indicators*, 60, 996–1007. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.006>.
- Gazheli, A. – Van Den Bergh, J. – Antal, M. (2016): How realistic is green growth? Sectoral-level carbon intensity versus productivity. *Journal of Cleaner Production*, 129, 449–467. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.032>
- Haberl, H. – Wiedenhofer, D. – Virág, D. – Kalt, G. – Plank, B. – Brockway, P. – Creutzig, F. (2020): A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: synthesizing the insights. *Environmental research letters*, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab842a>
- Hafner, M. – Tagliapietra, S. (2020): The Geopolitics of the Global Energy Transition. *Springer Open*. https://library.oapen.org/bitstream/handle/20500.12657/39553/2020_Book_TheGeopoliticsOfTheGlobalEnergy.pdf?sequence=1
- Hannesson, R. (2020): CO₂ intensity and GDP per capita. *International Journal of Energy Sector Management*, 14(2), 37–388 https://www.researchgate.net/publication/336966100_CO_2_intensity_and_GDP_per_capita. Hannon, B. (1973): The structure of ecosystems. *Journal of theoretical biology*, 41(3), 535–546. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(73\)90060-X](https://doi.org/10.1016/0022-5193(73)90060-X)
- Kozma, D. E. (2023): A fenntartható fejlődés mérési lehetőségei az Európai Unióban az Agenda 2030 indikátorai alapján. *E-CONOM*, 12(1), 89–109. <https://doi.org/10.17836/EC.2023.1.089>
- Lange, S. – Pohl, J. – Santarius, T. (2020): Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand? *Ecological economics*, 176, 106760. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106760>
- Markauskas, M. (2021). Neoclassical model for the evaluation of factors affecting technological progress in manufacturing industry (*Doctoral dissertation*, Kauno technologijos universitetas).
- Nieto, J. – Carpintero, Ó. – Lobejón, L. F., – Miguel, L. J. (2020): An ecological macroeconomics model: *The energy transition in the EU*. *Energy Policy*, 145, 111726. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111726>

- Pelle, A. – London, A. – Kuruczleki, É. (2021): The European Union: A dynamic complex system of clubs comprised by countries performing a variety of capitalism. In *Forum for Social Economics*. Routledge. <https://doi.org/10.1080/07360932.2019.1601121>
- Pelle, A. – Tabajdi, G. (2021): Covid-19 and transformational megatrends in the European automotive industry: Evidence from business decisions with a Central and Eastern European focus. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 9(4), 19–33. <https://doi.org/10.15678/EBER.2021.090402>
- Pelle, A. (2017): The intra-EU migration challenge in the light of Kaldor's legacy. *Acta Oeconomica*, 67(s1), 175–196. <https://doi.org/10.1556/032.2017.67.S.12>
- Pelle, A. (2018): Az Európai Unió belüli versenyképesség-problematikáról és annak lehetséges kezeléséről. *Európai Tükör*, 21(3), 45–65. <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/eumirror/article/view/1149>
- Pelle, A. (2013): The European social market model in crisis: at a crossroads or at the end of the road? *Social Sciences*, 2(3), 131–146. <https://doi.org/10.3390/socsci2030131>
- Pérez, M. – Scholten, D. – Stegen, K. S. (2019): The multi-speed energy transition in Europe: Opportunities and challenges for EU energy security. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100415. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100415>
- Rodríguez, M. J. D. – Ares, A. C. – de Lucas Santos, S. (2018): Cyclical fluctuation patterns and decoupling: Towards common EU-28 environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 175, 696–706. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.244>
- Schmitt, C. – Starke, P. (2011): Explaining convergence of OECD welfare states: a conditional approach. *Journal of European Social Policy*, 21(2), 120–135. <https://doi.org/10.1177/0958928710395049>
- Schurr, S. H. (1961): The historical relationship between energy-consumption and gross national product in the United States. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/a99a8dca-13e7-4cac-abf1-b3d4249c5942>
- Skjærseth, J. B. (2021): Towards a European Green Deal: The evolution of EU climate and energy policy mixes. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 21(1), <https://doi.org/10.1007/s10784-021-09529-4>.
- Sobczyk, W., & Sobczyk, E. J. (2021): Varying the Energy Mix in the EU-28 and in Poland as a Step towards Sustainable Development. *Energies*, 14(5), 1502. <https://doi.org/10.3390/en14051502>.
- Srivastava, A. K. – Dharwal, M. – Sharma, A. (2022): Green financial initiatives for sustainable economic growth: a literature review. *Materials Today: Proceedings*, 49, 3615–3618. <https://www.econstor.eu/handle/10.419/169012>.
- Stern, D. I. (2004): Economic growth and energy. *Encyclopedia of energy*, 2(00147), 35–51. <http://sterndavidi.com/Publications/Growth.pdf>.
- Su, W. – Zhang, D. – Zhang, C. – Streimikiene, D. (2020): Sustainability assessment of energy sector development in China and European Union. *Sustainable Development*, 28(5), 1063–1076. <https://doi.org/10.1002/sd.2056>.
- Tóth, T. – Kulin, F. (2019): A megújuló energia részarányának modellezése 2020-as kitekintéssel. *Közgazdasági Szemle*, 66(10), 1073–1092. <http://doi.org/10.18414/KSZ.2019.10.1073>.
- Van de Ven, D. J. – Fouquet, R. (2017): Historical energy price shocks and their changing effects on the economy. *Energy Economics*, 62, 204–216. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.12.009>.
- Veugelers, R. – Cincera, M. – Frietsch, R. – Rammer, C. – Schubert, T. – Pelle, A. – Leijten, J. (2015): The impact of horizon 2020 on innovation in Europe. *Intereconomics*, 50(1), <https://doi.org/10.1007/s10272-015-0521-7>

Internetes források:

- https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en. (2023.10.31.)
- https://energy.ec.europa.eu/system/files/2014-10/roadmap2050_ia_20120430_en_o.pdf. (Letöltés: 2024.07.03.)
- https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en. (Letöltés:2024.07.03.)
- <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>. (Letöltés:2024.07.03.)
- <https://www.consilium.europa.eu/hu/press/press-releases/2023/10/16/paris-agreement-council-submits-updated-ndc-on-behalf-of-eu-and-member-states/>. (Letöltés:2024.07.03.)
- https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/story-von-der-leyen-commission/european-green-deal_en. (Letöltés:2024.07.03.)
- https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/mex_23_5067. (Letöltés: 2024.07.03.)
- https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023?vis=ghgpop#emissions_table. (Letöltés: 2024.07.03.)
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02012L0027-20210101>. (Letöltés: 2024.07.03.)
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1854&from=SK>, (Letöltés: 2024.03.03.)
- <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/eu-recovery-plan/repowereu/>. (Letöltés: 2023.10.31.)
- <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/green-deal/>. (Letöltés: 2023.10.31.)
- <https://www.iea.org/regions/europe>. (Letöltés: 2024.06.19.)
- https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2023.pdf. (Letöltés: 2024.02.19.)
- <https://www.eesi.org/topics/energy-efficiency/description>. (Letöltés: 2024.08.21.)
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_07_11/default/table. (Letöltés: 2024.09.15.)
- <https://www.iea.org/countries/austria/efficiency-demand>. (Letöltés: 2024.09.15.)
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_08_10/default/table. (Letöltés: 2024.09.15.)
- https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg_08_10_esmsip2.htm. (Letöltés: 2024.09.15.)
- <https://www.iea.org/countries/austria/energy-mix>. (Letöltés: 2024.09.15.)
- https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg_13_10_esmsip2.htm. (Letöltés: 2024.09.15.)
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_13_10/default/table?lang=en. (Letöltés: 2024.09.15.)