

A hazai nyersanyagfelhasználás és az energiaszerkezet társadalmi-gazdasági mutatókra gyakorolt hatásának nemzetközi vizsgálata (1. rész)

International study of the impact of domestic raw material consumption and energy structure on socio-economic indicators (Part 1)

PROF. DR. ZÉMAN ZOLTÁN, DR. HABIL. egyetemi tanár, Neumann János Egyetem (NJE), Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola (GSZDI)

DR. KÁLMÁN BOTOND GÉZA PHD adjunktus, Neumann János Egyetem (NJE), Gazdaságtudományi Kar Pénzügy és Számvitel Tanszék

DR. SÁRKÖZY HELGA, PHD Neumann János Egyetem, Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola (GSZDI)

DOI: <https://doi.org/10.65513/MaMi.2025.8.51>

Abstract

Exploring the links between economic growth, material consumption and social well-being is a fundamental condition for economic policy to consistently and meaningfully implement sustainability considerations. Although economic expansion often goes hand in hand with an improvement in living standards, the social impact of growth depends largely on the amount of materials used and the composition of the energy structure. Our study examines how domestic material consumption (DMC) and the energy mix influence social development in different economic environments. We used panel data and several econometric methods for our analysis. Our results show that excessive material consumption hinders sustainable development in the long run, while a higher share of renewable energy sources has a positive effect on social well-being and economic stability. The research highlights the paramount importance of resource-efficient management and energy diversification, which are essential for the development of policy strategies supporting sustainable growth and lasting well-being. Due to the length of the study, it is published in two parts, where the first part describes the literature and theoretical background, while the second presents the research results and their interpretation.

Keywords: energy sources, market regulation, raw material use, social welfare, sustainability

JEL codes: Q42, Q01, Q48

Absztrakt

A gazdasági növekedés, az anyagfelhasználás és a társadalmi jólét közötti összefüggések feltárása alapvető feltétele annak, hogy a gazdaságpolitika következetesen és érdemben érvényesíteni tudja a fenntarthatósági szempontokat. Bár a gazdasági bővülés gyakran együtt jár az életszínvonal javulásával, a növekedés társadalmi hatása nagymértékben függ a felhasznált anyagok mennyiségétől és az energiaszerkezet összetételétől. Tanulmányunk azt vizsgálja, hogy a hazai nyersanyagfelhasználás (DMC) és az energiamix miként befolyásolja a társadalmi fejlődést különböző gazdasági környezetekben. Elemzésünkhöz paneladatokat és többféle ökonometria módszert alkalmaztunk. Eredményeink azt mutatják, hogy a túlzott nyersanyagfelhasználás hosszú távon gátolja a fenntartható fejlődést, míg a megújuló energiaforrások nagyobb aránya kedvezően hat a társadalmi jólétre és a gazdasági stabilitásra. A kutatás rámutat az erőforrás-hatékony gazdálkodás és az energiadiverzifikáció kiemelt jelentőségére, amelyek nélkülözhetetlenek a fenntartható növekedést és tartós jólétet támogató szakpolitikai stratégiák kialakításához. A tanulmány terjedelme miatt két részben kerül publikálásra, ahol az első rész a szakirodalmi és elméleti háttérrel ismerteti, míg a második a kutatási eredményeket és azok értelmezését mutatja be.

Kulcsszavak: energiahordozók, piaci szabályozás, nyersanyagfelhasználás, társadalmi jólét, fenntarthatóság

JEL-kódok: Q42, Q01, Q48

Bevezetés

Ez a tanulmány arra vállalkozik, hogy feltárja a nyersanyag- és energiafelhasználás, valamint a társadalmi jólét közötti összefüggéseket, vagyis azt, hogy ezek a tényezők miként járulnak hozzá a fejlődéshez. A társadalmi jólét alakulása szoros kapcsolatban áll az anyag- és energiahasználattal (Ayres & Van Den Bergh, 2005). Ahogyan Joe Weider egy sportból vett hasonlaltal rámutatott, hogy a modern gazdaságok folyamatosan felhasználják a rendelkezésre álló erőforrásokat, ugyanakkor – a középkori gazdálkodáshoz hasonlóan – elhanyagolják a pihenést és a szabadidőt. Ez a hiányosság részben magyarázatot ad a fenntarthatósági problémákra is (Weider & Reynolds, 1989; Nasse, 2007). A fenntarthatóság (Brundtland, 1987) napjainkban egyre nagyobb kihívást jelent, hiszen az erőforrások végesek, és a világ energiafelhasználásának mindössze harminc százaléka származik megújuló forrásokból (IEA, 2024). Ráadásul a megújuló energiaforrások – például a szél- és napenergia – sem mentesek a környezeti hatásoktól (Balavány, 2022), és használatuk fokozza a ritkaföldfémek iránti keresletet, ami viszont gyorsítja a készletek kimerülését (Du et al., 2024; Reboredo & Ugolini, 2024). A hatékony erőforrás-gazdálkodás a fenntartható fejlődés egyik alapfeltétele. Tanulmányunk célja e feltétel teljesülését segítő szabályozási keretek működésének és összefüggéseinek jobb megértése.

A gazdasági növekedés, az erőforrás-használat és a társadalmi jólét összekapcsolódása a tudományos és politikai diskurzusok egyik központi kérdése. A globális gazdasági bővülés nyomán egyre sürgetőbbé válnak a fenntarthatósággal, a környezetromlással és a társadalmi egyenlőtlenségekkel kapcsolatos aggodalmak. Noha számos kutatás vizsgálta a gazdasági növekedés és a jólét közötti kapcsolatot, a nyersanyagfelhasználás (DMC – Domestic Material Consumption, azaz hazai nyersanyagfelhasználás) és az energiaszerkezet hosszú távú hatásai a társadalmi-gazdasági folyamatokra továbbra is kevésbé

tisztázottak. Ez azért különösen fontos, mert a nyersanyag-intenzív gazdaságok gyakran a rövid távú növekedést részesítik előnyben a hosszú távú fenntarthatóság kárára. Sok fejlődő ország küzd a magas DMC szinttel, amely ugyan előmozdítja a gazdasági növekedést, de környezetkárosodással és a társadalmi jólét tartós visszaesésével járhat. A fosszilis energiahordozókhoz való erős kötődés pedig gazdasági instabilitást idézhet elő, különösen árrobbanások és inflációs nyomás idején. Tanulmányunk célja ezen összefüggések bemutatása, különös tekintettel arra, miként hat a nyersanyagfelhasználás, az energiaszerkezet és a gazdasági növekedés a társadalmi jólétre eltérő gazdasági környezetekben.

A szakirodalom gazdag elméleti alapot nyújt a gazdasági növekedés és a társadalmi jólét kapcsolatának vizsgálatához, ennek ellenére több kérdés még mindig megválaszolatlan maradt. Egyes kutatások foglalkoznak a nyersanyagfelhasználás környezeti hatásaival, de kevésbé vizsgálják annak közvetlen hatását az olyan mutatókra, mint a HDI (Human Development Index, Humán Fejlettségi Index). A megújuló energiaforrások társadalmi jólétre gyakorolt hatásait sem térképezték még fel részletesen, hiszen a korábbi elemzések elsősorban a gazdasági előnyökre koncentráltak, de nem adtak átfogó értékelést a jólét egészére gyakorolt következményekről. A fosszilis energiafüggőség gazdasági volatilitással való összefüggése is ismert, de az inflációra gyakorolt eltérő hatásokat a fejlett és fejlődő gazdaságokban ritkán vizsgálták. Számos tanulmány egyetlen ország példájára vagy korlátozott adatkörre épül, miközben jelen kutatás évtizedeket átfogó és több országra kiterjedő paneladatokra támaszkodik. E hiányosságok pótlásával tanulmányunk árnyaltabb képet kíván adni arról, miként formálja a nyersanyagfelhasználás és az energiaszerkezet a gazdasági teljesítményt és a társadalmi jólétet, valamint támpontot kíván nyújtani azoknak a döntéshozóknak, akik a gazdasági növekedés és a fenntarthatóság közötti egyensúlyra törekednek.

Tanulmányunk a következő kérdésekre keresi a választ. Hogyan hat a gazdasági növekedés a társadalmi jólétre különböző gazdasági környezetekben? Milyen szerepet játszik a nyersanyagfelhasználás a társadalmi-gazdasági eredmények alakulásában? Javíthatja-e a megújuló energiaforrások arányának növelése a társadalmi jólétet hosszú távon? Hogyan befolyásolja a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség az inflációs folyamatokat különösen gazdasági sokkok idején? Miben különbözik a DMC társadalmi jólétre gyakorolt hatása a fejlett és a fejlődő országok esetében? Milyen módon hat a természeti erőforrások kiaknázása és az energiafelhasználás a GDP ((Gross Domestic Product, bruttó hazai össztermék) növekedésére és a gazdasági stabilitásra?

A tanulmány első részében kritikai áttekintést nyújt a gazdasági növekedéssel, a nyersanyagfelhasználással, az energiafüggőséggel és a társadalmi jóléttel foglalkozó szakirodalomról, amely a hipotézisek elméleti alapját biztosítja. Ezt követően bemutatja a módszertani keretet, ismertette a felhasznált adatokat, az alkalmazott ökonometria modelleket és a vizsgált változókat. A tanulmány második részében az empirikus eredmények kerülnek bemutatásra, ideértve a regressziós elemzéseket, a kölcsönhatások vizsgálatát és a robusztussági teszteket. A záró fejezet az eredményeket a meglévő szakirodalom összefüggésében értelmezi, és feltárja azok elméleti és szakpolitikai következményeit. Végül bemutatja a legfontosabb megállapításokat és a kutatás korlátait, valamint javaslatokat tesz a további vizsgálatok lehetséges irányaira. Ezzel a struktúrával a tanulmány szisztematikusan tárja fel a gazdasági növekedés, az erőforrás-felhasználás és a társadalmi jólét összetett kapcsolatát, hozzájárulva a fenntarthatóságról szóló tudományos diskurzushoz, valamint iránymutatást adva a gazdaságpolitikai és szabályozási döntéshozatal számára.

1. Irodalmi áttekintés

1.1. Bevezetés

A szakirodalmi áttekintés célja annak bemutatása, hogyan kapcsolódik a gazdasági növekedés a társadalmi jóléthez, valamint milyen szerepet játszik ebben a nyersanyag-igényesség (DMC – *Domestic Material Consumption*), a megújuló energiaforrások aránya, a HDI (Human Development Index) és az infláció. A vizsgálat különösen a fosszilis energiahordozóktól erősen függő gazdaságokra összpontosít, ahol ezek a tényezők meghatározó módon formálják a növekedési pályát és a jóléti viszonyokat. Ezek a tényezők nemcsak eltérően érvényesülnek a fejlett és a fejlődő országokban, hanem a fenntarthatóságra vonatkozó értelmezésekben is különbségeket hoznak felszínre.

A gazdasági növekedés és a társadalmi fejlődés közötti kapcsolat régóta központi téma a közgazdaságtanban és a fejlesztések hatékonyságát feltáró kutatásokban. A szakirodalom többségében megerősíti, hogy a két tényező kölcsönösen hat egymásra, ugyanakkor önmagában a gazdasági növekedés nem garantálja a társadalmi jólét tartós javulását. Barro (2013) például hangsúlyozta, hogy a növekedés kedvezően hat a társadalmi fejlődésre, de ez leginkább a fejlett intézményrendszerrel rendelkező országokban érvényesül. Dollar és munkatársai (2016) szerint a gazdagabb társadalmak erősebb szociális infrastruktúrával rendelkeznek, így jobban ki tudják használni a növekedés előnyeit. Ezzel szemben Aghion (2004) arra hívta fel a figyelmet, hogy a kevésbé fejlett országokban az egyenlőtlenségek akadályozzák a növekedésből fakadó társadalmi hasznokat. Sen (1999) a kormányzás és az erőforrások méltányos elosztásának szerepét hangsúlyozta, míg Rodrik (2007) szerint a növekedési stratégiákat mindig az adott ország körülményeihez kell igazítani, mert az egységes modellek gyakran nem hozzák a várt társadalmi eredményeket. Stiglitz (2002) szintén kiemelte, hogy a politikai és intézményi tényezők alapvetően meghatározzák a társadalmi fejlődést a fejlődő régiókban. Piketty (2014) ennél is kritikusabb álláspontot képvisel, szerinte a szabályozatlan gazdasági növekedés fokozhatja a jövedelmi egyenlőtlenségeket még a fejlett országokban is. A szakirodalom összességében azt mutatja, hogy a gazdasági növekedés és a társadalmi jólét kapcsolata jelentősen eltér a fejlett és a fejlődő országok között. A megújuló energiaforrások aránya és a magas DMC szint szintén különböző következményekkel járhat az eltérő intézményi és gazdasági környezetekben. Több tanulmány szerint a növekedés a társadalmi jólét egyik alapvető feltétele, míg más kutatások szerint csak megfelelő intézményi háttér és egyenlőtlenségeket mérséklő intézkedések mellett érvényesül valóban pozitívan (Aghion, 2004; Sen, 1999; Stiglitz, 2002). Sachs (2015) például kiemelte, hogy a gazdasági növekedés kulcsszerepet játszik a szegénység mérséklésében, és elengedhetetlen az ENSZ fenntartható fejlődési céljainak megvalósításához.

Fejlődő országok esetében a kép jóval összetettebb. Acemoglu és Robinson (2012) szerint döntő tényező az intézményi minőség, vagyis csak akkor érvényesülnek a növekedés társadalmi előnyei, ha a gazdasági teljesítményt erős intézmények és inkluzív politikák támogatják. Dollar és Kraay (2002) kimutatták, hogy a GDP növekedése általában a szegénység mérséklésével jár együtt, de főként azokban az országokban, amelyek nyitottak a nemzetközi piacokra és stabil gazdaságpolitikát folytatnak. North (1990) és Rodrik (2007) rámutattak, hogy az erős jogállamiság, az alacsony korrupció és a stabil kormányzás kulcsfontosságú tényezők a gazdasági növekedés társadalmi hasznosulása szempontjából. Sen (1999) szerint a demokratikus intézmények és a polgári szabadságjogok meglehetősen befolyásolja, hogy a növekedés valóban a társadalom széles rétegeinek javát szolgálja-e. Easterly (2001) kritikája szintén arra figyelmeztet, hogy a gazdasági növekedés önmagában nem elég, ha az oktatás, az egészségügy és az emberi jogok háttérbe szorulnak.

A fenti kutatások eredményei alapján a fejlett országokban a növekedés stabilabb és kiszámíthatóbb társadalmi fejlődést eredményez, mivel az erős intézmények és a jóléti rendszerek szélesebb körben képesek elosztani a növekedésből fakadó előnyöket. Ugyanakkor Piketty (2014) figyelmeztet, hogy a

jövedelmi egyenlőtlenségek még így is növekedhetnek. A fejlődő országokban viszont a növekedés csak akkor vezet tartós jóléti eredményekhez, ha az intézményi környezet megfelelő, és az egyenlőtlenségek mérséklődnek. Az intézményi különbségek és a történelmi fejlődési pályák miatt a növekedés hatásai nehezen általánosíthatók, ezért különösen fontos a helyi adottságokat figyelembe vevő megközelítés. Azok az országok, amelyek inkluzív növekedési stratégiát képesek kialakítani (Acemoglu & Robinson, 2012), hosszú távon jelentős társadalmi fejlődést érhetnek el, míg a gyenge intézményi háttérrel rendelkező országokban a gazdasági teljesítmény hasznai gyakran nem jutnak el a társadalom szélesebb rétegeihez.

1.2. A nyersanyagfelhasználás és a megújuló energia hatása a társadalmi jólétre

A gazdasági fejlődés többnyire anyag- és energiaigényes folyamat, ugyanakkor a hazai nyersanyagfelhasználás (DMC – *Domestic Material Consumption*, hazai nyersanyagfelhasználás) és a társadalmi jólét kapcsolata összetett. A szakirodalom egyértelműen rámutat arra, hogy a magas DMC-szintek általában negatívan korrelálnak a fenntartható fejlődéssel. Steinberger és munkatársai (2012) szerint a magas DMC-vel rendelkező országokat gyakran lassabb HDI (*Human Development Index*, emberi fejlettségi index) növekedés jellemzi, mivel az anyagok túlzott felhasználása környezetromláshoz vezet. Ward és társai (2016) úgy vélik, hogy az erőforrások kimerülése csökkenti az ökoszisztéma-szolgáltatásokat, ezáltal rontja a társadalmi jólétet. Jackson (2009) arra a következtetésre jutott, hogy az ökológiai túllépés a növekvő DMC által hajtott gazdasági növekedési stratégiák következménye, ami hosszabb távon negatívan befolyásolja a jólétet. Fischer-Kowalski és Haberl (2007) szerint a fenntartható fejlődés csak úgy érhető el, ha a DMC-t és a gazdasági növekedést sikerül szétválasztani.

Egyes kutatók, például Lamb és munkatársai (2014), az ökológiai hatékonyságban látják a megoldást, vagyis abban, hogy a technológiai fejlődés képes mérsékelni a magas DMC negatív hatásait. Mások, így Alcott (2008), óvatosságra intenek, mivel a hatékonyság növekedése sok esetben a teljes fogyasztás bővülését idézi elő (ún. visszapattanó hatás). Krausmann és társai (2009) rámutattak, hogy a DMC negatív következményeinek nagy része hatékony erőforrás-gazdálkodási intézkedésekkel mérsékelhető, ám ezek a lehetőségek leginkább a fejlett világ számára elérhetők. Schandl és West (2010) szintén a technológiai változások szerepét hangsúlyozták, de kiemelték, hogy a hasonló előnyök szintén inkább a fejlettebb gazdaságokban realizálhatók.

A kevésbé fejlett országok esetében a DMC és a HDI kapcsolata még kedvezőtlenebb képet mutat. Krausmann és társai (2009) rámutattak, hogy ezekben a régiókban a magas DMC gyakran környezetromláshoz vezet, ami hosszú távon akadályozza a társadalmi jólét fenntartható javulását. Steinberger és Roberts (2010) szerint a legszegényebb országok különösen sérülékenyek, mivel gazdasági fejlődésük nagyrészt a természeti erőforrásokra épül. Schandl és West (2010) hangsúlyozták, hogy a diverzifikált és fejlett gazdaságok jobb eséllyel rendelkeznek a magas DMC negatív hatásainak kezelésére, míg a fejlődő országokban sürgető szükség lenne célzott szabályozások bevezetésére, hogy a nyersanyagfelhasználás mérséklése ne akadályozza a társadalmi jólét javulását (Meadows et al., 2018; Haberl et al., 2006). Fischer-Kowalski és Haberl (2007) ismételten kiemelték a gazdasági növekedés és a nyersanyagfelhasználás szétválasztásának szükségességét, míg Krausmann és munkatársai (2009) szerint a technológiai fejlődés és a hatékony erőforrás-gazdálkodás érdemben csökkentheti a negatív hatásokat.

A kutatók többsége figyelmeztet arra, hogy a gazdasági növekedés önmagában nem garantálja a társadalmi jólétet. Piketty (2014) szerint a kapitalizmus szabályozatlan formái fokozzák a jövedelmi és vagyoni egyenlőtlenségeket, még a fejlett országokban is. Stiglitz (2012) hozzáteszi, hogy a GDP (*Gross Domestic Product*, bruttó hazai termék) növekedésére épülő neoliberális politikák gyakran elhanyagolják az egyenlőtlen elosztással kapcsolatos problémákat. Acemoglu és Robinson (2012) szerint a fejlődő országokban csak akkor vezet a növekedés szélesebb társadalmi előnyökhöz, ha az intézmények képesek inkluzív politikák végrehajtására. Amennyiben az intézmények gyengék vagy esetleg korruptak, akkor a

növekedés haszna jellemzően egy szűk elit kezében koncentrálódik, míg a társadalom többsége kimarad a gazdasági fejlődésből és a jólétből származó előnyökből. A fejlett országokban a technológiai fejlődés és a szabályozások révén sikerült mérsékelni a DMC negatív következményeit, ám a fenntarthatósági kockázatok itt is fennmaradnak. A fejlődő országokban ezzel szemben a nyersanyagfelhasználás növekedése gyakran együtt jár környezeti károkkal és társadalmi egyenlőtlenségekkel, mivel a gyenge intézményi háttér nem képes támogatni a fenntartható gazdaságpolitikák megvalósítását.

A megújuló energiaforrások szerepét illetően a szakirodalom viszonylag egységes. Hosszú távon kedvezően hatnak a gazdasági teljesítményre és a társadalmi jólétre, közvetlen hatásuk azonban korlátozott. Apergis és Payne (2010) szerint a megújuló energia hosszabb távon erősíti a GDP-t és mérsékli az energiafüggőséget. Ugyanakkor York (2012) és Sovacool (2009) rámutattak, hogy az átállást infrastrukturális és energiapolitikai akadályok lassítják. Ivanovski és munkatársai (2021) megjegyzik, hogy a megújuló energia javíthatja az egészségügyi és oktatási mutatókat, de ezek a kedvező hatások inkább hosszabb távon jelentkeznek. A fejlett országok számára a megújuló energiaforrások nagyobb energiafüggetlenséget és stabilabb GDP-növekedést biztosítanak, míg a fejlődő országokban a beruházási és infrastrukturális hiányosságok miatt a pozitív hatások csak lassabban, időben eltolódva érzékelhetők.

1.3. Megújuló energiák előnyei és fosszilis kockázatok

A megújuló energiaforrások kulcsszerepet játszanak a fenntartható fejlődés előmozdításában. Bilgili és munkatársai (2016) kimutatták, hogy a megújuló energiafogyasztás pozitív összefüggést mutat a GDP-vel, vagyis hosszabb távon fenntarthatóbb növekedési pályát biztosít, mint a fosszilis energiahordozók. Pao és Fu (2013) eredményei szerint a fosszilis tüzelőanyagok ugyan rövid távon ösztönzik a gazdasági növekedést, a megújuló energia azonban tartósabb gazdasági rugalmasságot ad. Apergis és Payne (2010) szintén igazolták, hogy a megújulók mérséklék a fosszilis tüzelőanyagok volatilis piacától való függőséget, javítják az energiabiztonságot és hozzájárulnak a gazdaság ellenállóbbá tételéhez.

A kutatások a megújuló energiaforrások társadalmi előnyeit is hangsúlyozzák. Apergis és Payne szerint a tisztább energiatermelés csökkenti az egészségügyi kockázatokat, támogatja a környezetvédelmet, növeli a HDI-t (*Human Development Index*, emberi fejlettségi index), miközben munkahelyeket teremt a zöldenergia-szektorban. Ivanovski és munkatársai (2021) azt találták, hogy a megújuló energia alkalmazása kedvezően hat az oktatási és egészségügyi mutatókra, amelyek a HDI kulcselemei. Ugyanakkor Pao és Fu (2013) arra figyelmeztettek, hogy a megújulók gazdasági növekedést támogató hatása kevésbé közvetlenül jelenik meg a társadalmi mutatókban, különösen a fejlődő országokban.

A megújuló energiára való átállásnak azonban komoly akadályai is vannak. York (2012) és Sovacool (2009) szerint a fosszilis tüzelőanyagokban érdekelt szereplők és az infrastruktúra hiányosságai – főként a fejlődő országokban – gátolják a szélesebb körű elterjedést. Toman és Jemelkova (2003) kiemelték, hogy a megújuló energiaprojektek társadalmi és gazdasági hasznainak tartós érvényesüléséhez átfogó politikai reformokra van szükség. A fosszilis energiahordozók áringadozása erősen hozzájárul a gazdasági instabilitáshoz (Peipei & James, 2024), különösen azokban az országokban, amelyek gazdasága nagymértékben függ ezektől az erőforrásoktól. Blanchard és Gali (2007) kimutatták, hogy az olajársokkok gyakran vezetnek inflációs nyomáshoz a fosszilis tüzelőanyagokra épülő gazdaságokban. Farzanegan és Markwardt (2009) eredményei megerősítették, hogy az olajexportáló országok inflációs rátái érzékenyebben reagálnak a globális ármozgásokra. Blanchard és Gali ugyanakkor hangsúlyozták, hogy a jól megtervezett költségvetési politikák mérsékelhetik az olajár-ingadozások inflációs hatásait.

Összességében a fosszilis energiahordozókon alapuló gazdaságokat nagyobb volatilitás és fokozott inflációs kockázat jellemzi. A megújuló energiára való átállás stabilabb inflációs környezetet kínálhat, bár az energetikai átmenet jelentős kezdeti beruházásokat igényel. Hamilton (2009) kiemelte, hogy a fosszilis energiaárak emelkedése szoros összefüggésben áll az infláció növekedésével, és ezeknek az országoknak a

kilábalása az ársokkok után lassabb. Kilian (2008) és Zhao és munkatársai (2016) rámutattak, hogy az olajár-sokkok inflációs hatása nagymértékben függ az adott gazdaság szerkezetétől és fiskális politikájától. Sadorsky (2010) megállapította, hogy a változatos gazdasági szerkezettel és stabil szabályozási környezettel rendelkező országok sokkal jobban képesek kezelni a fosszilis energiafüggőségből fakadó inflációs nyomást.

1.4. Elméleti háttér és hipotézisek

A szakirodalom egyértelműen hangsúlyozza, hogy a gazdasági növekedés társadalmi jólétre gyakorolt hatása az adott ország fejlettségi szintjétől és intézményi kereteitől függ (Barro, 2013; Aghion, 2004). A természeti erőforrások a gazdasági növekedés egyik legfontosabb alapját jelentik (Kumar, 2024). Ugyanakkor a magas nyersanyagfelhasználás sok esetben akadályozza a fenntarthatóságot, bár hatékony erőforrás-gazdálkodással ezek a negatív hatások mérsékelhetők (Steinberger et al., 2012). Apergis és Payne (2010) eredményei szerint a megfelelő szabályozás hosszú távú előnyöket hozhat, míg Blanchard és Gali (2007) arra mutattak rá, hogy a fosszilis tüzelőanyagok kitermelése fokozza a gazdasági instabilitást. Mindez azt jelenti, hogy a szakpolitikai döntéseknek országonként eltérő megközelítést kell követniük, hiszen például a legkevésbé fejlett országok esetében aszimmetrikus kapcsolat figyelhető meg a DMC és a HDI (Human Development Index, emberi fejlettségi index) között (Krausmann et al., 2009).

Az országok közötti eltérések arra utalnak, hogy a gazdasági növekedés hatásai nem általánosíthatók. Ezeket számos tényező befolyásolja, például a nemzetközi piacokhoz való hozzáférés, az oktatási és egészségügyi rendszerek fejlettségi szintje vagy a politikai stabilitás. A DMC és a fenntarthatóság közötti kapcsolatra vonatkozó eddigi eredmények szintén csak korlátozottan általánosíthatók, mivel a nyersanyagfelhasználás hatása nagymértékben függ a technológiai fejlettségtől és a szabályozási környezettől. Ugyanez igaz a megújuló energia társadalmi hatásaira is: az energetikai átmenet sikere erősen függ a politikai és gazdasági feltételektől. A szakirodalom összképe azt mutatja, hogy a gazdasági növekedés, a nyersanyagfelhasználás és az energiafelhasználás társadalmi következményei szorosan összefüggenek az adott ország intézményrendszerével, fejlettségi szintjével és gazdasági szerkezetével. Az eredmények tehát nem alkalmazhatók univerzálisan, ezért a helyspecifikus megközelítés elengedhetetlen a szakpolitikai tervezésben.

Barro (2013), valamint Acemoglu és Robinson (2012) szerint a gazdasági növekedés csak akkor válik valódi társadalmi fejlődéssé, ha az intézményi környezet megfelelő. Ilyen esetekben a gazdasági teljesítmény rendszerint javítja a HDI-t. Piketty (2014) és Stiglitz (2012) ugyanakkor rámutattak, hogy a növekedés nem mindig jár együtt a társadalmi jólét egyenletes emelkedésével, mert fokozhatja a jövedelmi egyenlőtlenségeket.

H1: *A fejlett és kevésbé fejlett országok eltérő növekedési pályái különböző módon hatnak a társadalmi fejlődésükre.*

A magas DMC és a társadalmi jólét kapcsolata összetett. Steinberger és munkatársai (2012), valamint Krausmann és társai (2009) megállapították, hogy a nyersanyagfelhasználás hatása a fejlett és a fejlődő országokban eltérő. A fejlett országokban a negatív következmények hatékony erőforrás-gazdálkodással mérsékelhetők, míg a fejlődő országokban a magas DMC inkább környezeti károkkal és társadalmi egyenlőtlenségekkel jár együtt. A tartósan magas DMC-szint hosszú távon környezetkárosodást és a HDI lassabb növekedését okozza. Fischer-Kowalski és Haberl (2007) szerint a fenntartható fejlődéshez elengedhetetlen az erőforrás-hatékonyság növelése és a fogyasztási minták átalakítása.

H2: *A magas DMC káros a fenntartható fejlődésre és a társadalmi jólétre, ezért a magas DMC-vel rendelkező országok lassabb HDI-növekedést tapasztalnak. Ez megerősítene*

azt a feltevést, hogy az anyagi erőforrások intenzívebb felhasználása önmagában nem biztosítja a gazdasági vagy társadalmi jólét hosszú távú javulását.

A megújuló energiaforrások elterjedése jelentős változásokat indított el a gazdasági és társadalmi rendszerekben. Apergis és Payne (2010), valamint York (2012) kimutatták, hogy a megújuló energia csökkenti a fosszilis tüzelőanyagoktól való függést, ami stabilabb növekedést és hosszabb távon magasabb életminőséget biztosít. Ivanovski és társai (2021) szerint a megújulók hozzájárulhatnak az egészségügy és az oktatás fejlődéséhez is, bár ezek a kedvező hatások inkább hosszabb időtávon érzékelhetők.

H3: *Minél nagyobb a megújuló energia aránya az energiamixben, annál magasabb a HDI értéke. Ez azt jelenti, hogy a fenntarthatóbb energiatermelés a gazdaság és a társadalom fejlődésének erőteljesebb motorja.*

A fosszilis tüzelőanyagok árának ingadozása jelentős gazdasági instabilitáshoz vezethet. Hamilton (2009) és Blanchard & Gali (2007) empirikusan igazolták, hogy az olajársokkok különösen erős inflációs nyomást gyakorolnak az energiainportőr országokra, míg a stabil energiapolitikával rendelkező nemzetek ellenállóbbak ezekkel a hatásokkal szemben. Farzanegan és Markwardt (2009) megállapították, hogy az olajexportáló országok inflációja érzékenyebben reagál a globális olajármozgásokra. Blanchard és Gali (2007) ugyanakkor azt is jelezték, hogy a jól megtervezett költségvetési politikák képesek mérsékelni az olajár-ingadozások inflációs hatásait.

H4: *A világgazdasági sokkok különösen gyorsan növelik a fosszilis energiafüggő országok inflációs rátáját, mivel ezek az energiahordozók érzékenyek a piaci ingadozásokra. Ezáltal ezek az országok fokozottan kitettek a gazdasági instabilitásnak.*

A fejlett országok általában fejlettebb technológiai és szabályozási keretekkel rendelkeznek, amelyek révén hatékonyabban mérsékelhetők az erőforrás-használat káros következményei. Schandl és West (2010) kimutatták, hogy a fejlődő országok magas DMC-szintje szorosabban kapcsolódik az alacsonyabb HDI-értékhez, míg a fejlettebb országok jobban képesek kezelni a magas nyersanyagfelhasználás következményeit. A fejlődő országok gyenge erőforrás-gazdálkodása miatt a magas DMC gyakran közvetlenül rontja a társadalmi jólétet.

H5: *A magas DMC aszimmetrikus hatással van a társadalmi fejlődésre, mivel a kevésbé fejlett országokban drasztikusan csökkenti a HDI értékét, míg a fejlett országokban a negatív hatások mérsékelhetők.*

Ghali és El-Sakka (2004), Hamilton (2009) és Sadorsky (2010) igazolták, hogy a fosszilis tüzelőanyagok rövid távon gazdasági előnyökkel járhatnak, ugyanakkor hosszabb távon instabilitást idézhetnek elő. Ezzel szemben Apergis és Payne (2010), Bilgili és munkatársai (2016), valamint Pao és Fu (2013) kutatásai arra utalnak, hogy a megújuló energiaforrások hosszú távon stabilabb és fenntarthatóbb gazdasági fejlődést biztosítanak.

H6: *A természeti erőforrások kiaknázása – legyen szó fosszilis tüzelőanyagokról vagy megújuló energiaforrásokról – közvetlen hatással van a GDP-re és a gazdasági teljesítményre.*

2. Módszertan

Tanulmányunkban 105 ország adatait vizsgáljuk 1990 és 2022 között, a hazai nyersanyagfelhasználás (DMC – Domestic Material Consumption, hazai nyersanyagfelhasználás), az energiafelhasználás és a

társadalmi fejlődés összefüggéseit elemezve. A módszertani megközelítés kiválasztásánál arra törekedtünk, hogy alkalmas legyen a gazdasági és környezeti tényezők közötti összetett kölcsönhatások hosszabb időszakon át történő megragadására. Az ökonometria technikák megválasztását a gazdasági növekedéssel, a nyersanyagfelhasználással és a fenntartható fejlődéssel foglalkozó korábbi kutatások inspirálták (Barro, 2013; Aghion, 2004; Steinberger et al., 2012).

A paneladat-elemzés bizonyult a legmegfelelőbbnek az országszintű gazdasági és környezeti mutatók értékelésére (Baltagi & Liu, 2020), míg a vektor-autoregresszió (VAR – Vector Autoregression, vektor-autoregressziós modell) lehetőséget adott az időben változó, dinamikus kölcsönhatások feltárására (Lütkepohl, 2005). A differenciakülönbség-modell (DID – Difference-in-Differences, különbség a különbségekben modell) alkalmazása a szakpolitikai sokkok elemzésében kialakult közgazdasági gyakorlatra épül (Angrist & Pischke, 2009; Bertrand et al., 2004), különösen a fosszilis energiafüggőség inflációs hatásainak válságidőszakok alatti vizsgálatában. Ezen túlmenően interakciós regressziós modelleket is használtunk annak érdekében, hogy kezelni tudjuk a DMC társadalmi fejlődésre gyakorolt aszimmetrikus hatásait, amely megközelítést a szakirodalom is alátámasztja (Wooldridge, 2015). Végül, a Tong (1978) és Hansen (1999) által kidolgozott megközelítést követve küszöbérték-autoregressziós (TAR – Threshold Autoregressive, küszöbérték-autoregressziós) modellt alkalmaztunk a természeti erőforrások felhasználása és a GDP közötti nemlineáris összefüggések azonosítására.

2.1. Anyag

2.1.1. Leírás

Tanulmányunk nyilvánosan elérhető adatbázisokra támaszkodik, ezzel biztosítva az átláthatóságot és az eredmények megismételhetőségét. A társadalmi fejlettséget a Humán Fejlettségi Index (HDI – Human Development Index) alapján mértük, amelynek adatait az Our World in Data (2024b) szolgáltatja. Az egy főre jutó GDP-re és a fogyasztói árindexre (CPI – Consumer Price Index, fogyasztói árindex) vonatkozó adatokat a Világbank adatbázisából gyűjtöttük (World Bank, 2024a; 2024b). A hazai nyersanyagfelhasználásra vonatkozó információkat a Resourcepanel (2024), míg az energiamix változót az Our World in Data (2024) tette elérhetővé. A vizsgálati időszakot 1990 és 2022 között határoztuk meg, igazodva a legrövidebb rendelkezésre álló idősorokhoz, különösen a HDI (Human Development Index, Humán Fejlettségi Index) esetében. A hiányzó értékek kezelésére a rendelkezésre álló esetek elemzésének módszerét alkalmaztuk (available-case analysis, Little & Rubin, 2019). Az energiafelhasználás mérésére összetett energiaindikatort alakítottunk ki, amelyek külön aggregálják a fosszilis tüzelőanyagokra és a megújuló energiaforrásokra vonatkozó adatokat. A statisztikai számításokat Python 3.13.0rc1 környezetben végeztük, a hiányzó értékek kezelésére a Pandas könyvtár `skipna` paraméterét és a NumPy könyvtár `nanmean` függvényét használtuk.

A tanulmány elsősorban statisztikai adatok feldolgozására épül, ezért a fő módszertani eszköztárat a statisztikai elemzések jelentik. Az adatok leíró statisztikai áttekintését követően az H1 hipotézis vizsgálatára Baltagi és Liu (2020), valamint Wooldridge (2011) munkái alapján az elemzéshez rögzített hatású (fixed effects) panelregressziós modellt alkalmaztunk. Ez a megközelítés abból indul ki, hogy az országok közötti heterogenitás állandó, ugyanakkor hatással van a függő változóra, a HDI-re (Human Development Index, Humán Fejlettségi Index). A fix hatású modell lehetővé teszi, hogy a különböző országokat és éveket eltérő sajátosságokkal rendelkező egységekként kezeljük, miközben figyelembe vesszük az országok közötti és az időbeli eltéréseket is, de állandó feltételezésekkel élünk. Az országot és az évet kategorikus változóként vontuk be a modellbe, a bináris (dummy) változókat pedig az alábbi (1) regressziós egyenlet szemlélteti:

$$(1) \quad HDI \sim GDP + CPI + C(Year) + C(Country)$$

A fenti egyenletben a zárójelek előtti „C” jelölés arra utal, hogy rögzített hatású (fix hatású) modelltől van szó. Az időhatásokat a C(év) bináris (0–1) változó reprezentálja, amely figyelembe veszi az időbeli változásokat és tendenciákat. A modell ezen felül tartalmaz országspecifikus hatásokat is [C(ország)], amelyek révén az egyes országok sajátosságai tükröződnek az elemzésben. Ez lehetővé teszi a különböző HDI-szintek (Human Development Index, Humán Fejlettségi Index) és gazdasági jellemzők közötti eltérések elkülönítését országokként. A panelregressziókat a szerzők a teljes mintára, valamint külön a fejlett országok csoportjára is lefuttatták. Az alábbi 1. táblázat összefoglalja a három elvégzett panelregresszióban alkalmazott változókat.

1. táblázat. A panelregressziók változói

Név	Típus	Leírás
HDI	Függő	Humán fejlettségi index
GDP	Független	Egy főre jutó bruttó hazai össztermék
CPI	Független	Fogyasztói árindex
Év	Kategorikus	Év, mint bináris (0–1) változó az időbeli eltérések kezelésére
Ország	Kategorikus	Ország, mint bináris (0–1) változó az országok közötti különbségek figyelembevételére

forrás: szerzők saját szerkesztése

A három regressziós modell ugyanazokat a változókat tartalmazza. Az eredmények közötti eltérések abból adódnak, hogy az elemzés különböző országcsoportokra – fejlett vagy fejlődő országokra – korlátozódott.

A H2 hipotézis vizsgálatához vektor-autoregressziós modellt (VAR – Vector Autoregression) alkalmaztunk. A VAR-modell idősoros változók együttes alakulását írja le: minden változó értéke a saját korábbi értékeinek, valamint más változók múltbeli értékeinek függvénye (Lütkepohl, 2005; Enders & Ma, 2011). A vizsgált modell lehetővé teszi annak bemutatását, hogy a HDI (Human Development Index, Humán Fejlettségi Index) és a DMC (Domestic Material Consumption, hazai nyersanyagfelhasználás) hogyan változik a saját, illetve egymás korábbi értékei alapján. A modellhez tartozó egyenleteket a (2) és (3) egyenlet mutatja be.

$$(2) \quad X_t = \alpha_1 + \beta_{11} \times X_{t-1} + \beta_{12} \times Y_{t-1} + \varepsilon_{1,t}$$

$$(3) \quad Y_t = \alpha_2 + \beta_{21} \times X_{t-1} + \beta_{22} \times Y_{t-1} + \varepsilon_{2,t}$$

ahol

- X_t a DMC értéke a t időpontban
- $X(t-1)$: a DMC értéke a $t-1$ időpontban.
- α_1 : a (2) egyenlet metszéspontja.
- β_{11} (1): megmutatja, hogy X (DMC) múltbeli értékei hogyan befolyásolják X (DMC) jelenlegi értékét,
- β_{12} azt mutatja, hogy Y múltbeli értékei (HDI) hogyan befolyásolják X (DMC) aktuális értékét,
- $\varepsilon_{1,t}$ (1): a (2) egyenlet maradéktétele.
- Y_t a HDI értéke t időpontban
- $Y(t-1)$: a HDI értéke a $t-1$ időpontban.
- α_2 : a (3) egyenlet metszéspontja.
- β_{21} : azt jelzi, hogy X múltbeli értékei (DMC) hogyan befolyásolják Y aktuális értékét (HDI).
- β_{22} (2): jelzi, hogy az Y (HDI) múltbeli értékei hogyan befolyásolják az Y (HDI)

jelenlegi értékét.

- $\varepsilon(2)$ (,) (t): a (3) hibakomponense (maradéktag).

A H3 hipotézis vizsgálatához a szerzők a Granger-okozatossági tesztet alkalmazták (Granger, 2003; Hamilton, 2021). A teszt célja annak feltárása, hogy a megújuló energiaforrások arányának növekedése az energiamixen (EMX – Energy Mix, energiaszerkezet) belül – azaz a megújuló_részarány változó – okozati kapcsolatban áll-e a társadalmi fejlettségi szint, a HDI (Human Development Index, Humán Fejlettségi Index) emelkedésével. A megújuló energiaforrások arányát az energiamixben a szerzők az alábbi képlet segítségével határozták meg (4). A mutató azt méri, hogy a teljes energiafelhasználáson belül milyen arányt képviselnek a megújuló energiaforrások:

$$(4) \text{Megújuló energia részaránya} = \frac{\text{Megújuló energia}}{\text{Fosszilis energia (fő)} + \text{Nukleáris energia (fő)} + \text{Megújuló energia (fő)}}$$

A szerzők a H4 hipotézist a difference-in-differences (DID) módszerrel vizsgálták. A DID egy olyan, a gyakorlatban széles körben használt kvázi-kísérleti megközelítés, amely azt méri, hogyan változik két csoport teljesítménye vagy viselkedése egy esemény vagy sokk előtt és után. Lényege, hogy a csoportok közötti különbség időbeli alakulását követi, és ebből próbálja elkülöníteni a vizsgált hatást (Angrist és Pischke, 2009; Bertrand és munkatársai, 2004). Ebben az esetben a módszerrel azt vizsgáljuk, hogy a 2008-as gazdasági válság milyen eltérő hatást gyakorolt a két csoport fejlődésére.

A DID-elemzés általában két fő csoportra épül:

1. *Vizsgált csoport* – az a csoport, amelyet valamilyen beavatkozás vagy külső esemény érint.
2. *Kontrollcsoport* – az a csoport, amelyet a beavatkozás nem érint, így jól használható összehasonlítási alapként.

A módszer erőssége, hogy segít kiszűrni azokat a párhuzamosan zajló folyamatokat, amelyek torzíthatnák a hatás becslését, és így pontosabban megmutatja, milyen tényleges változást idézett elő maga az esemény.

Jelen esetben a 2008-as pénzügyi válság hatását úgy vizsgáltuk, hogy két jól elkülöníthető időszakot különítettünk el: a válság előtti éveket (2000–2007) és a válság utáni szakaszt (2008–2015). A DID-módszer lényege, hogy mindkét csoport esetében szükséges megvizsgálni, hogyan változott a vizsgált mutató a beavatkozás vagy sokk előtt és után, majd ezt a két változást hasonlítjuk össze.

Egy DID-modell általában lineáris regresszió formájában írható fel, amelynek alapképlete a következő:

$$(5) \quad y = \alpha + \beta_1 \cdot \text{Vizsgált} + \beta_2 \cdot \text{Időszak} + \beta_3 \cdot (\text{Vizsgált} \times \text{Időszak}) + \varepsilon$$

ahol:

- y : a függő változó (jelen tanulmányban az infláció, azaz a fogyasztói árindex).
- α : konstans (intercept).
- β_1 : a *Vizsgált* változó együtthatója.
- *Vizsgált*: a vizsgált csoportot jelölő dichotóm (0–1) változó; értéke 1, ha a megfigyelés a vizsgált csoporthoz tartozik, 0, ha a kontrollcsoportéhoz.
- β_2 : az *Időszak* változó együtthatója.
- *Időszak*: a beavatkozást vagy sokkot követő időszakot jelölő dichotóm (0–1) változó; értéke 1 a beavatkozás utáni időszakban, 0 a beavatkozás előtti időszakban.
- β_3 : az interakciós tag együtthatója.
- *Vizsgált* $\times$ *Időszak*: a DID-modell fő hatást mérő interakciós tag, azt mutatja meg, hogy a vizsgált csoport időbeli változása a beavatkozás után eltér-e a kontrollcsoportban tapasztalt változástól.
- ε : a hibtag (maradék).

Az országokat először két fő kategóriába soroltuk: a fosszilis energiahordozóktól jelentősen függő, illetve a megújuló energiaforrásokra nagyobb mértékben támaszkodó országok csoportjába. A rendelkezésre álló

és elemzett adatok alapján ez a besorolás azt tükrözte, hogy az adott ország energiafelhasználásán belül mely energiatípus tekinthető dominánsnak. A meghatározás az energiaforrások típusait részletező több változó (oszlop) alapján történt.

Az elemzés három fő energiaindikátorra támaszkodott:

1. *Fosszilis energia egy főre vetítve (kWh)*: a felhasznált fosszilis energiahordozók mennyisége.
2. *Nukleáris energia egy főre vetítve (kWh)*: a nukleáris energia felhasználásának mennyisége.
3. *Megújuló energia egy főre vetítve (kWh)*: a megújuló energiaforrásokból származó fogyasztás mértéke.

A vizsgálat első lépéseként szükség volt az országok kategorizálására a domináns energiaforrás alapján, ezt követően pedig az egyes energiatípusok arányának kiszámítására a teljes energiafogyasztáson belül (fosszilis, nukleáris és megújuló energiaforrások összesített értéke). Ez tette lehetővé számunkra az országok energiafüggőségének és energiaszerkezetének összehasonlító elemzését.

Az alábbi képlet az egyes energiatípusok arányának kiszámítását szemlélteti:

$$(5) \text{ Fosszilis arány} = \text{Fosszilis} / (\text{Fosszilis} + \text{Nukleáris} + \text{Megújuló})$$

A számítás eredménye alapján az országokat a teljes energiafelhasználás szerkezetét tükröző, domináns energiaforrás szerint két kategóriába soroltuk:

1. Fosszilis energiára támaszkodó országok: azok az országok, ahol a fosszilis energiahordozók aránya meghaladja az 50%-ot a teljes energiafogyasztáson belül.
2. Fosszilis energiától kevésbé függő országok: azok az országok, ahol a fosszilis energiahordozók részesedése 50% alatt marad, és a megújuló vagy nukleáris energia domináns szerepet tölt be.

Ez a felosztás jól tükrözi az egyes országok energiaszerkezetében meglévő szerkezeti különbségeket, és lehetővé teszi az energiafüggőség összehasonlító vizsgálatát.

Az országok csoportosítását a 2. táblázat szemlélteti, amely a minta részleteit mutatja be.

2. táblázat. A vizsgált országok csoportosítása (részlet a teljes mintából)

Ország	Fosszilis arány	Megújuló arány	Nukleáris arány	Csoport
Angola	0.93	0.07	0.00	Fosszilis
Argentína	0.75	0.18	0.07	Fosszilis
Ausztria	0.23	0.77	0.00	Nem fosszilis
Belgium	0.42	0.00	0.58	Nem fosszilis
Brazília	0.35	0.65	0.00	Nem fosszilis
Kanada	0.55	0.45	0.00	Fosszilis
Dánia	0.29	0.71	0.00	Nem fosszilis
...	...	...	...	...

forrás: szerzők saját szerkesztése

A DID-módszer alkalmazása mindig két jól elkülöníthető időszak összehasonlításán alapul. A rendelkezésre álló idősor sajátosságai alapján egyértelmű volt, hogy a jelen kutatásban a 2008-as globális pénzügyi válság jelenti azt a határpontot, amely mentén a vizsgálati időszakot két részre bontjuk.

A H5 hipotézis teszteléséhez interakciós regresszioelemzést alkalmaztunk. Ez a megközelítés lehetővé teszi, hogy az országokat fejlettségi szintjük (HDI) alapján elkülönítsük, így két különböző fejlettségi kategóriában vizsgálhattuk a DMC HDI-re gyakorolt hatását. Aiken és munkatársai (2015), valamint

Wooldridge (2015) módszertani ajánlásait követve a fejlettségi szint meghatározására a HDI mediánértékét használtuk küszöbként. Ennek megfelelően az országokat két csoportba soroltuk:

1. Alacsony fejlettségű országok: azok az országok, amelyek HDI-értéke a medián alatt helyezkedik el.
2. Magasan fejlett országok: azok az országok, amelyek HDI-értéke meghaladja a mediánt.

E két kategória képezte az elemzésben alkalmazott fejlettségi csoportokat, amelyek segítségével feltárhatóvá váltak a fejlettség szerinti eltérő hatásmechanizmusok.

Az interakciós tag az alábbi módon került definiálásra:

$$(5) \quad DMC_HDI_interaction = DMC_total \times Alacsony_fejlettség$$

ahol a DMC_total a teljes DMC értékét jelöli, míg az $Alacsony_fejlettség$ egy bináris változó, amely 1-et vesz fel az alacsony fejlettségű (a medián alatti HDI-értékkel rendelkező), és 0-t a magasabb fejlettségű országok esetében.

Az interakciós tag a DMC HDI-re gyakorolt differenciált hatását jeleníti meg a két fejlettségi kategóriában. Statisztikailag szignifikáns együttható arra utal, hogy a DMC hatása érdemben eltér az alacsony és a magas fejlettségű országok körében. Az alacsony fejlettségű országokban – ahol a HDI értéke a medián alatt helyezkedik el – az interakciós tag értéke megegyezik a DMC_total értékével. A magas fejlettségű országok esetében az interakciós tag értéke 0. Ez a konstrukció teszi lehetővé a fejlettségi szint szerinti hatáskülönbségek azonosítását a DMC HDI-re gyakorolt hatásában.

A H6 hipotézis vizsgálatához autoregresszív küszöbmodellt (TAR) alkalmaztunk, amely lehetővé teszi, hogy az idősor eltérő viselkedést – azaz több lineáris összefüggést – mutasson attól függően, hogy a függő változó elér-e egy meghatározott küszöbértéket (Tong, 1978; Hansen, 1999). A fosszilis és a megújuló energiaforrások fogyasztását külön modellben elemeztük. A küszöbértéket mindkét esetben a mediánérték alapján határoztuk meg: a fosszilis energia esetében 18 360,21 kWh/fő, a megújuló energia esetében 501,15 kWh/fő adódott.

A kategóriák kialakítását követően minden egyes tartományra külön regressziós modellt illesztettünk az energiaforrás típusa és az elfogyasztott mennyiség függvényében, majd az eredményeket összehasonlítottuk.

3. Összegzés

A tanulmány első része tehát bemutatta a gazdasági növekedés, a nyersanyagfelhasználás és az energiaszerkezet társadalmi fejlődésben betöltött szerepének elméleti és szakirodalmi alapjait. A feldolgozott kutatások egyértelműen azt jelzik, hogy a fejlődési pályák országonként jelentős eltéréseket mutatnak, és az erőforrás-intenzív növekedés, valamint az energiafüggőség különösen a kevésbé fejlett országokban jár együtt sérülékenyebb társadalmi struktúrákkal. A szakirodalmi áttekintés azt is jelzi, hogy a megújuló energia szerepének növekedése – megfelelő intézményi háttér mellett – hosszú távon képes hozzájárulni a gazdasági stabilitáshoz és a társadalmi jólét tartós javulásához. Az elméleti keretek és a módszertani megközelítések (panelregresszió, VAR-, DID- és TAR-modellek) áttekintése egyben előkészíti a terepet azoknak az empirikus vizsgálatoknak, amelyek képesek feltárni a gazdasági növekedés, a DMC, az energiaszerkezet és a társadalmi fejlődés közötti tényleges összefüggéseket. A bemutatott modellkeretek rávilágítanak arra, hogy a folyamatok értelmezése nem korlátozódhat egyetlen lineáris összefüggésre, hanem többdimenziós, időben változó és gyakran nemlineáris dinamika jellemzi őket.

A publikáció második része ezeknek az empirikus eredményeknek a részletes ismertetésére és értelmezésére fókuszál. A modellek kimenetei alapján kirajzolódó összefüggések várhatóan más megvilágításba helyezik a DMC, az energiafelhasználás és a társadalmi-gazdasági mutatók kapcsolatát, és olyan mintázatok tártnak fel, amelyek a fenntartható növekedéshez szükséges szakpolitikai irányok meghatározásához is fontos támpontokat adhatnak. A folytatás éppen ezért szerves része a tanulmány egészének, és elengedhetetlen a bemutatott elméleti keretrendszer teljes körű értelmezéséhez.

Irodalomjegyzék (1-2. rész)

Acemoglu, D. and Robinson, J.A. (2012) *Why Nations Fail: The origins of power, prosperity and poverty*. Crown Publishing.

Aghion, P. (2004) *Growth and development: A Schumpeterian approach*, *Annals of Economics and Finance*, 5(1), pp. 1–25.
Elérhető itt: <https://down.aefweb.net/AefArticles/aef050101.pdf>

Alcott, B. (2008) *The sufficiency strategy: Would rich-world frugality lower environmental impact?*, *Ecological Economics*, 64(4), pp. 770–786.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.04.015>

Aiken, L.S., Mistler, S.A., Cox, S. and West, S.G. (2015) *Analysing count variables: Single-level and multilevel models*, *Group Processes and Intergroup Relations*, 18(3), pp. 290–314.
<https://doi.org/10.1177/1368430214556702>

Angrist, J.D. and Pischke, J.-S. (2009) *Mostly Harmless Econometrics: An empiricist's companion*. Princeton University Press.

Apergis, N. and Payne, J.E. (2010) *Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries*, *Energy Policy*, 38(1), pp. 656–660.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>

Ayres, R.U. and van den Bergh, J.C.J.M. (2005) *A theory of economic growth with material/energy resources and dematerialization*, *Ecological Economics*, 55(1), pp. 96–118.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.07.023>

Balavány, G. (2022) *Interjú Gelencsér Andrásal*, 24.hu, 10 June.
Elérhető itt: <https://24.hu/belfold/2022/06/10/nyersanyagok-globalis-krizis-klimavaltozas-gelencser-andras-interju/>

Baltagi, B.H. and Liu, L. (2020) *Forecasting with unbalanced panel data*, *Journal of Forecasting*, 39(5), pp. 709–724.
<https://doi.org/10.1002/for.2646>

Barro, R.J. (2013) *Education and economic growth*, *Annals of Economics and Finance*, 14(2), pp. 301–328.

Bertrand, M., Duflo, E. and Mullainathan, S. (2004) *How much should we trust differences-in-differences estimates?* *Quarterly Journal of Economics*, 119(1), pp. 249–275.

Bilgili, F., Kocak, E. and Bulut, U. (2016) *The dynamic impact of renewable energy consumption on CO₂ emissions*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, pp. 838–845.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.080>

Blanchard, O.J. and Gali, J. (2007) *The macroeconomic effects of oil price shocks: Why are the 2000s so different from the 1970s?*, *Journal of the European Economic Association*, 6(2–3), pp. 4–382.,
<https://doi.org/10.2139/ssrn.1008395>

Brundtland, G.H. (1987) *Our Common Future*. United Nations.

- Chen, L. and Xie, J. (2024) *Deep links among natural resources, technology and sustainability: The mediating role of governance*, Resources Policy, 96, 105096. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105096>
- Dollar, D., Kleineberg, T. and Kraay, A. (2016) *Growth still is good for the poor*, European Economic Review, 81, pp. 195–225. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2015.05.008>
- Du, Y., Li, J. and Xu, Y. (2024) *Does carbon neutrality ease China's energy-security concerns?* Resources Policy, 93, 105056. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105056>
- Easterly, W. (2001) *The Elusive Quest for Growth*. MIT Press.
- Enders, W. and Ma, J. (2011) *Sources of the Great Moderation*, Journal of Economic Dynamics and Control, 35(1), pp. 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2010.07.008>
- Farzanegan, M.R. and Markwardt, G. (2009) *The effects of oil price shocks on the Iranian economy*, Energy Economics, 31(1), pp. 134–151. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.09.003>
- Fischer-Kowalski, M. and Haberl, H. (2007) *Socioecological Transitions and Global Change*. Edward Elgar.
- Ghali, K.H. and El-Sakka, M.I.T. (2004) *Energy use and output growth in Canada*, Energy Economics, 26(2), pp. 225–238.
- Granger, C.W.J. (2003) *Some aspects of causal relationships*, Journal of Econometrics, 112(1), pp. 69–71.
- Haberl, H., Erb, K.-H. and Krausmann, F. (2006) *Human appropriation of NPP*, Global Environmental Change, 16(2), pp. 104–113.
- Hamilton, J.D. (2009) *Causes and consequences of the oil shock of 2007–08*, Brookings Papers on Economic Activity, 40(1), pp. 215–261.
- Hamilton, J.D. (2021) *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
- Hansen, B.E. (1999) *Threshold effects in non-dynamic panels*, Journal of Econometrics, 93(2), pp. 345–368.
- IEA (2024) *Renewables – Energy System.*, Elérhető itt: <https://www.iea.org/energy-system/renewables>
- Ivanovski, K., Hailemariam, A. and Smyth, R. (2021) *Non-parametric evidence on renewable and non-renewable energy and growth*, Journal of Cleaner Production, 286, 124956.
- Jackson, T. (2009) *Prosperity Without Growth*. Earthscan.
- Kilian, L. (2008) *The economic effects of energy price shocks*, Journal of Economic Literature, 46(4), pp. 871–909.
- Krausmann, F. et al. (2009) *Growth in global materials use*, Ecological Economics, 68(10), pp. 2696–2705.
- Kumar, N. (2024) *Natural resources and economic growth in India*, Resources Policy, 97, 105260.
- Lamb, W.F. et al. (2014) *Transitions in human development and carbon emissions*, Environmental Research Letters, 9(1), 014011.
- Little, R. and Rubin, D. (2019) *Statistical Analysis with Missing Data*. Wiley.
- Lütkepohl, H. (2005) *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer.
- Meadows, D.H., Randers, J. and Meadows, D.L. (2018) *Limits to Growth: The 30-year update*. Taylor & Francis.
- North, D.C. (1990) *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- Our World in Data (2024a) *Energy Mix*. Elérhető itt: <https://ourworldindata.org/energy-mix>
- Our World in Data (2024b) *Human Development Index*. Elérhető itt: <https://ourworldindata.org/human-development-index>

- Pao, H.T. and Fu, H.C. (2013) *Renewable and nonrenewable energy and economic growth in Brazil*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, pp. 381–392.
- Peipei, W. and James, W. (2024) *Forecasting oil-price volatility*, Resources Policy, 97, 105263.
- Piketty, T. (2014) *Capital in the twenty-first century*, British Journal of Sociology, 65(4), pp. 736–747.
- Reboredo, J.C. and Ugolini, A. (2024) *Uncertainty shocks and energy-transition metals*, Resources Policy, 95, 105161.
- Resource Panel (2024) *Global Material Flows Database*.
Elérhető itt: <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database>
- Rodrik, D. (2007) *One Economics, Many Recipes*. Princeton University Press.
- Sachs, J.D. (2015) *The Age of Sustainable Development*. Columbia University Press.
- Sadorsky, P. (2010) *Financial development and energy consumption in emerging economies*, Energy Policy, 38(5), pp. 2528–2535.
- Schandl, H. and West, J. (2010) *Resource use and efficiency in the Asia-Pacific region*, Global Environmental Change, 20(3), pp. 636–647.
- Sen, A. (1999) *Development as Freedom*. Knopf.
- Smil, V. (2017) *Energy and Civilization: A history*. MIT Press.
- Sovacool, B.K. (2009) *The importance of comprehensiveness in renewable-energy policy*, Energy Policy, 37(4), pp. 1529–1541.
- Steinberger, J.K. and Roberts, J.T. (2010) *From constraint to sufficiency*, Ecological Economics, 70(2), pp. 425–433.
- Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Stiglitz, J.E. (2002) *Globalization and Its Discontents*. Norton.
- Tong, H. (1978) *On a threshold model*, in Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Pattern Recognition and Signal Processing, pp. 575–586.
- Ward, J.D. et al. (2016) *Is decoupling GDP growth from environmental impact possible?*, PLOS ONE, 11(10), e0164733.
- Weider, J. and Reynolds, B. (1989) *Joe Weider's Ultimate Bodybuilding*. Contemporary Books.
- Wooldridge, J.M. (2011) *A simple method for estimating correlated random effects*, Economics Letters, 113(1), pp. 12–15.
- Wooldridge, J.M. (2015) *Control function methods in applied econometrics*, Journal of Human Resources, 50(2), pp. 420–445.
- World Bank (2024a) *GDP per capita (current US\$)*.
Elérhető itt: <https://data.worldbank.org>
- World Bank (2024b) *Inflation, consumer prices (annual %)*.
Elérhető itt: <https://data.worldbank.org>
- York, R. (2012) *Do alternative energy sources displace fossil fuels?*, Nature Climate Change, 2(6), pp. 441–443.
- Zhao, L., Zhang, X., Wang, S. and Xu, S. (2016) *Oil-price shocks and China's output and inflation*, Energy Economics, 53, pp. 101–110.