

A természeti tőke, mint termelési tényező: növekedési regresszió elemzés

Kovács Antal Ferenc¹

Összefoglalás

A tanulmány témája a természeti tőke, mint termelési tényező, növekedési modellekben betöltött szerepének vizsgálata. A neo-klasszikus közgazdaságtan hagyományos makroökonómiai növekedési modelljeinek termelési függvényei a fizikai tőke, a munkaerő és a termelékenység, mint termelési tényezők, ill. a jövedelem közötti oksági összefüggések vizsgálatát célozzák. A fenntarthatóság vagyoni szemlélete szerint a természeti tőke, ill. annak változása, szintén oksági összefüggésben van a jövedelmek alakulásával. Ennek a hatásnak az empirikus kutatását célozva számos javaslat született a növekedési modellek megújuló és nem-megújuló természeti tőke elemekkel történő kiterjesztésére. Ennek példája a hagyományos növekedési modellekre épülő Dasgupta által javasolt elvi modell. A tanulmány a természeti tőke, ill. a megtakarítások jövedelemképződésre gyakorolt hatásának empirikus vizsgálatát mutatja be az OECD országok esetén világbanki adatok felhasználásával. A növekedési regressziós vizsgálat eredményei rámutatnak, hogy a Módosított Nettó Nemzeti Jövedelem és a Módosított Nettó Megtakarítás fenntarthatósági mutatók és alkalmazásukkal a gazdasági növekedés fenntarthatóságára vonatkozó, GDP-t kiegészítő információk nyerhetők. A kutatás adat és módszertani korlátai a diszkusszió fontos elemét képezik, amelyek egyben további kutatási irányokat is kijelölnek.

1. Bevezetés

A neo-klasszikus közgazdaságtan makroökonómiája (Abel and Bernanke, 1995; Acemoglu, 2009; Barro and Sala-i-Martin, 2004) megalapozza a gazdasági növekedés fenntarthatósági szemléletű vizsgálatát (Hess, 2016). A Dasgupta Jelentés (Dasgupta, 2021) témája a biodiverzitásra épülő fenntarthatóság, ill. annak vagyoni szemlélete, vagyis a vagyoni szemléletű gazdasági fejlődés. Kovács (2022) közli a fenntarthatóság Brundtland Jelentésen² alapuló definíciójának matematikai formában történő leírását, aminek forrása Arrow és szerzőtársai széles körben hivatkozott *NBER paper* közleménye (Arrow et al., 2010)³.

A fenntarthatóság vagyoni szemléletében a fenntarthatóság megfelelő mutatója az *átfogó vagyon* (*comprehensive wealth*), ill. annak változása. Ennek értelmében a *generációkon átívelő jóllét* akkor és csak akkor nem csökken, ha az átfogó vagyon nem csökken (Dasgupta and Mäler, 2000; Hamilton, 1999). Ez a bizonyítással alátámasztott állítás teremt meg a kapcsolatot a nyugati filozófiában tárgyalt jóllét eszméje és a fenntarthatóság neo-klasszikus közgazdaságtan

¹ NJE, Gazdaságeökdrajzi és Településmarketing Központ, egyetemi tanársegéd

² „A fenntartható fejlődés és a fejlődés olyan formája, amely a jelen igényeinek kielégítése mellett nem fosztja meg a jövő generációit saját szükségleteik kielégítésének lehetőségétől” (Brundtland, 1987, chap. 3.). A brundtland-i megfogalmazást a nyugati filozófia a **generációk közötti igazságosság** koncepciójában ragadja meg (Meyer, 2021), a neo-klasszikus közgazdaságtan a **javak generációk közötti megosztásának** problémájaként értelmezi.

³ Arrow és szerzőtársai tanulmánya a Google Scholar adatbázisában, 2022-ben több, mint 800 szakirodalmi hivatkozással szerepel. A Dasgupta Jelentés Google Scholar idézeteinek száma a megjelenést követő két évben meghaladta az ezret.

szerinti definíciója között. Ez helyet adhat egy olyan logikai érvelésnek is, hogy a vagyoni szemlélet, a vagyont és annak változását kiterjesztve a jellemző nem monetáris attribútumokkal, alkalmas lehet a fenntarthatóság utilitarista felfogáson túli értelmezésére, integrálva más gondolati hagyományok értelmezését a fejlődés célja és a jóllét vonatkozásában.

A GDP jövedelemáram, *flow*, típusú mutató, ezzel szemben az *átfogó vagyon* készlet, állomány, (stock), ami a társadalmi-gazdasági rendszer működéséhez rendelkezésre álló vagyonelemek, a fizikai (termelt), humán, természeti és társadalmi tőke elemek összességét jelenti. Jól ismert, hogy a GDP rövidtávú szemléletű, a társadalmi-gazdasági rendszer gazdasági tevékenységét jellemzi adott időszakban (egy év), de nem tartalmaz információt az ahhoz szükséges erőforrások változására vonatkozóan, mint pl. a nyersanyagkészletek kimerülése, a gépek és infrastruktúra értékvesztése, a munkaerő mennyiségi és minőségi változása stb. Az átfogó vagyon, így annak változása, mindezeket magába foglalja.

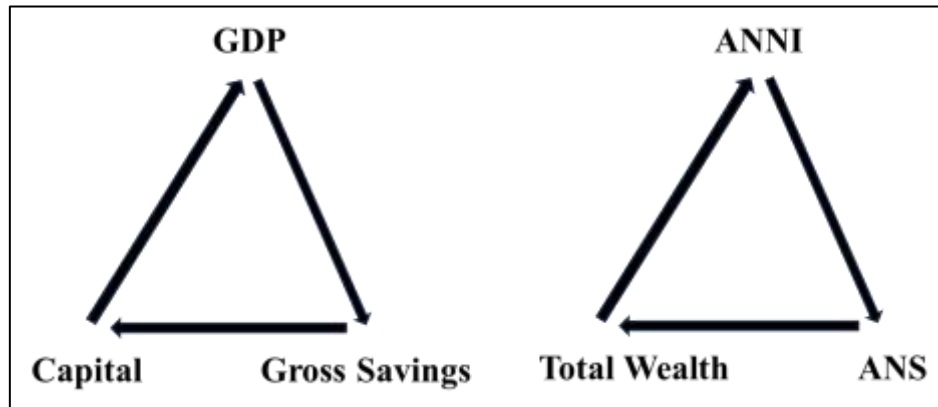
A vagyoni szemléletű fenntarthatóság vizsgálata a neo-klasszikus közgazdaságtan mikroökonómiai és makroökonómiai modelljeire épül. A mikroökonómia jellemzően a humán és a természeti rendszerek kapcsolódási pontjain kialakult, vagy szakpolitikai döntésekkel létrehozott piacokkal, piaci kudarcokkal, keresleti-kínálati viszonyokkal, árakkal, értékekkel, értékelési módszerekkel foglalkozik. A környezetet ökoszisztémák rendszereként értelmezi, ami szolgáltatásokat nyújt a humán rendszerek, a gazdaság és az egyének számára. Ezen szolgáltatások, mint áramok (flow) értéke alapozza meg az ökoszisztémák, mint eszköz-készletek, értékét. Az ökoszisztémák értékelése átvezet a makroökonómia területére, mert az ökoszisztémák a természeti vagyon elemei, amelyek a növekedés-gazdaságtan modelljeiben szerepelnek, mint termelési tényezők.

A gazdasági növekedéssel kapcsolatos empirikus kutatások hagyományosan a GDP, a megtakarítások és a tőke képződése közötti összefüggéseket vizsgálják (Piketty, 2018), azonban lényegében konszenzus alakult ki abban a tekintetben, hogy a GDP nem alkalmas a társadalmi-gazdasági rendszer fejlődésének hosszútávú-szemléletű leírására (Costanza et al., 2009; Csát, 2023; Fitoussi et al., 2018; Stiglitz et al., 2010). A fenntarthatósági szempontok megjelenítése érdekében számos, a hagyományos mutatók módosításával szerkesztett mérőszám került kidolgozásra, amelyek egyfajta átmenetet képeznek a fejlődés jövedelem-áram (flow) alapú leírása helyett a vagyon változása vizsgálatának irányába. Ebben az értelmezésben nyílik lehetőség a jövedelem termelése, a megtakarítások és a vagyon képződése közötti hosszútávú-szemléletű összefüggések elemzésére a *Módosított Nettó Nemzeti Jövedelem* (*Adjusted Net National Income*, ANNI), a *Módosított Nettó Megtakarítás* (*Adjusted Net Savings*) és az *Össztőke* (Total Wealth, TW) mutatók alkalmazásával (lásd **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**).

A három mutató tehát eszközként szolgál a környezeti szemléletű makroökonómiai növekedési modellek empirikus vizsgálatához, amelynek fő kutatási irányairól jó áttekintést ad Niu és szerzőtársai (2022) tanulmánya. A szerzők hangsúlyozzák a környezetpolitika és a gazdaságpolitika összekapcsolásának igényét, vagyis a gazdaságpolitikát szolgáló új környezeti makroökonómia szükségességét, amelyek lehetővé teszik az ökológiai környezet és a gazdasági tevékenység közötti komplex összefüggések empirikus vizsgálatát. Ennek része a hagyományostól eltérő új makroökonómiai modellek, és modellezési eszközök kidolgozása is.

Ennek az igénynek felel meg fenntarthatósági Dasgupta makroökonómiai növekedési modellje (Dasgupta, 2021, chaps. 4, 13), ami lényegében a klasszikus növekedési modellek kiegészítése a megújuló és nem-megújuló természeti tőke és a globális népesség, ill. annak változása,

valamint a gazdaság bioszférába való beágyazottsága figyelembevételével (Kovács, 2022). A Dasgupta modell termelési függvénye erősen stilizált, a Cobb-Douglas típusú változatának logaritmikus átalakításával nyerhető az a forma, amellyel a modell empirikusan, lineáris regresszió elemzéssel vizsgálható. A tanulmány egy erre a módszerre alapozott kutatást mutat be világbanki adatok felhasználásával, ami a megtakarítások, a megújuló természeti tőke és a jövedelem változása közötti oksági összefüggések vizsgálatát célozza az OECD országok esetében.



1. ábra. A gazdasági növekedés empirikus vizsgálatának mutatói: hagyományos szemlélet (bal oldali ábra) és fenntarthatósági szemlélet (jobb oldali ábra)

Forrás: Kovács, 2023

2. Kutatási kérdés és hipotézisek

A kutatás témája a vagyoni szemléletű fenntarthatóság, különös tekintettel a természeti tőke és a gazdasági fejlődés közötti összefüggésekre. A tanulmányban bemutatott vizsgálat a „GDP-n túli”, fenntarthatósági mutatók alkalmazásával keres közvetlen kapcsolatot a fenntarthatóság és a gazdasági tevékenységhez kapcsolódó döntések között, különösen a pénzügypolitika területén, a megtakarításokra vonatkozóan. A kutatás fő motivációját az jelentette, hogy a Világbank megújult Vagyoni Számlák adatbázisa (World Bank, n.d.) lehetővé teszi a fenntarthatóság közgazdasági elmélettel megalapozott, statisztikai adatokkal viszonylag jól alátámasztott empirikus kutatását, ami egy viszonylag új kutatási terület. Specifikusan:

- A Világbank 2021-óta nyilvánosan elérhető, megújult Vagyoni Számlák adatbázisa megkülönbözteti a megújuló és nem-megújuló természeti vagyon elemeket, ezzel a világ 146 országa vonatkozásában válik lehetővé a fenntarthatóság erős kritérium szerinti, ökoszisztéma szemléletű vizsgálata;
- A Világbank megújult Vagyoni Számlák adatbázisának használata jelentősen hozzájárulhat a vagyonelemek változása és a jövedelem közötti oksági összefüggés feltárását célzó empirikus kutatáshoz;
- A fenntarthatósági diskurzusban széles körben elfogadott az az állítás, hogy a természeti vagyon hozzájárul a gazdaság teljesítményéhez, a nemzeti jövedelem előállításához. A kutatás eredménye hozzájárulhat ennek az állításnak az empirikus alátámasztásához.

Ezeknek a szempontoknak a figyelembevételével a kutatási kérdések a vagyoni szemléletű fenntarthatóság széles és igen összetett problémakörének egy-egy fókuszált szeletére irányulnak:

- A. Milyen összefüggések fogalmazhatók meg a gazdasági növekedés kilátásai és a megújuló természeti tőke változása tekintetében? Milyen oksági kapcsolat mutatható ki a megújuló természeti tőke, az ökoszisztémák változása és a gazdasági növekedés között? A csökkenő értékű ökoszisztémák rontják-e a gazdasági növekedés kilátásait, ill. az egészségesebb, értékesebb megújuló természeti vagyonnak van-e gazdasági növekedést generáló hatása?
- B. Független-e a vagyon, ill. a megújuló természeti tőke gazdasági növekedésre gyakorolt hatása a demográfiai viszonyoktól?
- C. A makro-pénzügyek rendszerében a gazdasági növekedés kilátásainak javítását célozva kínál-e alkalmas eszközt a megtakarítások környezeti szemlélete? Van-e hatása a fenntarthatóság vonatkozásában a megtakarítások környezeti szempontú felhasználásának, elsősorban a megújuló természeti tőke védelmét és regenerációját célzó beruházások finanszírozása területén? A megújuló természeti tőke értékét növelő beruházások gazdasági növekedésre gyakorolt hatása összevethető-e más típusú beruházások, pl. az ember által előállított, termelt tőkét, vagy a humán tőkét célzó beruházások hatásaival?
- D. A „GDP-n túli” fenntarthatósági mutatók hordoznak-e GDP-t kiegészítő információt a fenntarthatóság vonatkozásában? Ha igen, mik ezek az információk?
A különböző országok fejlődésének, jövedelmi és vagyoni viszonyainak az összehasonlító elemzése problematikus, elsősorban az országok fejlettsége és más idioszinkretikus (sajátos, egyedi) jellemzők különbsége miatt (Durlauf et al., 2005). Például a jövedelem képződésének oksági összefüggései az egyes országok esetén jól vizsgálhatók idősoros elemzéssel, de ezek eredményei a különböző országok tekintetében nehezen egybevetethetők. Az egyes országok vizsgálata, ill. az egyes országok összehasonlító elemzése nem célja a kutatásnak. Az elemzés az országok szűkített körére, az OECD országokra vonatkozik, a jelentős jövedelmi különbségek ellenére feltételezve az adatok harmonizáltságát a gazdasági fejlettség, az intézmények, a statisztikai rendszer stb. viszonylagos hasonlósága okán. Az OECD országok összességére nyert vizsgálati eredmények kiindulópontként szolgálhatnak az egyes OECD országok, vagy nem OECD országok növekedési kilátásainak további kutatásához.

A hipotézisek a kutatási kérdésekben megfogalmazott problémák olyan formában történő megfogalmazását jelentik, amelyek a kutatás eredményei alapján megerősíthetők, vagy cáfolhatók.

Az A kutatási kérdéshez kapcsolódóan megfogalmazott hipotézisek a következők:

1. Hipotézis (H1): A jövedelemtermelés változása pozitív oksági összefüggésben van a megújuló természeti tőke változásával.
Indoklás: intuitíven, a megújuló természeti tőke növekedése a jövedelemtermelés növekedését indukálja.
2. Hipotézis (H2): A megújuló természeti tőke változásának jövedelemtermelésre gyakorolt hatása erősebb, mint az a megújuló természeti tőke ossztőkén belüli arányából következne.
Indoklás: A megújuló természeti tőke aránya az összvagyonon belül általában jelentősen kisebb, mint más vagyonelemké, pl. a termelt, vagy a humán tőke aránya. A hipotézis, intuitíven, azt állítja, hogy „viszonylag” kicsi megújuló természeti tőkevagyon növekedése is jelentős gazdasági növekedést indukálhat. Ennek a hatásnak a vizsgálatát, ill. más tőkeelemek hatásaival történő összevetését a Világbank megújult Vagyoni Számlák adatbázisának használata teszi lehetővé.

A **B** kutatási kérdéshez kapcsolódóan megfogalmazott hipotézisek a következők:

3. Hipotézis (H3): az összvagyon változásának jövedelemképződésre gyakorolt hatása függ az összvagyon és a népesség arányától.
Indoklás: intuitíven, az egy főre számított összvagyon jövedelem képződésre gyakorolt hatása szignifikáns. Ennek a hatásnak a vizsgálata azért lényeges, mert az egyes országok egy főre számított természeti tőkevagyonra nagyon eltérhet, ami hatással lehet a gazdasági növekedésre. Természetesen ez a hatás sok más idioszinkretikus ismérvnek is a függvénye lehet, különösen a gazdaság szerkezetének tekintetében, ami a kutatás és a kutatási eredmények értelmezésének korlátját jelenti.
4. Hipotézis (H4): a megújuló természeti tőke változásának jövedelemképződésre gyakorolt hatása függ a megújuló természeti tőke és a népesség arányától.
Indoklás: az egy főre számított megújuló természeti tőkevagyon nagyságának jövedelemképződésre gyakorolt hatása szignifikáns. Itt is érvényesek a H3 hipotézis vonatkozásában megfogalmazott korlátozások.

A **C** kutatási kérdéshez kapcsolódóan megfogalmazott hipotézisek a következők:

5. Hipotézis (H5): A jövedelemképződés pozitív oksági összefüggésben van a környezeti tényezőkkel módosított megtakarítások abszolút értékével.
Indoklás: a növekedési ráta azonos lehet különböző fejlettségű országok esetében a környezeti tényezőkkel módosított megtakarítások abszolút nagyságának megválasztásától függően. Intuitíven, magasabb megtakarítások magasabb jövedelemtermelést eredményeznek.
6. (H6): A jövedelemképződés pozitív oksági összefüggésben van a környezeti tényezőkkel módosított megtakarítások rátájával.
Indoklás: két azonos fejlettségű ország esetén a gazdaság növekedése különbözhet a környezeti tényezőkkel módosított megtakarítások jövedelemben mért arányától függően. Itt is, intuitíven, a magasabb megtakarítási ráta, *ceteris paribus*, magasabb jövedelemtermelést eredményez.

A **D** kutatási kérdéshez kapcsolódóan megfogalmazott hipotézisek a következők:

7. Hipotézis (H7): a fenntarthatósági mutató alkalmazásával a vizsgálatok során érvényesíthető a fenntarthatóság szigorú kritérium szerinti szemlélete.
Indoklás: Ez a hipotézis arra utal, hogy a vizsgálatok során a természeti tőke megújuló és nem-megújuló elemei együttes hatásának vizsgálata lényegében a fenntarthatóság gyenge szemléletét tükrözi. A fenntarthatóság szigorú kritériuma a megújuló természeti tőke változásának hatásaira fókuszál. Ezt a fajta vizsgálatot, vagyis a fenntarthatóság szigorú feltételének szemléletét teszi lehetővé a természeti tőke megújuló és nem megújuló elemeinek külön tényezőként való szerepeltetése a termelési függvényben.
8. Hipotézis (H8): Az ANNI és GNI fenntarthatósági mutatók, amelyek „GDP-n túli” információt hordoznak.
Indoklás: a GNI és az ANNI olyan, a fenntarthatóság vonatkozásában releváns információk kimutatására alkalmasak, amelyekre a GDP alkalmazásával nincs lehetőség.

A kutatási eredmények és a hipotézisek vizsgálata várhatóan három fő tématerületre vonatkozóan jelentenek hozzáadott értéket:

1. A Világbank megújult Vagyon Számlák adatbázisának regressziós elemzésekhez történő felhasználása:

A Világbank Vagyoni Számlák adatbázisának 2021-óta elérhető továbbfejlesztett változatát alkalmazó empirikus kutatás szakirodalma, különösen a növekedési regresszió kutatások területén folyamatosan bővül. A közleményeket viszonylag egységes elméleti szakirodalmi háttér jellemzi, például (Krevel, 2021). Ezen források jelentős része a tanulmány szakirodalmi forrásai között szintén megtalálható. A kutatás eredményei így összehasonlíthatók más kutatások eredményeivel, ill. a rendelkezésre álló hosszabb idősorok kiegészíthetők, esetleg módosíthatják a korábbi kutatások eredményeit, pl. Hess vizsgálatait (Hess, 2010).

2. A Dasgupta-modell Cobb-Douglas típusú termelési függvényének regressziós becslése:
A kutatás megvilágítja azt a kutatási irányt, amit a neo-klasszikus növekedési modellekre épülő, a természeti tőkét is, mint termelési tényezőt tartalmazó modellek ökonometriai vizsgálata (*growth regression*) kínál. A Cobb-Douglas típusú termelési függvény alkalmazásának szakirodalma igen gazdag, de hagyományosan elsősorban a mikroökonómia területére, különböző iparágak, különösen a mezőgazdaság vizsgálatára irányul. A környezeti Kuznetz-görbe vizsgálatát célzó közlemények már a környezeti fenntarthatóságot is figyelembe vevő továbblépést jelentettek. A gazdasági felzárkózás kutatásain túlmenően a környezeti tőkével kibővített Cobb-Douglas típusú modellek alkalmazása újszerű megközelítést kínál a fenntarthatóság empirikus kutatásának módszertanát illetően.
3. „GDP-n túli”, „fenntarthatósági” mutatók gyakorlati alkalmazása:
A szakirodalomban számos forrás található a fenntarthatósági, „GDP-n túli” mutatók használatára vonatkozóan, de azok használata nem általánosan elterjedt, és ez a megállapítás azok szakpolitikai alkalmazására is érvényes. Ez a tény az alapja a 2015-ben született ENSZ Fenntarthatósági Célok 17.19 alcéljában szereplő felhívásnak, amely lényegében a GDP-t kiegészítő, fenntarthatósági vonatkozású mutatók kidolgozását és alkalmazását szorgalmazza. A kutatás eredményei erre az igényre reflektálnak.

A környezet, a természeti tőke és a gazdasági fejlődés, a gazdaság növekedése közötti összefüggések vizsgálatának fókuszában általánosságban a GDP áll és többségében a rendelkezésre álló nemzeti, vagy iparági szintű adatok statisztikai elemzésére szorítkozik. A Világbank globális vagyoni jelentése (World Bank, 2021) például részletesen foglalkozik a természeti erőforrások exportjából származó jövedelmek felhasználásával a Hartwick-szabály perspektívájából (Hartwick and Hamilton, 2014; Hartwick, 1977). A jelentésben szereplő Cust és Ballesteros szerzőpáros által jegyzett tanulmány a vagyonképződés és a GDP-ben mért jövedelem előállítása közötti összefüggésekre fókuszál (2021c), elsősorban a természeti erőforrásokban gazdag, fejlődő országokra vonatkozóan. Szoros ok-okozati összefüggésekre mutattak rá a vagyonképződés és a jövedelmek között, lényegében a Hartwick szabály empirikus alátámasztására, miszerint ezekben az országokban a fenntartható növekedés megerősítése érdekében a jövedelmeket megfelelően, fokozottan a humán és természeti tőke beruházásokra, ill. technológiai innovációra kell fordítaniuk.

További példaként, a Dasgupta Jelentés átfogó módon tárgyalja mind az *egyenlőtlenség*, mind a *termelékenység* GDP-ben mért gazdasági növekedésre gyakorolt hatását. Ezekhez és más, a szakirodalmi elemzésben közölt eredményekhez kapcsolódóan a bemutatott kutatás szintén ok-okozati kapcsolatot keres a természeti tőke változása és a jövedelmek között, de a GDP-n túlmenően fenntarthatósági mutatókat is alkalmazva.

A kutatás egyrészt explicit módon célozza megvilágítani a nemzetközi statisztikai rendszerben elfogadott, fenntarthatósági szempontokat érvényesítő „GDP-n túli” mutatók GDP-t kiegészítő hozzáadott értékét, másrészt hangsúlyozni kívánja az adatok előállítási módszertanának

fontosságát, konkrétan, hogy a rendelkezésre álló adatok mennyiben harmonizálnak és felelnek meg a makroökonómiai elmélet szerinti változók definíciójának. A kutatások eredménye összevethető a felsorolt szakirodalmi példákkal és más kutatások eredményeivel, amely további kutatások irányát is kijelöli.

3. A fenntarthatóság empirikus vizsgálatának elméleti megalapozása

3.1. A generációkon átívelő jóllét

Arrow és szerzőtársai (Arrow et al., 2010) a *generációkon átívelő jóllét* (intergenerational wellbeing) fogalmát matematikai formában, a neo-klasszikus definíció és korábbi munkák alapján (Nordhaus and Tobin, 1973; Pearce, 1993) a következőképpen fogalmazza meg: a generációkon átívelő jóllét t időpontban a jelen és jövő generációk jólléti fogyasztásainak (javak és szolgáltatások) a jelenértéke, amit a szakirodalomban általánosan használt képlet fejez ki [1]:

$$[1] \quad V(t) = \int_t^{\infty} [U(\underline{C}(s))e^{-\delta(s-t)}] ds, \quad \delta \geq 0$$

ahol $\underline{C}(s)$ a fogyasztás áramok vektora, ami a piaci javakon túl tartalmazza a pihenéssel, kultúrával, egészséggel kapcsolatos fogyasztást és a természet szolgáltatásait is (ökoszisztéma szolgáltatások). (Bretschger and Valente, 2023) ezt a *jólléti fogyasztás-t generációkon átívelő hasznok-nak* (*intergenerational benefits*) nevezi, amely az [1] egyenlet kibontásával a [2] egyenlet szerint függ a termelt javak fogyasztásától (c), a környezet minőségétől (q) és egy demográfiai index-től (n):

$$[2] \quad U(t) \equiv \int_0^{\infty} u(c(t), q(t), n(t)) e^{-\rho(n(v)dv)} dt,$$

ahol U a generációkon átívelő hasznok összessége, $t \in (0, \infty)$; ρ a diszkontráta, amely a demográfiai struktúra, n , függvénye, továbbá, amely függ az egyén generációkon átívelő preferenciáitól, amelyet a szerzők „*dinasztikus idő-preferenciá*”-nak neveznek. (Smulders and Van Soest, 2023) a [2] egyenletet módosított formában a következőképpen javasolja:

$$W(t) = \int_0^{\infty} e^{-\rho s} U(c(t+s), N(t+s)) ds$$

ahol a „nemzetek vagyona” az elfogyasztott javak $c(t)$ és a természet nyújtotta szolgáltatások $N(t)$ összességéből tevődik össze.

Arrow és szerzőtársai (Arrow et al., 2010) definíciója szerint adott időpontban a fenntarthatóság kritériuma, hogy a hasznosság-folyam jelenértéke⁴ nem csökken, tehát:

$$[3] \quad \frac{dV(t)}{dt} > 0.$$

3.2. A fenntarthatóság vagyoni kritériuma

⁴ $V(t)$ azonos az $U(t)$, vagy $W(t)$ jelöléssel – a különböző szakirodalmi források jelölését követve.

Arrow és szerzőtársai (Arrow et al., 2010) a generációkon átívelő jóllét és a tőkeállomány közötti összefüggést így írja le: jelölje $K(t)$ az össz tőkeállomány vektorát t időpontban, és a generációkon átívelő jóllét így leírható, mint az össz-tőkeállomány időbeni függvénye:

$$[4] \quad V(t) = V(K(t), t).$$

A generációkon átívelő jóllét tehát függvénye a tőkeállománynak és az időnek, valamint az olyan, időben változó exogén tényezőknek, mint a cserearányok (*terms of trade*), a technológiai változás, a népesség növekedése és az intézményi változások. A tőkeelemek értékét a mindezeket magába foglaló „árnyékár” (*shadow price*) határozza meg, ami függvénye minden tőkeelem állományának, és ami a különböző tőkeelemek állományának egymáshoz való illeszkedését is kifejezi. Arrow hangsúlyozza, hogy az árnyékárak megállapításában fontos szerepe van a generációkon átívelő etikának, amellyel a filozófiai *igazságosság* kérdéséhez kapcsolódóan már egy évtizedekkel korábbi cikkében foglalkozott (Arrow, 1973).

Az előzőekben tárgyaltak szerint a vagyon fenntarthatósági mutató, mert annak változása követi a generációkon átívelő jóllét változását. Ezek alapján a fenntarthatóság Arrow szerinti definíciója a következő:

„...a fejlődés adott t időpontban fenntartható, ha állandó árnyékárakkal mérve az egy főre eső összvagyon, t időpontban nem csökken”.

Hamilton és Hepburn (2014) a vagyon komponenseit a következők szerint határozza meg

- Fizikai vagy termelt tőke: infrastruktúra, épületek, gépek;
- Humán tőke: az emberek iskolázottsága, képzettsége, tudásállománya;
- Természeti tőke: ásványok fosszilis energiahordozók, kereskedelmi földterület, halállomány, természeti földterület, beleértve az ökoszisztémákat;
- Szellemi tulajdon: szerződések, szabadalmak, szoftver, adatbázisok és más eszmei tulajdon,
- Társadalmi / intézményi tőke: eszmei tényezők, pl. az intézmények minősége, a jogállamiság, a társadalmi tőke különböző formái, amik lehetővé teszik a termékek és szolgáltatások előállítását, valamint
- Nettó pénzügyi eszközök: országhatárokon átnyúlóan. Az országhatárokon belül a követelések és tartozások kiegyenlítik egymást.

Arrow és szerzőtársai (Arrow et al., 2010) definíciója szerint az *átfogó vagyon* a tőkeeszközök árnyékárral súlyozott összege:

$$[5] \quad W(t) = r(t)t + \sum p_i(t)K_i(t),$$

ahol $r(t)$ a tőkeeszközök idő-árnyékára⁵, p_i a K_i tőkeeszközök árnyékára t időpontban. Egy eszköz árnyékára adott időpontban függvénye minden más tőkeeszköz-állománynak, és függ a jelen és a jövő gazdaságától, ami azt jelenti, hogy az árnyékár függvénye az egyes tőkeelemek közötti felcserélhetőségnek, nemcsak a jelenben, hanem a követő időszakokban is.

Az *átfogó vagyon* olyan *elméleti fenntarthatósági mutató*nak tekinthető, aminek becslése *gyakorlati mutatók* használatával történhet.

⁵ Értelmezhető a lineáris egyenlet tengelymetszékének analógiája szerint, aminek gyakorlati közelítésére Jumbri és Managi a Teljes Tényezőtermelékenységet (*Total Factor Productivity*, TFP) használja (Jumbri and Managi, 2020).

Az árnyékár definíciója

Az árnyékárak megállapítása az összvagyon, ill. az összvagyon elem értékek kiszámításának bonyolult része. Arrow szerint az árnyékár (egy vagyonelem árnyékára) a vagyoneszköz állományok függvénye, ami azt jelenti, hogy az egyes vagyonelemek állományai milyen mértékben helyettesíthetők egymással, nem csak az adott időpontban, hanem a követő időpontokban is. Az árnyékár tehát, az éppen aktuális piaci ártól függetlenül, azt a társadalmi értéket jeleníti meg, amit az adott vagyonelem a generációkon átívelő jóllét és a fenntarthatóság összefüggéseiben a társadalom számára jelent. A generációkon átívelő elosztás etikai problémája tehát szorosan összefügg az árnyékárakkal, ami megnyitja a lehetőséget az itt tárgyalt elmélet más gondolati hagyományokkal (nemcsak a nyugati utilitárius hagyománnyal) való összevetésre.

$$[6] \quad p_i(t) \equiv \frac{\partial V(t)}{\partial K_i(t)}$$

$p_i(t)$ az i -edik tőkeeszköz árnyékára t időpontban, ami $K_i(t)$, vagyis az i -edik tőkeeszköz hozzájárulását fejezi ki a generációkon átívelő jóllétéhez ($V(t)$), az általa nyújtott javakon, szolgáltatásokon és közvetlen élvezeten keresztül. Tehát adott időpillanatban egy tőkeelem árnyékára az összes többi tőkeelem függvénye, továbbá, az árnyékár nem csak a jelentől, de a gazdaságtól, annak teljes jövőjétől függ.

Gyenge és szigorú fenntarthatóság

A társadalmi-gazdasági rendszer *gyenge fenntarthatóságának* a vagyon változásával kifejezett kritériumát ⁶ (Pearce, 1993) a [7] egyenlőtlenség fejezi ki:

$$[7] \quad \frac{dW}{dt} = \frac{dW_P}{dt} + \frac{dW_H}{dt} + \frac{dW_N}{dt} + \frac{dW_S}{dt} > 0,$$

vagyis, az egyes tőkeelemek változásainak összege nagyobb, mint zéró. Ez az egyenlőtlenség azt is kifejezi, hogy az egyes tőkeelemek helyettesíthetősége megengedett, azaz, pl. a természeti tőke csökkenése ellensúlyozható a termelt, a humán, vagy a társadalmi tőke megfelelő növelésével.

Pearce (Pearce, 1993) szerint a fenntarthatóság Szigorú kritériuma nem a teljes vagyonra, hanem a kritikus természeti tőke vagyonelemekre fókuszál, amelyek esetében nem következhet be csökkenés és ezek más tőkeelemekkel történő helyettesítése nem megengedett.

$$[8] \quad \frac{dW_N}{dt} > 0,$$

vagyis, a társadalmi-gazdasági rendszer az erős kritérium szerint nem fenntartható, amennyiben egy kritikus természeti tőke eszköz esetében csökkenés következik be.

3.3. Növekedési modellek és fenntarthatóság

A növekedés kérdéseinek közgazdaságtani vizsgálata lényegében a 18. századra nyúlik vissza: Malthus elméletében a népesség és az életszínvonal egymást szabályozó összefüggését fogalmazta meg. Sidgwick-Ramsey-Harrod a 20. század elején már a generációk és a diszkontálás kérdéseivel foglalkozott. A modern növekedélmélet alapját az 1950-es években

⁶ A részletes levezetés az (Arrow et al., 2010) NBER working paper-ben jelent meg.

Solow és Swan fektette le, amelyről Tőkés (Tőkés, 2022) nyújt átfogó elemzést az elmúlt évtizedeket jellemző növekedési elméletek és modellek perspektívájából. A Solow-Swan neo-klasszikus növekedési modell még nem veszi figyelembe a gazdaság növekedésének környezeti, bioszféra-korlátját. A természeti tőke termelési tényezőként való figyelembevétele már egy következő korszakban, a környezetgazdaságtan megjelenésével kerül előtérbe és lényegében az 1970-es évtizedtől foglalkoztatja egyre intenzívebben az elméleti közgazdaságtant. A természeti tőke, a technológia-fejlődés és a növekedés összefüggéseinek formálódását, az elmélet és az empiria fejlődését Brock és Taylor tárgyalja NBER tanulmányában (Brock and Taylor, 2005), az egyes termelési tényezők helyettesíthetőségéről és Daly „steady-state” koncepciójának értelmezéséről (England, 2000) értekeznek.

A fenntarthatóság kutatását tekintve két fontos folyamat rajzolódik ki: egyrészt, az empirikus vizsgálatoknak az elmúlt három évtizedben új lendületet ad az ugrásszerűen fejlődő informatika és statisztikai módszerek, valamint a rendelkezésre álló adatokbázisok, másrészt új, szintetizált modellekben egységesül a környezeti erőforrások gazdaságtana és a környezetgazdaságtan. Ez a fejezet először a fenntarthatóság ezen egységes szemléleten alapuló általános modelljét ismerteti Bretschger and Valente (2023) szerint. Ezt követően, az általános modell két gyakorlati példajaként bemutatja a környezeti tőkével, mint termelési tényezővel kiterjesztett Solow-modell-t, valamint a közelmúltban Dasgupta által javasolt modell proposíciót. A kutatási célkitűzésektől függően a Solow-modell összefüggései a hagyományos makroökonómiai szemléletben, a Dasgupta-modell pedig célszerűen a fenntarthatóság triangulumában szemléletében nyújtanak elméleti közgazdasági modelleket a gazdasági növekedés empirikus kutatásaihoz (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**). Mindkét modell esetén a termelési függvény közelítése a legelterjedtebb Cobb-Douglas függvény formában történik, amelyeket a továbbiakban a bemutatott kutatás is alkalmaz.

3.3.1. Általános modell

Bretschger és Valente (2023) szerint a fenntarthatósági politikák közgazdasági elvekkel történő alátámasztása általában azért elégtelen, mert egyrészt az azokat megalapozó költség-haszon számítások behatároltak, másrészt a fenntarthatósági célok fizikai mutatók formájában jelennek meg. Ezt a problémát a fenntarthatóság integrált gazdaságtana oldja fel, mert a társadalom és a bioszféra nem lineáris, dinamikus összefüggéseit matematikai formában, a közgazdaságtan eszköztárával írja le. Az integrált megközelítés első lépése a *generációkon átívelő jóllét* koncepcionális megfogalmazása ([2] egyenlet), amelynek lényege, hogy a mindenkor jóllét a javak fogyasztásától, a környezet állapotától és a demográfia helyzetétől függ. Definíció szerint a társadalmi-gazdasági rendszer adott időszakban fenntarthatóan működik, ha a generációkon átívelő jóllét nem csökkent, ami követhető a makroökonómiai összvágyon változásával (Arrow et al., 2010). Következő lépésként, az összvágyon változásának, a jövedelemnek a megtakarításoknak és más, a társadalmi-gazdasági rendszert jellemző változóknak az összefüggéseit Bretschger elvi szintű, integrált növekedési modellben foglalja össze, ami egy termelési függvényből és 6 dinamikus eszköz-áram függvényből áll (Bretschger and Valente, 2023):

$$[9] \quad y(t) = y(a(t), k(t), l(t), b(t)r^e(t), q(t)),$$

ahol:

y – kibocsátás,

k – termelt tőke,

l – munkaerő,

r^e – kiaknázott (extracted) természeti erőforrások,

a – teljes tényezőtermelékenység,
 b – a természeti erőforrás input-ok termelékenysége,
 q – a környezet változása.

A generációkon átívelő jóllét [2] és kibocsátás időbeni alakulását (t) a termelési tényezők összefüggéseit kifejező dinamikus eszköz-áram függvények korlátozzák:

$$\dot{k}(t) = f^k(y(t) - c(t), q(t)),$$

ahol \dot{k} a tőkeakkumuláció, ami a jövedelem (y), a fogyasztás (c) és a környezet állapotának (q) a függvénye.

$$\dot{a}(t) = f^a(y(t), y(t) - c(t)),$$

amely szerint \dot{a} , a teljes tényezőtermelékenység változása a jövedelem, és a fogyasztás függvénye.

$$\dot{b}(t) = f^b(y(t), y(t) - c(t)),$$

amely szerint a természeti erőforrás input-ok termelékenységének változása szintén a jövedelem, és a fogyasztás függvénye.

$$\dot{l}(t) = f^l(l(t), n(t), q(t)),$$

ahol a munkaerő állomány változása a munkaerő, a demográfiai index (n) és a környezet állapotának a függvénye.

$$\dot{r}^s(t) = f^r(r^s(t), r^e(t), r^g(t)) = r^g(t) * r^s(t) - r^e(t),$$

ahol a természeti erőforrások állományának változása $\dot{r}^s(t)$ függvénye a természeti tőke nagyságának $r^s(t)$, a kitermelt természeti erőforrások állományának $r^e(t)$, a megújuló természeti tőke megújulási rátájának $r^g(t)$.

$$\dot{q}(t) = f^q(q(t), y(t), c(t)).$$

ahol a környezeti tőke minőségének (állapotának) a változása $\dot{q}(t)$ függ a környezeti tőke állapotától $q(t)$, a gazdaság kibocsátásától és a fogyasztástól.

A modell függvényei a termelési tényezők általános összefüggéseit fejezik ki, és keretet adnak a gyakorlatban alkalmazott specifikus, részletes modelleknek, amelyek segítségével a gazdasági növekedés empirikus vizsgálata a rendelkezésre álló adatokkal, statisztikai és ökonometriai módszerekkel történhet.

3.3.2. A zöld Solow-modell

A 2000-es évek elején Brock és Taylor (2005) négy, a gazdaság és a környezet kapcsolatát leíró modellt ismertet. Ezek egyike a környezeti hatásokkal kiterjesztett *Zöld Solow-modell*, amelynek termelési függvénye Hess (2016) nyomán:

$$[10] \quad Y(t) = A(t) * F[K(t), L(t), R(t)],$$

ahol Y(t) a kibocsátás, A(t), K(t), L(t) és R(t) rendre a technológia, a termelt, fizikai tőkeállomány, humán tőkeállomány, ill. a (nem megújuló) természeti erőforrások állománya, mint termelési tényezők.

A dinamikus eszköz-áram függvények:

$$[11] \quad I(t) = S(t)$$

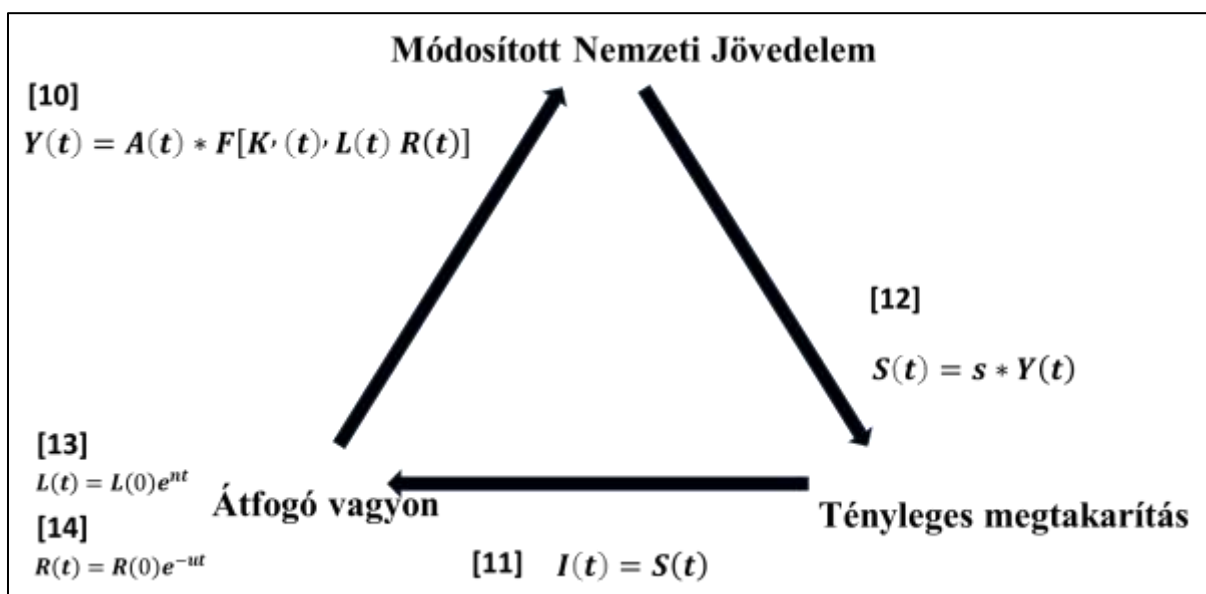
$$[12] \quad S(t) = s * Y(t)$$

$$[13] \quad L(t) = L(0)e^{nt}$$

$$[14] \quad R(t) = R(0)e^{-ut}$$

ahol [11] a makroökonómiai egyensúlyi egyenlet, ami azt jelenti, hogy egyensúlyi állapotban és zárt gazdaságban a megtakarítások $S(t)$, vagyis a jövedelem azon része, ami nem magán, vagy az állam fogyasztása, a tőkeállományba történő beruházások finanszírozására fordítódik, beleértve a magán és az állami beruházásokat. A [12] egyenlet a megtakarítási függvény, a megtakarítás arányának jövedelem szerinti állandóságát fejezi ki. A [13] egyenlet a munkaerő kínálati függvény, ami azt a feltételt fejezi ki, hogy a munkaerő állomány n %-os állandó rátával növekszik. A [14] egyenlet a természeti erőforrások u %-os állandó csökkenését fejezi ki. A Solow modellben Y, K, L, S és I endogén változók, a megtakarítási ráta, n és u , exogén változók. A modell szerint a gazdaság zárt, egyensúlyi (*steady-state*) állapotban van, a növekedés pedig nem korlátos.

A Solow-modell egyenletei elhelyezhetők a fenntartható gazdasági növekedés *megtakarítás-vagyon-jövedelem* ciklusában (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**), a háromszög egyes oldalai mentén.



2. ábra. A Solow-modell egyenletei a fenntartható gazdasági növekedés ciklusában

Forrás: Saját szerkesztés

A termelési függvény [10] a *vagyon-jövedelem*, az egyensúlyi egyenlet [11] a megtakarítás-vagyon, a megtakarítások függvénye [12] **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** a jövedelem-megtakarítás oldalon helyezhető el. A Solow-modell további dinamikus összefüggései [13], [14] az átfogó vagyonhoz kapcsolódóan a munkaerő állomány (humán tőke) és a kimerülő természeti tőke állomány változását írja le.

3.3.3. A Dasgupta modell

A Dasgupta modell szintén követi a neo-klasszikus növekedési modellek logikáját, úgyszintén tekinthető a fenntarthatóság általános növekedési modelljének speciális eseteként: a termelési függvényt a termelési tényezők összefüggéseit leíró parciális dinamikus készlet-áram függvények egészítik ki, mindazonáltal a megújuló és a nem-megújuló természeti tőke a modellben külön termelési tényezőként jelenik meg (Dasgupta, 2021). A modell két alapvetése a következő:

1. A társadalmi-gazdasági rendszer a bioszférába beágyazott, és ezért
2. A bioszféra kijelöli a gazdasági növekedés határait.

Ennek megfelelően a modell, értelmezési tartománya a fenntarthatóság erős kritériumának felel meg, vagyis, a kritikus természeti tőke elemek nem csökkenhetnek. A modell további újdonsága a természeti tőke ökoszisztéma szemlélete, szemben a korábbi modellekkel, amelyek a természeti tőkét a kimerülő természeti erőforrásokra, ásványokra és az energiahordozó vagyona korlátozták⁷. A természeti tőkén belül megkülönbözteti a *nem megújuló* és a *megújuló* természeti vagyoni elemeket. Az előbbi a kimerülő ásványkincsek és energiahordozók, amelyek csökkenése, a kibocsátás fenntartása érdekében kompenzálható más tőkeelemek, pl. a termelt, vagy a humán tőke növelésével. A megújuló természeti vagyonelemek az *ökoszisztémák*, amelyek csökkenését, az erős fenntarthatóság kritériuma szerint, nem ellentételezi más tőkeelemek növelése.

A Dasgupta-modell egy termelési függvényből és 5 dinamikus eszköz-áram (stock-flow) függvényből áll (Dasgupta, 2021, p. 358).

$$[15] \quad Y(t) = A(t)S^\beta(t)F(K(t), H(t), R(t))$$

A termelési függvény [15] szerint a kibocsátás (Y) a termelési tényezők függvénye, amelyek részeként a természeti tőke két formában jelenik meg: $R(t)$ a nem-megújuló természeti tőke vagyon és $S(t)$, a megújuló természeti tőke vagyon, azaz, az ökoszisztémák⁸. A két természeti tőke típus közötti különbség az, hogy míg R helyettesíthető más tőketípusokkal, vagyis termelt, vagy humán tőkével, addig S , a társadalmi-gazdasági rendszer számára kritikus természeti tőke nem helyettesíthető más típusú tőke elemekkel. $\beta < 1$ esetén S^β csökken, ami azt jelenti, hogy a gazdaság kibocsátása a kritikus természeti tőke állomány csökkenése árán valósul meg és ebben az esetben a rendszer nem felel meg az erős fenntarthatóság kritériumának. $A(t)S^\beta$ a gazdaság termelékenységét, azaz a Teljes Tényezőtermelékenységet (Total Factor Productivity, TFP) fejezi ki, ami a tudás, a technikai fejlettségi szint és az intézmények mellett a kritikus természeti tőke állapotának is függvénye⁹.

A [16] dinamikus készlet-áram egyenlet a *globális hatás-egyenlőtlenség* vizsgálatát szolgálja: azt fejezi ki, hogy az ökoszisztéma állomány növekedése (adott időpontban) egyenlő a bioszféra nettó regenerációs rátájával (G), amely függvénye az ökoszisztémák állományának (S), csökkentve a humán rendszerek környezeti hatásával.

$$[16] \quad dS(t)/dt = G(S(t)) - R(t) - Y(t)/\alpha_Z, \quad \alpha^* \geq \alpha_Z(A) \geq \alpha_Z > 0$$

A humán rendszerek hatása a nem megújuló természeti erőforrások (R) kitermelése és a kibocsátás (a gazdasági tevékenység) környezetkárosító hatásainak ($Y(t)/\alpha_Z$) az összege, ahol

⁷ Például a kiterjesztett Solow-modell (Hess, 2016).

⁸ Ez a felosztás követi az ökoszisztéma szolgáltatások MEA és CICES által kidolgozott klasszifikációját (Marjainé Szerényi and Kovács, 2018).

⁹ Az OECD statisztikai adatbázisa Multifactor Productivity néven 23 fejlett ország termelékenységi mutatóját tartalmazza, aminek környezeti elemekkel való bővítésére (Environmentally Adjusted Multifactor Productivity) is történtek kísérletek (Cárdenas Rodríguez et al., 2018). Az OECD adatbázisában a környezeti módosításokkal képzett Teljes Tényezőtermelékenységi mutató (*Environmentally Adjusted Multifactor Productivity*) adatai a 2012 - 2020 időszakra érhetőek el.

α_Z az adott tudás és technológiai színvonalától függő tényező. α_Z a technológia fejlődésével növekszik, ami a káros környezeti hatásokat csökkenti, de értelemszerűen nem haladhat meg egy bizonyos szintet (α^*), mert a gazdasági tevékenységnek mindig lesz természetkárosító hatása, még ha csökkenő mértékben is.

A [16] egyenlet szerint a globális társadalmi-gazdasági rendszer a *hatás egyenlőtlenség* állapotában van, ha $dS(t)/dt < 0$.

A [17] egyenlet azt fejezi ki, hogy a fogyasztás (C) csökkentésével növelhetők a humántőkébe (I_H), a termelt tőkébe (K), vagy a tudásba (I_A) történő beruházások, vagyis a termelt tőke ezek, ill. az amortizáció (λ) következtében változik.

$$[17] \quad \frac{dK(t)}{dt} = Y(t) - C(t) - I_H(t) - I_A(t) - \lambda K(t),$$

A [18] egyenlet a globális népességszám változását modellezi a népesség száma (N) és az egy főre jutó humán tőke $h(t)$ függvényeként. A függvény feltételezi, hogy a népességszámot nem lehet közvetlen úton szabályozni, viszont befolyásolható a humán tőkébe történő beruházással, ami következtében változik a háztartások által kívánt gyermekek száma (J a hosszútávú globális népességszám). J marginálisan csökkenő függvénye az egy főre jutó humántőkének, ami azt fejezi ki, hogy a nők oktatáshoz és modern családtervezési szolgáltatásokhoz való hozzáféréssel csökken a megkívánt gyermekszám.

$$[18] \quad \frac{dN(t)}{dt} = N(t)[J(h) - N(t)], \quad J > 0, \quad dJ(h)/dh < 0$$

A [19] egyenlet azt írja le, hogy a nyilvánosan elérhető tudás változása egyenlő a tudás-ba történt beruházások összegével.

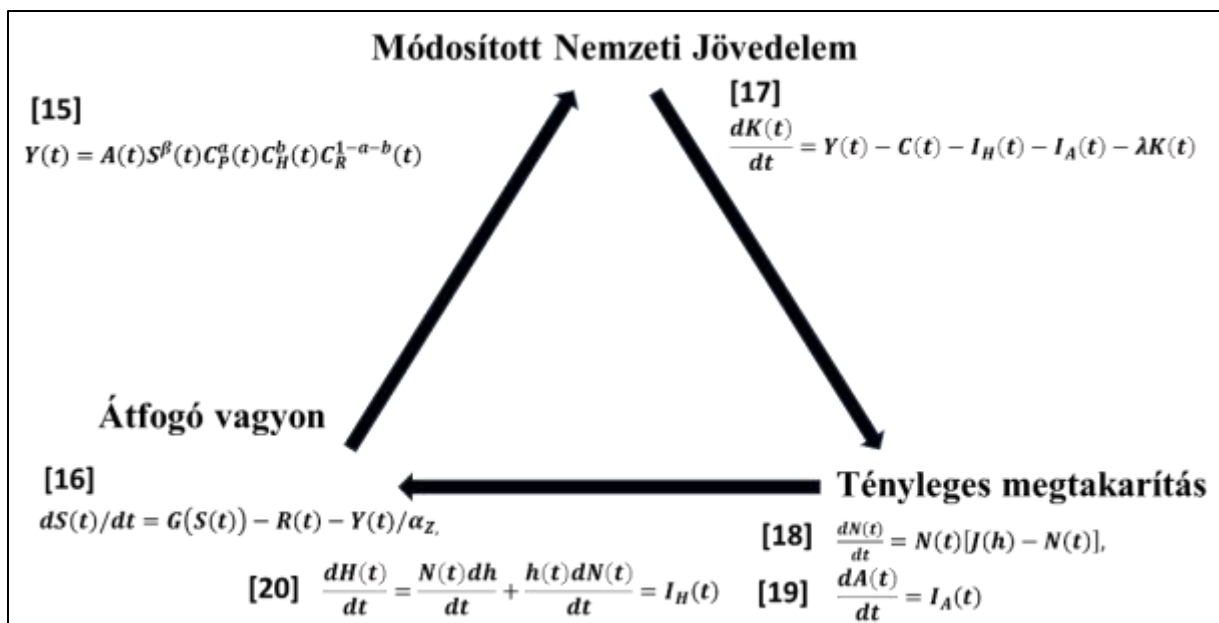
$$[19] \quad \frac{dA(t)}{dt} = I_A(t)$$

A [20] egyenlet szerint a humántőke nagysága a humántőkébe történt beruházások összegével növekszik, viszont a népességszám és az egy főre eső humántőke egymás függvényeként változik.

$$[20] \quad \frac{dH(t)}{dt} = \frac{N(t)dh}{dt} + \frac{h(t)dN(t)}{dt} = I_H(t)$$

Dasgupta számos olyan neo-klasszikus növekedési modellt sorol fel, ami lényegében a Dasgupta-modell egy-egy speciális eseteiként fogható fel (Dasgupta, 2021, pp. 4, 13).

A Dasgupta-modell egyenleteinek a *fenntarthatóság triangulum*a szerinti elrendezését mutatja a 0.



3. ábra. A Dasgupta-modell egyenletei a fenntartható gazdasági növekedés ciklusának rendszerében

Forrás: Saját szerkesztés

A termelési függvény [15] (Cobb-Douglas formában) az *átfogó vagyron-módosított nemzeti jövedelem* oldalán található. A [16] egyenlet a megújuló tőkének a megújulási képesség és a gazdasági tevékenység hatására történő változásának a leírása, ami az *átfogó vagyron* részét képezi. A [17] egyenlet a Solow-modelltől eltérően a *fogyasztás-beruházások (megtakarítás) – termelt tőke növekedés* közös összefüggése, a [18], [19] és [20] egyenletek pedig a humán tőke változását írják le a népesség és a tudástőkébe irányuló beruházások függvényeként. Ezek az egyenletek a triangulum *tényleges megtakarítás – átfogó vagyron* oldalához illeszkednek.

Az általános termelési függvény becslésének alkalmazott módszere a Cobb-Douglas típusú függvények alkalmazása (Barro and Sala-i-Martin, 1990). A Solow-modell *steady-state* állapotban írja le a gazdaság növekedését, amelyben nincs technológiai fejlődés és a tőke/munka hányados állandó. A Dasgupta modell termelési függvénye [15] Cobb-Douglas formában:

$$[21] \quad Y(t) = A(t)S^\gamma(t)C_P^\alpha(t)C_H^\beta(t)C_R^{1-\alpha-\beta}(t), \quad \beta > 0; \alpha, b, (1-\alpha-\beta) > 0$$

A modell két alapfeltevése a *csökkenő tőke-hozadék (diminishing return to capital)* és az *állandó rugalmasságú helyettesítés (constant elasticity of substitution)*, ami (steady state állapotban) 1, vagyis a

$$\sigma = \alpha + \beta + (1 - \alpha - \beta) = 1$$

ahol α és β a kibocsátás tőke, ill. munka szerinti parciális rugalmasságai. Értelemszerűen, $1 - \alpha - \beta$ a kibocsátás természeti erőforrások szerinti rugalmassága. σ a helyettesítés rugalmassága (Acemoglu, 2009, p. 74), vagyis a természeti tőke 1 egységnyi csökkenése helyettesíthető, összesen 1 egységnyi tőke, vagy munka növekedéssel, amelynek eredményeképpen nem változik a kibocsátás (a fenntarthatóság gyenge kritériumának megfelelően). A gyakorlatban a gazdaságok nincsenek egyensúlyi állapotban, hanem az

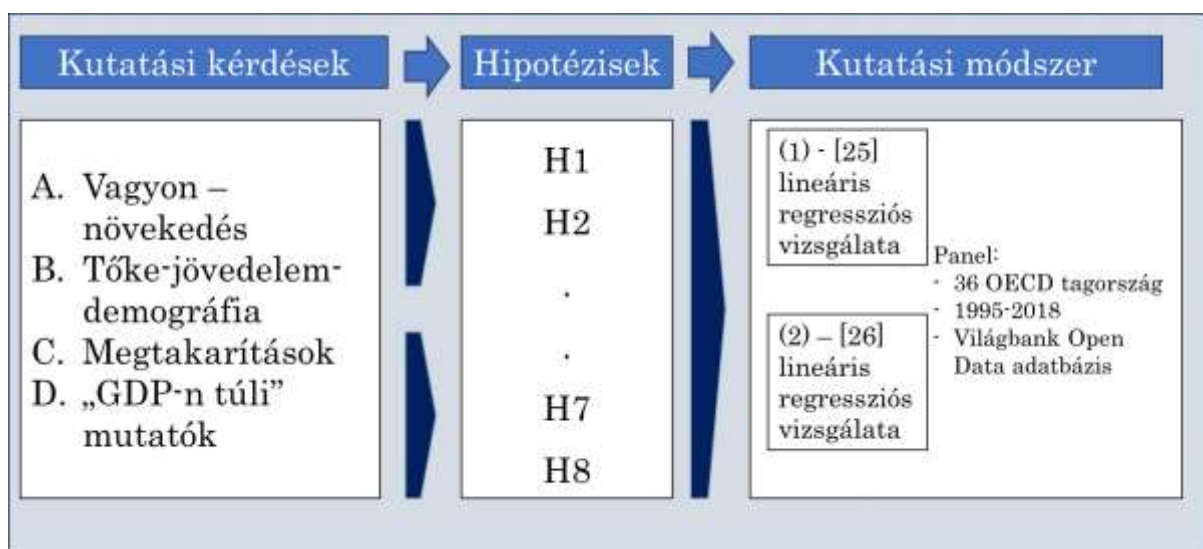
állandósult állapot irányába növekednek, vagy attól távolodnak. Ez azt jelenti, hogy a gazdaság adatainak felhasználásával történt regressziós elemzés eredménye lehet $\alpha + \beta + (1 - \alpha - \beta) > 1$, vagy $\alpha + \beta + (1 - \alpha - \beta) < 1$. Az első esetben a gazdaság növekedése közelíti az állandósult állapotot, a második esetben távolodik attól.

A Dasgupta-féle modell termelési függvénye [21] megkülönbözteti a megújuló természeti tőkét (S) a nem-megújuló természeti tőke elemektől (R): ebben a modellben csak a nem-megújuló természeti tőke elemek csökkenése helyettesíthető más típusú tőke elemek (termelt és munka) növelésével. A megújuló természeti tőke, ami nem helyettesíthető más tőkeelemekkel, szintén kitevős függvény formában jelenik meg (S^β). Dasgupta propozícióját továbbgondolva, saját megfogalmazásomban, az ökoszisztémák csökkenése tekintetében két kritikus érték állapítható meg: (1) *felső kritikus érték*, amelyet elérve az ökoszisztéma elveszíti megújuló képességét, de a folyamatos csökkenése árán még képes szolgáltatásokat nyújtani; (2) az *alsó kritikus érték*, amelyet elérve az ökoszisztéma már a további csökkenése révén se tudja biztosítani a társadalmi-gazdasági rendszer működéséhez szükséges ökoszisztéma-szolgáltatásokat. Ez lényegében a társadalmi-gazdasági rendszer összeomlását jelenti. A Dasgupta modell érvényessége tehát a felső kritikus érték feletti tartományra vonatkozik ($\beta > 1$). Ha $\beta < 1$, akkor a gazdasági teljesítmény a kritikus ökoszisztémák csökkenése árán, tehát a fenntarthatóság kárára valósul meg, vagyis a rendszer nem felel meg az erős fenntarthatóság kritériumának.

4. Kutatási módszertan, módszer és adatok

4.1. A kutatás felépítése

A hipotézisek vizsgálatának módszertana a neo-klasszikus növekedési elmélet alapján történő empirikus kutatás, regresszió elemzés. A kutatás a Dasgupta modell termelési függvényére [21] és a makroökonómiai jövedelem-megtakarítások összefüggésére (Hess, 2010), mint közgazdasági modellekre épül. A két lineáris regressziós modell vizsgálata 36 OECD ország 1995-2018 közötti panel adataival történt a Világbank Open Data adatbázisa adatainak felhasználásával. A kutatás logikáját a 0 4. ábra mutatja. A kutatási kérdések (A-D) alapján a hipotézisek (H1-H8) a kutatási módszerrel (1, 2) lefolytatott kutatás eredményei szerint megerősítésre, vagy elutasításra kerülnek.



4. ábra. A kutatás logikai felépítése

Forrás: saját szerkesztés

A kutatási módszer a következő két vizsgálatból áll:

1. a jövedelemnek a termelési tényezők (termelt, humán és természeti tőke) szerinti parciális rugalmasságainak vizsgálata, vagyis, hogy az egyes termelési tényezők, és különösen a megújuló természeti tőke változása mennyiben és milyen arányban járul hozzá a jövedelem változásához. A vizsgálat közgazdasági modellje a neo-klasszikus növekedési modell termelési függvényének természeti tőkével kiterjesztett változata alapján a következő:

$$Y = f(R, K, H, N),$$

vagyis, a jövedelem a megújuló természeti tőke (R), a termelt tőke (K), a humán tőke (H) és a nem-megújuló természeti tőke (N) függvénye. Ez a vizsgálat a Dasgupta növekedési modell Cobb-Douglas formájú termelési függvénye [21] szerinti modell alapján szerkesztett lineáris regressziós modell becslésével történik [22];

$$[22] \quad y = A * s^{\gamma} * c_P^{\alpha} * c_H^{\beta} * c_R^{1-\alpha-\beta},$$

A lineáris regressziós modell előállítására a [22] egyenlet későbbiekben ismertetett logaritmikusan transzformációjával történik.

2. A neo-klasszikus növekedési modell megtakarítás-jövedelem függvényének lineáris regressziós vizsgálatával a természeti tényezőkkel módosított megtakarítások hatását vizsgáltam a jövedelemtermelésre. Ehhez a vizsgálatához hivatkozásként Hess jövedelem-megtakarítás regressziós függvénye szolgál.

Hess (2010) a szakirodalmi áttekintésben hivatkozott elemzésében a regressziós vizsgálat a következő közgazdasági összefüggésre épül:

$$y = f(ANSr, HDI, Lr, Xg, FDIr)$$

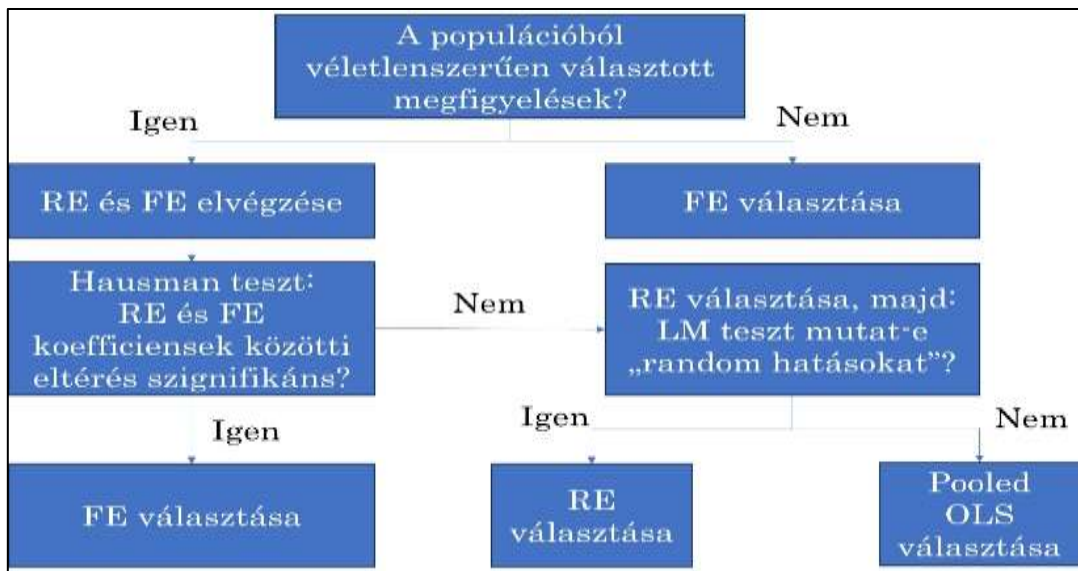
Ebben a modellben a GDP-ben mért jövedelem növekedése (y), mint eredmény változó függvénye a környezeti hatásokkal módosított nettó megtakarítás GDP-n belüli arányának ($ANSr$), a Human Development Index-nek (HDI), ami a társadalmi fejlettséget leíró proxy változó, a munkaképes korosztály lakosságon belüli arányának (Lr), az export évenkénti növekedési rátájának (Xg) és a külföldi közvetlen tőkebefektetések GDP-ben mért arányának ($FDIr$). A saját kutatásom fókuszja a megtakarítás és a jövedelem közötti oksági összefüggés vizsgálata a fenntarthatóság keretrendszerében. Ennek megfelelően eltekintek a Hess-féle egyenletben szereplő egyéb tényezők (a demográfiai ismérveket, az exportképesség változását, a külföldi tőkebefektetések alakulását stb. jellemző mutatók) jövedelemképződésre gyakorolt hatásainak vizsgálatától. Hess modelljétől eltérően a regressziós egyenletben magyarázó változóként szerepeltetem az egy főre jutó ösztőke és az egy főre jutó megújuló természeti tőke nagyságát, amelyek várhatóan hatást gyakorolnak a jövedelemtermelő képességre:

$$y = f(S, Sr, TW, R)$$

A fenti összefüggés szerint, intuitíven, a jövedelemképződés pozitív oksági összefüggésben van a megtakarítással (S), a megtakarítási rátával (Sr), az ösztőke nagyságával (TW) és a megújuló természeti tőke nagyságával (R) is. Hangsúlyozni kell, hogy az (1) vizsgálat a környezeti tényezők hatásának a jövedelem rugalmasságára (parciális rugalmasságaira), a (2) vizsgálat a jövedelmek változására gyakorolt hatását vizsgálja. A két modell és a továbbiakban ismertetett

modell-változatok elemzése a GDP, a Bruttó Nemzeti Jövedelem (GNI) és a fenntarthatósági mutatónak tekintett Módosított Nettó Nemzeti Jövedelem (ANNI), mint eredmény változók alkalmazásával történt. A szakirodalom szerint a jövedelem termelési tényezők szerinti parciális rugalmasságai az országok fejlettsége és más idioszinkretikus (sajátos, egyedi) jellemzők miatt jelentősen eltérhetnek (Durlauf et al., 2005), ezért a jövedelem képződésének oksági összefüggései a különböző országok tekintetében nehezen egybevezethetők. Ezen eltérések vizsgálata nem célja a kutatásnak, ezért az elemzés az országok szűkített körében, az OECD országok vonatkozásában történt, feltételezve az adatok harmonizáltságát a gazdasági fejlettség, az intézmények, a statisztikai rendszer stb. viszonylagos hasonlósága okán. További egyszerűsítésként a regressziós egyenletben a termelési tényezők hatékony munkaerőre számított értékei helyett az egy lakosra jutó értékek kerültek alkalmazásra, ami lényeges egyszerűsítés, ill. eltérés a növekedési modellek hagyományos vizsgálatával szemben (Hess, 2016). A *termelékenység* így nem a termelési tényezőkhöz kapcsolódóan jelenik meg, amely egyszerűsítést indokolhatja az a tény, hogy az eredetileg csak a fizikai, termelt tőkét tartalmazó modellel szemben, a kutatás során alkalmazott modell a humán és a környezeti tőkét is tartalmazza. Tehát a termelékenység az eredeti neoklasszikus növekedési modellekhez képest tágabban értelmezhető, ami a hatékony munkaerőre történő vetítés helyett indokolhatja a termelési tényezők egy főre (lakosra) jutó értékeinek használatát.

A panel adatok elemzéséhez a Világbank World Bank Open Data adatbázisait használtam. A vagyoni és a természeti tőke adatok forrása a Világbank *Vagyoni Számlák (Wealth Accounts)* adatbázisa; a GDP adatok a *World Development Indicators*, a fenntarthatósági *Módosított Nettó Nemzeti Jövedelem (ANNI)* adatok, valamint a *Módosított Nettó Megtakarítás (ANS)* adatok az *Adjusted Net Savings* adatbázisból származnak. A minta nagysága a *Vagyoni Számlák* adatbázisban szereplő 146 ország közül az OECD tagországok adatai, az 1995 és 2018 közötti éves időszakkal. A lineáris regressziós modelleket STATA szoftverrel, *pooled OLS*, *Fixed Effects* és *Random Effects* módszerekkel vizsgáltam. A legjobb becslést adó módszer kiválasztásának logikáját az 0. mutatja.



5. ábra. A regressziós elemzési módszerek kiválasztási logikája

Forrás: saját szerkesztés

4.2. Az (1) termelési függvény vizsgálata

A kutatás egyik legfontosabb korlátját a vagyonelemek értékelése jelenti, vagyis, hogy a gyakorlatban rendelkezésre álló adatok mennyiben felelnek meg a vagyonelemek elméleti értékének ill., hogy a különböző vagyonelem értékek módszertanilag egymással mennyire harmonizáltak. E két probléma kiszűrése érdekében a regresszió elemzés során a jövedelem abszolút értéke helyett a jövedelem rugalmasságát vizsgálom, vagyis, hogy az egyes magyarázó változók változása milyen hatással van a jövedelem változására. A jövedelem rugalmassága ugyanis az egyes tényezők változásához kapcsolódóan ragadható meg (parciális rugalmasság), ami független az egyes tényezők mértékegységétől és az értékelés módszertanától.

A Dasgupta modell termelési függvénye [22] az általános közgazdasági összefüggésen [9] alapuló konstrukciónak tekinthető, amelyben a magyarázó változók nem lineáris formában szerepelnek. A lineáris regresszió módszerének alkalmazásához az egyenletet logaritmikusan transzformációval át kell alakítani. A linearizált forma a következő:

$$[23] \quad \ln y_i = \beta_0 \ln r_i + \beta_1 \ln k_i + \beta_2 \ln h_i + \beta_3 \ln n_i$$

ahol y_i az i -dik (megfigyelés) ország egy főre számított kibocsátása (nemzeti jövedelem), k_i, h_i, n_i az i -dik megfigyelés egy főre jutó termelt, humán, ill. nem megújuló természeti tőkéje. r_i az egy főre számított megújuló természeti tőke értéke. β_k a kibocsátás (eredmény változó) magyarázó változók szerinti parciális rugalmasságai. A jövedelem rugalmasságának vizsgálata a *log-difference* módszerrel történik¹⁰, amely módszernek a lényege, hogy állandó rugalmasságot feltételezve, a Dasgupta modell termelési függvényében mind az eredmény változó, mind a magyarázó változók t és $t-1$ időszakhoz tartozó logaritmusainak a különbsége szerepel. Ha a logaritmikus formát a változó függvény változási irányának tekintjük t időpontban (vagyis a függvény első deriváltjának t időpontban vett értékének), akkor a *log-difference forma* a második derivált, vagyis a változó függvény görbülete (t időpontban). Ennek értelmében a regressziós modell a következő:

$$[24] \quad y_{i,\Delta t} = \alpha_0 + \beta_0 r_{i,\Delta t} + \beta_1 k_{i,\Delta t} + \beta_2 h_{i,\Delta t} + \beta_3 n_{i,\Delta t} + \varepsilon_i$$

ahol α_0 konstans, β_k a magyarázó változók együtthatói, vagyis a jövedelem magyarázó változók szerinti parciális rugalmasságai. $y_{i,\Delta t} = \ln y_{i,t} - \ln y_{i,t-1}$. Hasonlóképpen az r, k, h és n változók. ε_i az i -dik megfigyeléshez tartozó hibaterm.

Az egyenlet elemzése négy regressziós modell változattal történik, amelyekben a következő magyarázó változók szerepelnek:

D1: termelt (fizikai) tőke;

D2: termelt és humán tőke;

D3: Termelt, humán és természeti tőke (gyenge fenntarthatósági szemlélet);

D4: termelt, humán, megújuló és nem-megújuló természeti tőke (erős fenntarthatósági szemlélet).

A D1-D4 modellek alkalmazásának célja annak a bemutatása, hogy a termelt tőke mellett további tőketípusok magyarázó változóként történő szerepeltetése mennyire változtatja meg a modell magyarázó erejét (R²), ill. a jövedelem egyes tényezőkhöz tartozó parciális

¹⁰ A kutatási módszer forrása egy a World Bank-hoz köthető publikálatlan kutatás.

rugalmasságait (β_k) és azok statisztikai szignifikanciáját. További cél a gyenge és erős fenntarthatósági szemlélet közötti különbség bemutatása.

4.3. A (2) megtakarítások – jövedelem összefüggés vizsgálata

Ez a vizsgálat a jövedelem változását vizsgálja a természeti tényezőkkel módosított megtakarítás, mint magyarázó változó változásának hatására, ezért a [25] egyenletben a jövedelem ($y_{i,t}$) és a megtakarítás abszolút értéke ($s_{i,t}$) logaritmus formában szerepelnek, és a β_1 a jövedelem %-os változását jelenti a megtakarítás abszolút értékének 1%-os változása esetén. $sr_{i,t}$ A természeti tényezőkkel módosított megtakarítási ráta. Az egy főre jutó ösztöke ($tw_{i,t}$) és megújuló természeti tőke vagyon ($r_{i,t}$) adatok lineáris formában szerepelnek, mert a H3 hipotézisnek megfelelően a vizsgálat a tőkevagyon nagyságának a jövedelemre gyakorolt hatását célozza.

$$[25] \quad \ln y_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln s_{i,t} + \beta_2 sr_{i,t} + \beta_3 tw_{i,t} + \beta_4 r_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

ahol α konstans, $y_{i,t}$, $s_{i,t}$, $sr_{i,t}$, $tw_{i,t}$, $r_{i,t}$ rendre az egy főre számított jövedelem, módosított nettó megtakarítás (ANS), az ANS rátája a Bruttó Nemzeti Jövedelem (GNI) arányában¹¹, az egy főre jutó ösztöke, ill. megújuló természeti tőke, az i -dik megfigyelés esetén t időpontban. A [25] regressziós egyenlet elemzése során három modell változat került alkalmazásra, amelyekben a következő magyarázó változók szerepeltek:

F1: $\ln s_{i,t}$;

F2: $\ln s_{i,t} + sr_{i,t}$;

F3: $\ln s_{i,t} + sr_{i,t} + tw_{i,t} + r_{i,t}$.

Az F1-F3 modellek alkalmazásának célja a modellek magyarázó erejének (R²), ill. a magyarázó erő változásának a vizsgálata, vagyis, hogy a megtakarítás mellett a további tényezők, magyarázó változók szerepeltetése mennyire változtatja meg a modell magyarázó erejét (R²), ill. a regressziós együtthatókat (β_k), ill. azok statisztikai szignifikanciáját.

4.4. Változók adat-statisztikai és korreláció vizsgálata

A0 az (1) és (2) vizsgálatokban szereplő változók lineáris formában szereplő adatainak statisztikáit mutatja. A változók logaritmusos és log-difference adatainak statisztikáit a M2. Táblázat2. Melléklet tartalmazza.

¹¹ Az sr arányszám, tehát nem szerepel logaritmusos formában.

1. táblázat. Regressziós változók összegző statisztikája, lineáris forma, OECD országok, 2018

Változó	Meg- figyelés ¹²	Középért.	Szórás	Min.	Max.
GDPpC	36	42 411	18 504	14 096	113 182
GNIpC	36	33 884	20 676	6 095	85 820
ANNIpC	36	27 611	16 551	5 170	67 174
TWpC	35	468 063	318 751	38 734	1 220 188
PCpC	35	185 907	107 161	23 119	412 587
NCpCR	35	10 835	7 684	2 434	32 577
HCpC	35	274 394	188 611	10 332	740 604
NCpC	35	16 556	21 295	2 472	103 620
NCpCN	35	5 721	15 279	-	71 044
ANSpC	35	3 901	3 896	- 780	15 307
ANSpGNI	35	10,2%	5,5%	-4,3%	20,6%

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

ahol:

GDPpC – GDP, konstans 2015 US\$/fő,

GNIpC – Bruttó Nemzeti Jövedelem; konstans 2015 US\$/fő,

ANNIpC – Módosított Nettó Nemzeti Jövedelem, konstans 2015 US\$/fő;

a magyarázó változók:

TWpC – Össztőke, konstans 2018 US\$;

NCpC – Természeti tőke, konstans 2018 US\$;

PCpC – Termelt tőke, konstans 2018 US\$;

HCpC – Humán tőke, konstans 2018 US\$;

NCpCR – Megújuló természeti tőke, konstans 2018 US\$;

NCpCN – Nem-megújuló természeti tőke, konstans 2018 US\$;

ANSpGNI – ANS ráta a GNI arányában, %.

A0 a GDP, a GNI és az ANNI jövedelmi mutatók korrelációját mutatja.

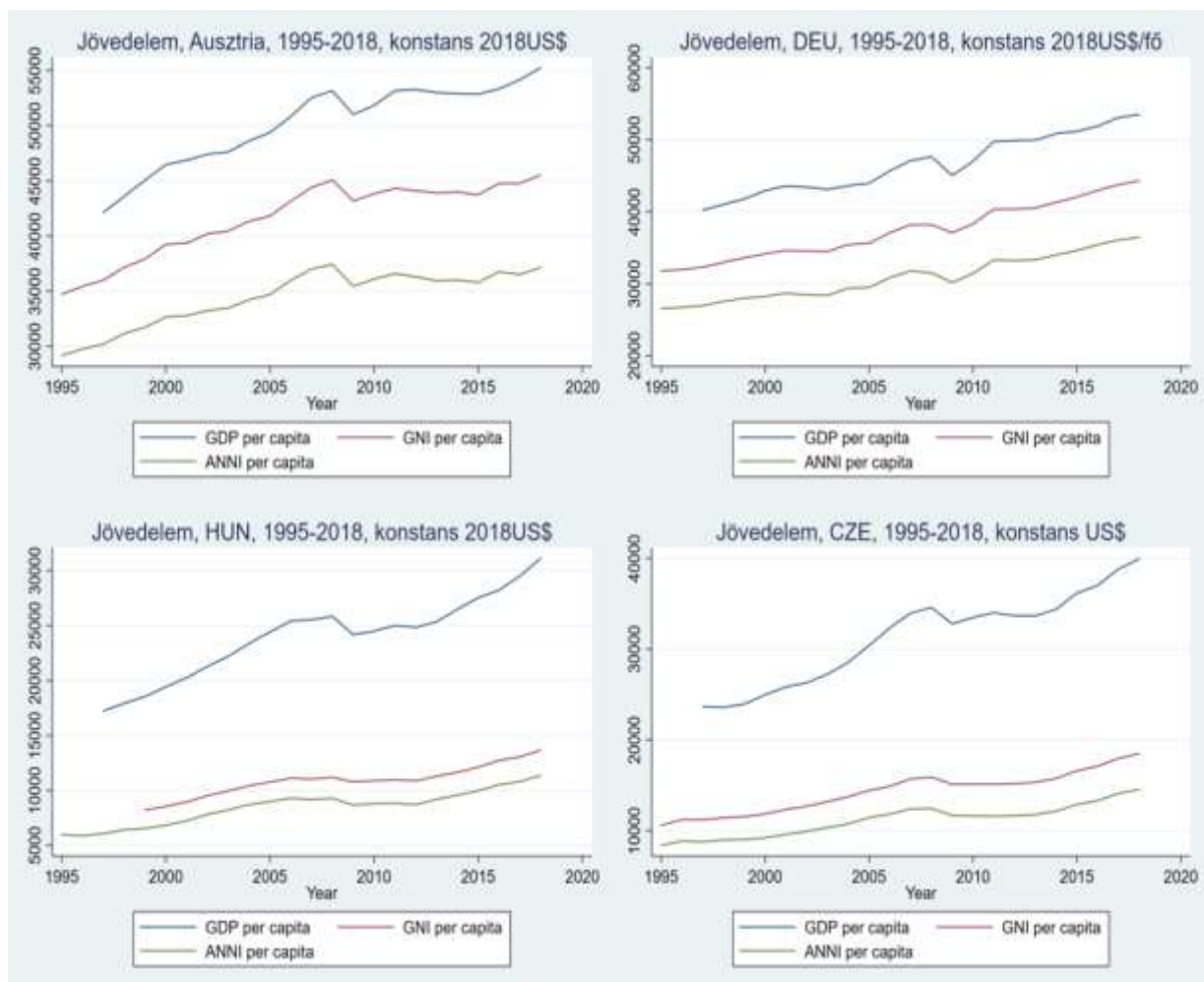
2. táblázat. Jövedelmi mutatók korrelációja

	GDPpC	GNIpC	ANNIpC
GDPpC	1.0000		
GNIpC	0.9362	1.0000	
ANNIpC	0.9405	0.9960	1.0000

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

A három jövedelmi mutató a várakozásnak megfelelően igen erős korrelációt mutat, vagyis együtt mozgásuk igen erős, ami szintén jól látható a 0n, Ausztria, Németország, Magyarország és Csehország példáján. (Szembetűnő az ábrán, hogy a GDP és a fenntarthatósági mutatók (GNI és ANNI) közötti különbség jóval nagyobb Magyarország és Csehország esetében, mint Ausztria és Németország esetében).

¹² Az OECD 38 tagállama közül Izrael és Új-Zéland nem szerepel a Világbank Vagyon Számlák adatbázisában.



6. ábra. Jövedelmi mutatók együttmozgása, Ausztria (AUT), Németország (DEU), Magyarország (HUN) és Csehország (CZE) esetében, 1995-2018, konstans 2018US\$

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

A különbség arányokban kifejezve (0) kb. kétszeres. Pl. az ANNI/GDP arány Ausztria esetében 0,67, Magyarország esetében 0,36. A fenntarthatósági mutatók egymás közötti aránya (ANNI/GNI) a négy ország esetében lényegében megegyezik: 0,77-0,83).

3. táblázat. Jövedelmi mutatók arányai, 2018

	GNI/GDP	ANNI/GDP	ANNI/GNI
Ausztria	0,82	0,67	0,81
Németország	0,83	0,68	0,82
Magyarország	0,44	0,36	0,83
Csehország	0,46	0,36	0,77

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

A0, az0 és a0 az (1) vizsgálat regressziós változói lineáris adatainak korrelációs táblái, a GDP, GNI és ANNI jövedelmi mutatók esetében.

4. táblázat. Az (1) vizsgálat változóinak korrelációja, GDP

	GDPpC	TWpC	PCpC	HCpC	NCpCN	NCpCR
GDPpC	1.0000					
TWpC	0.9081	1.0000				
PCpC	0.8540	0.9406	1.0000			
HCpC	0.8351	0.9493	0.9588	1.0000		
NCpCN	0.4399	0.4114	0.1468	0.1352	1.0000	
NCpCR	0.2842	0.4106	0.4582	0.4578	-0.0446	1.0000

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

5. táblázat. Az (1) vizsgálat változóinak korrelációja, GNI

	GNIpC	TWpC	PCpC	HCpC	NCpCN	NCpCR
GNIpC	1.0000					
TWpC	0.9808	1.0000				
PCpC	0.9722	0.9598	1.0000			
HCpC	0.9707	0.9731	0.9612	1.0000		
NCpCN	0.2213	0.3168	0.1092	0.1215	1.0000	
NCpCR	0.4925	0.5088	0.5128	0.5211	0.0287	1.0000

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

6. táblázat. Az (1) vizsgálat változóinak korrelációja, ANNI

	ANNIpC	TWpC	PCpC	HCpC	NCpCN	NCpCR
ANNIpC	1.0000					
TWpC	0.9785	1.0000				
PCpC	0.9609	0.9578	1.0000			
HCpC	0.9611	0.9712	0.9596	1.0000		
NCpCN	0.2361	0.3037	0.0922	0.1043	1.0000	
NCpCR	0.4747	0.5075	0.5119	0.5272	0.0025	1.0000

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

A0,0 és0 a (2) vizsgálat regressziós változói lineáris adatainak korrelációs táblái, a GDP, GNI és ANNI eredmény változók esetén.

7. táblázat. Az (2) vizsgálat változóinak korrelációja, GDP

	GDPpC	ANSpC	ANSpGNI	TWpC	NCpCR	
GDPpC	1.0000					
ANSpC	0.8000	1.0000				
ANSpGNI	0.3376	0.4491	1.0000			
TWpC	0.9015	0.8009	0.3013	1.0000		
NCpCR	0.3278	0.2691	0.0589	0.4603	1.0000	

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

8. táblázat. Az (2) vizsgálat változóinak korrelációja, GNI

	GNIpC	ANSpC	ANSpGNI	TWpC	NCpCR
GNIpC	1.0000				
ANSpC	0.8368	1.0000			
ANSpGNI	0.2759	0.3980	1.0000		
TWpC	0.9809	0.8167	0.2684	1.0000	
NCpCR	0.5261	0.4015	0.0955	0.5478	1.0000

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

9. táblázat. Az (2) vizsgálat változóinak korrelációja, ANNI

	ANNIpC	ANSpC	ANSpGNI	TWpC	NCpCR
ANNIpC	1.0000				
ANSpC	0.8532	1.0000			
ANSpGNI	0.2947	0.3968	1.0000		
TWpC	0.9775	0.8227	0.2677	1.0000	
NCpCR	0.4844	0.4086	0.0991	0.5202	1.0000

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

A 0,0 és 0 adataiból kirajzolódik, hogy a környezeti tényezőkkel módosított megtakarítás (ANSpC) szorosan együtt mozog a jövedelmi mutatókkal (0,8-0,85), amely együtt mozgás a legerősebb az ANNI mutató esetén. Ugyancsak erős együtt mozgás figyelhető meg az ösztöke (TWpC) és a jövedelmi mutatók között (0,9-0,97). A megújuló természeti tőke (NCpCR) és a jövedelmek korrrelációja gyengébb, de jelentős, a 0,3-0,5 tartományban. A megtakarítási ráta (ANSpGNI) és a jövedelmek között a korreláció a 0,3 érték körüli tartományban szór.

5. Kutatási eredmények és hipotézis vizsgálat

5.1. (1) Regresszió elemzés

Ez a fejezet a 0 fejezetben ismertetett (1) módszer szerint elvégzett kutatás eredményeit ismerteti. A [24] **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** egyenlet szerinti regressziós modell becslési módszerének kiválasztását és a diagnosztikát a melléklet tartalmazza, amely szerint a legjobb becslést a regressziós egyenlet *Fixed Effects, robust* módszerrel történt vizsgálata nyújtja, amelynek eredményeit 0, a 0 és a 0 tartalmazza, a GDP, GNI, ill. ANNI log-difference formájú eredményváltozók (dl...) alkalmazásával. Az F statisztikák minden modell esetében megerősítették a változók együttes szignifikanciáját.

Az egyes táblázatokban az együtthatók több lényeges információt hordoznak: 1. az adott tényező változása mennyiben járul hozzá az eredményváltozók változásához, és 2. az együtthatók egymáshoz viszonyított arányai azt fejezik ki, hogy mekkora az egyes tőkefajták hozzájárulása a gazdaság növekedéséhez a többi tőkefajtaéhoz viszonyítva. Ez utóbbi abból a szempontból jelentős, hogy ez a hozzájárulás hogyan viszonyul az adott tőke fajta abszolút nagyságához, hiszen, az egyes tőke típusok ösztökéhez viszonyított aránya jellemzően jelentősen különbözik.

A táblázatokban a magyarázó változók log-difference (dl...) formában, a következők:

dlPCpC – egy főre számított termelt tőke;
 dlHCpC – egy főre számított humán tőke;
 dlNCpC – egy főre számított természeti tőke;
 dlNCpCR – egy főre számított megújuló természeti tőke;
 dlNCpCN – egy főre számított nem-megújuló természeti tőke;
 ill.:
 Std. Err. – szórásnégyzet,
 konstans – a regressziós egyenlet állandó tagja.

10. táblázat. Becsült regressziós együtthatók [29], FE, robust, GDP

dlGDPpC								
	D1		D2		D3		D4	
dlPCpC	1,42	***	0,8354	***	0,8211	***	0,8361	***
Std.Err.	(0,1251)		(0,1275)		(0,1247)		(0,1352)	
dlHCpC			0,3191	***	0,3201	***	0,3075	***
Std.Err.			(0,0468)		(0,0466)		(0,0542)	
dlNCpC					0,0157			
Std.Err.					(0,0081)			
dlNCpCR							0,0554	
Std.Err.							(0,0305)	
dlNCpCN							0,0025	
Std.Err.							(0,0020)	
konstans	-0,0053		-0,0004		-0,0003		-0,0016	
Std.Err.	(0,0023)		(0,0018)		(0,0018)		(0,0020)	
R2	0,2341		0,4774		0,4807		0,4534	

Forrás: saját elemzés

* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

A0ban szereplő együtthatók a különböző tőke fajták változásának hatását mutatják GDP változására a négy regressziós modell (D1-D4) alkalmazása esetén. A D1 modellben csak a termelt tőke (dlPCpC) változása, a D4 modellben az összes tőke fajta változása megjelenik, mint magyarázó változó. Szembetűnő, hogy a termelt tőke hatása mind a négy modell esetében szignifikáns, ill. a D2-D4 modellek esetében szintén meghatározóan a humán tőke hatásának több mint kétszerese. Figyelemre méltó módon a természeti tőke (NCpC), a megújuló és a nem-megújuló természeti tőke egyik modell esetében sincs oksági összefüggésben a GDP változásával. Vagyis, a kutatás (adat módszertani) korlátait figyelembe véve megállapítható, hogy a termelt tőke változása több, mint két-harmad részben, a humán tőke egy harmad részben határozza meg a GDP változását, a természeti tőke elemek változása pedig nincs hatással a jövedelem képződésére. A konstans értéke, ami minden más, az egyenletben nem szerepeltetett változó hatását hordozza, egyik modell esetében sem szignifikáns. A többváltozós modellek (D2-D4) magyarázó ereje (R2) az egyszerű regressziós modellel összehasonlítva mintegy kétszeres.

11. táblázat. Becsült regressziós együtthatók [29], FE, robust, GNI

dlGNIpC										
	D1			D2		D3		D4		
dlPCpC	1,3005	***		0,8805	***		0,861	***	0,9075	***
Std.Err.	(0,1491)			(0,1540)			(0,1461)		(0,1739)	
dlHCpC				0,2606	***		0,264	***	0,2497	***
Std.Err.				(0,05682)			(0,0548)		(0,0669)	
dlNCpC							0,057	**		
Std.Err.							(0,0207)			
dlNCpCR									0,0669	
Std.Err.									(0,0376)	
dlNCpCN									-0,003	
Std.Err.									(0,0026)	
konstans	-0,003			-0,0001			-1E-04		-0,001	
Std.Err.	(0,0027)			(0,0018)			(0,0021)		(0,0026)	
R2	0,1776			0,0022			0,326		0,3172	
F test	12,13			76,11			91,01		39,48	

Forrás: saját elemzés

* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

A Oban szereplő együtthatók a különböző tőke fajták változásának hatását mutatják GNI változására a négy regressziós modell (D1-D4) alkalmazása esetén. Szembetűnő, hogy a D1 modell szerint a természeti tőke változása szignifikáns hatást gyakorol a jövedelemtermelésre, de a megújuló és a nem-megújuló természeti tőke elemek hatása (D4) önmagukban nem szignifikáns. Az egyéb, nem szerepeltetett változók hatásait sűrítő konstans egyik modell esetében sem szignifikáns, a magyarázó erő pedig a D3 és D4 modellek esetében jelentősen erősebb, mint a D1-D2 modellek esetében.

12. táblázat. Becsült regressziós együtthatók [29], FE, robust, ANNI

dlANNIpC										
	D1			D2		D3		D4		
dlPCpC	1,2824	***		0,7939	***		0,782	***	0,841	***
Std.Err.	(0,1423)			(0,1592)			(0,1501)		(0,1717)	
dlHCpC				0,3	***		0,305	***	0,292	***
Std.Err.				(0,0541)			(0,0520)		(0,0645)	
dlNCpC							0,057	**		
Std.Err.							(0,0178)			
dlNCpCR									0,078	*
Std.Err.									(0,0351)	
dlNCpCN									-0,004	
Std.Err.									(0,0032)	
konstans	-0,002			0,0015			0,002		0,002	
Std.Err.	(0,0026)			(0,0022)			(0,0021)		(0,0019)	
R2	0,133			0,2866			0,295		0,305	
F test	81,24			118,3			85,51		55,99	

Forrás: saját elemzés

* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

A0ban szereplő együtthatók a különböző tőke fajták változásának hatását mutatják az ANNI fenntarthatósági jövedelem mutató változására a négy regressziós modell (D1-D4) alkalmazása esetén. A tőkeelemek változásának a GDP és a GNI változására gyakorolt hatásaival összevetve szembetűnő, hogy a D4 modell szerint a megújuló természeti tőke hatása szignifikáns, de a nem-megújuló tőke elemek változásának hatása továbbra sem szignifikáns. A konstans egyik modell esetében sem szignifikáns, a magyarázó erő a D4 esetben a legerősebb.

5.2. (2) Regresszió elemzés

Ez a fejezet a 0 fejezetben ismertetett (2) módszer szerint elvégzett kutatás eredményeit ismerteti. A [25] regressziós modell becslési módszerének kiválasztása szerint (0) a legjobb becslést a regressziós egyenlet *Random Effects, robust* módszerrel történt vizsgálata nyújtotta, ennek megfelelően az F1, F2 és F3 modellek szerinti becslési eredményeket a 00 és a 0 tartalmazza, a GDP, GNI, ill. ANNI logaritmikusan formájú eredményváltozók (1...) alkalmazásával. Az F statisztikák minden modell esetében megerősítették a változók együttes szignifikanciáját.

A táblázatokban a magyarázó változók:

IANSpC – egy főre számított módosított nettó megtakarítás logaritmikusan formában;

ANSpGNI – módosított nettó megtakarítás a bruttó nemzeti jövedelem arányában;

TWpC – egy főre számított ösztőke;

NCpCR – egy főre számított megújuló természeti tőke;

ill.:

Std. Err. – szórásnégyzet,

konstans – a regressziós egyenlet állandó tagja.

13. táblázat. Becsült regressziós együtthatók, [30], RE, robust, GDP

IGDPpC	F1		F2		F3	
IANSpC	0,151 ***		0,1986 ***		0,1459 ***	
Std.Err.	(0,0223)		(0,0274)		(0,0269)	
ANSpGNI			-0,0166 ***		-0,0116 ***	
Std.Err.			(0,0034)		(0,0027)	
TWpC					0,000... ***	
Std.Err.					(0,000...)	
NCpCR					0,000... **	
Std.Err.					(0,000...)	
konstans	9,336		9,1484		8,971	
Std.Err.	(0,1942)		(0,2057)		(0,6267)	
R2	0,6993		0,7591		0,7439	

Forrás: saját elemzés

* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

A0 a megtakarítások, az ösztőke és a megújuló természeti tőke, valamint a GDP-ben mért jövedelem közötti összefüggéseket mutatja. Az intuitív várakozásnak megfelelően az megtakarítás változó (IANSpC) hatása minden modell esetében szignifikáns, de ez a hatás a F3 modell esetében, a megtakarítási ráta és az ösztőke szerepeltetése esetén a legkisebb (0,1459).

A megtakarítási ráta statisztikailag szignifikáns és negatív. Mind az ösztőke, mind a megújuló természeti tőke változó együtthatója statisztikailag szignifikáns, de gazdasági szignifikanciája értelemszerűen kicsi, tekintettel arra, hogy a jövedelem %-os változását jelenti a vagyonelem egy egységnyi változása esetén. Minden modell esetén a konstans szignifikáns és a magyarázó erő magas (0,6993-0,7439).

A 0 a megtakarítások, az ösztőke és a megújuló természeti tőke és a GNI mutatóval mért jövedelem közötti összefüggéseket mutatja.

14. táblázat. Becsült regressziós együtthatók, [30], RE, robust, GNI

IGNIpC						
	F1		F2		F3	
IANSpC	0,1651 ***		0,2124 ***		0,1354 ***	
Std.Err.	0,0253		(0,0308)		(0,0278)	
ANSpGNI			-0,0157		-0,0078 *	
Std.Err.			(0,0051)		(0,0040)	
TWpC					0,000... ***	
Std.Err.					(0,000...)	
NCpCR					0,000... **	
Std.Err.					(0,000...)	
konstans	8,8781		8,6883		8,4676 ***	
Std.Err.	(0,2256)		0,2360		(0,2071)	
R2	0,71		0,7789		0,8445	

Forrás: saját elemzés

* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

Itt is, az intuitív várakozásnak megfelelően a megtakarítás változó (IANSpC) hatása minden modell esetében szignifikáns és a hatás az F3 modell esetében a legkisebb (0,1354). A megtakarítási ráta az F3 modell esetén szignifikáns és negatív. A F3 modell szerint mind az ösztőke, mind a megújuló természeti tőke együtthatója szignifikáns és negatív. Mind az ösztőke, mind a megújuló természeti tőke változó együtthatója statisztikailag szignifikáns, de gazdasági szignifikanciája értelemszerűen kicsi. A konstans csak az F3 modell esetén szignifikáns, a modellek magyarázó ereje magas, rendre növekvő (0,71-0,8445).

A0 a megtakarítások, az ösztőke és a megújuló természeti tőke és az ANNI mutatóval mért jövedelem közötti összefüggéseket mutatja.

Itt is, az intuitív várakozásnak megfelelően a megtakarítás változó (IANSpC) hatása minden modell esetében szignifikáns, de ez a hatás a F3 modell esetében a legkisebb (0,1449). A megtakarítási ráta csak az F2 modell esetében szignifikáns és negatív. A F3 modell szerint mind az ösztőke, mind a megújuló természeti tőke nagyságának hatása szignifikáns. A konstans hatása minden modell esetében szignifikáns. Mind a három modell magyarázó ereje (R2) magas.

15. táblázat. Becsült regressziós együtthatók, [30], RE, robust, ANNI

IANNipC						
	F1		F2		F3	
IANSpC	0,175	***	0,2167	***	0,1449	***
Std.Err.	(0,0253)		(0,0316)		(0,0283)	
ANSpGNI			-0,0136	**	-0,0062	
Std.Err.			(0,0055)		(0,0044)	
TWpC					0,000...	***
Std.Err.					(0,000...)	
NCpCR					0,000...	**
Std.Err.					(0,000...)	
konstans	8,6086	***	8,4331	***	8,1902	***
Std.Err.	(0,2303)		(0,2451)		(0,2121)	
R2	0,8472		0,7858		0,953	

Forrás: saját elemzés

* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

5.3. Hipotézis vizsgálat és diszkusszió

A hipotézisek (H1, H2, ...H8) vizsgálata, vagyis a hipotézisek megerősítésére, ill. elvetésére vonatkozó érvek diszkussziója az (1) és (2) regressziós vizsgálatok (0 és 0 fejezetek) eredményei alapján történik. Mindkét regressziós vizsgálat a GDP, GNI és ANNI jövedelmi mutatók, mint eredmény változók alkalmazásával történt, ami az eredmények összehasonlító elemzésével lehetőséget nyújt annak a megítélésére, hogy a különböző változók alkalmazása mennyiben tér el, ill. ad választ a jövedelem, mint eredményváltozó és a tőkeelemek, mint magyarázó változók közötti ok-okozati összefüggésekre. Van-e különbség ebben a tekintetben a GDP és a fenntarthatósági szemléletű mutatók, a GNI és az ANNI között, vagyis a fenntarthatósági mutatók hordoznak-e GDP-t kiegészítő információt?

Az (1) regressziós vizsgálat D1-D4 regressziós modelljeinek vizsgálati eredményeit, vagyis a regressziós modellek becsült együtthatóit és azok szignifikanciáját a 0 fejezetben ismertetett elemzési eredmények alapján α_0 , α_0 és α_0 foglalja össze. β_i a GDP, GNI, ill. ANNI becsült parciális rugalmasságait, vagyis β_1 , β_2 és β_3 a termelt tőke, humán tőke és nem-megújuló természeti tőke, β_0 a megújuló természeti tőke, β_N a természeti tőkék együttesének (megújuló és nem-megújuló természeti tőke), mint változóknak a becsült együtthatói. Zérus érték esetén az adott modellben szereplő változó együtthatója statisztikailag nem szignifikáns.

16. táblázat. Becsült regressziós együtthatók, [29], GDP

dIGDPpC	D1	D2	D3	D4
β_0	-	-	-	0,000
β_1	1,420	0,834	0,821	0,836
β_2	-	0,320	0,320	0,308
β_3	-	-	-	0,000
β_N	-	-	0,000	-
összesen	1,420	1,154	1,141	1,144

Forrás: saját elemzés

17. táblázat. Becsült regressziós együtthatók, [29], GNI

dIGNIpC	D1	D2	D3	D4
β_0	-	-	-	0,000
β_1	1,301	0,881	0,861	0,908
β_2	-	0,261	0,264	0,250
β_3	-	-	-	0,000
β_N	-	-	0,057	-
összesen	1,301	1,142	1,125	1,158

Forrás: saját elemzés

18. táblázat. Becsült regressziós együtthatók, [29], ANNI

dIANNIpC	D1	D2	D3	D4
β_0	-	-	-	0,078
β_1	1,282	0,794	0,782	0,841
β_2	-	0,300	0,305	0,292
β_3	-	-	-	0,000
β_N	-	-	0,057	-
összesen	1,282	1,094	1,144	1,211

Forrás: saját elemzés

Az együtthatók két lényeges információt hordoznak: egyrészt azt mutatják, hogy az adott változó változása mennyiben járul hozzá a jövedelem változásához, másrészt, hogy a hozzájárulás mekkora az adott tőkefajta összetökében betöltött súlyához képest. Ezek az információk rávilágítanak, hogy az egyes tőke tőketípusokra irányuló beruházások eredménye eltérő a jövőbeli jövedelmek alakulása szempontjából.

A 0, a0 és a0 eredményeiből több fontos trend rajzolódik ki:

- Minden egyes eredmény változó esetén (GDP, GNI és ANNI) a többváltozós regressziós modellek magyarázó ereje lényegesen nagyobb, mint az egyszerű regressziós modell (D1) esetén. A magyarázó erő a GDP és a GNI esetében a D3 modell esetén a legnagyobb, a D4 modell esetében nem nő tovább (kissé visszaesik). Ez arra utal, hogy a GDP és GNI mutatók esetén a természeti tőke változó további részletezése, felbontása megújuló és nem-megújuló tőke változókra nem eredményezi a modell magyarázó erejének növekedését, tehát ezekben a modellekben, a megújuló természeti tőke nem tekinthető releváns változónak.
- A D2, D3 és D4 modellek esetén a termelt tőke és a humán tőke változók hatása nagyon erősen szignifikáns ($p < 0,01$). Ez egybeesik a tudományos diskurzusban általánosan elfogadott szemlélettel, miszerint a termelt és humán tőke növekedése gazdasági növekedést generál.
- A GNI eredményváltozó esetén a D3 modell a természeti tőke változó statisztikailag szignifikáns együtthatóját eredményezi, de a D4 modell, vagyis abban az esetben, ha a természeti tőke változó helyett annak elemei, a megújuló és nem-megújuló természeti tőke jelennek meg, mint magyarázó változók, a becslés nem eredményez statisztikailag szignifikáns együtthatókat sem a megújuló, sem a nem-megújuló természeti tőke változókra.
- Az ANNI eredmény változó esetén a D3 modell a természeti tőke statisztikailag szignifikáns együtthatóját eredményezi ($p < 0,05$), a D4 modell esetén a megújuló természeti

tőke együttthatója statisztikailag enyhén szignifikáns ($p < 0,1$), de a nem-megújuló tőke változó együttthatója nem szignifikáns.

Ezek az eredmények megerősítik a H1 hipotézist, mely szerint a jövedelemtermelés változása pozitív oksági összefüggésben van a megújuló természeti tőke változásával, figyelembe véve, hogy:

- az állítás az ANNI, mint jövedelmi mutató alkalmazásával megerősíthető. Tehát a megújuló természeti tőke változása és a jövedelem változása közötti pozitív oksági összefüggés kimutatható, ami nem mutatható ki a nem-megújuló természeti tőke változása vonatkozásában.
- a GDP, mint eredmény változó alkalmazásával az állítás nem megerősíthető;
- a GNI alkalmazásával az állítás megerősíthető, de az a természeti tőke összességének a hatására korlátozódik, tehát a megújuló természeti tőke és a nem megújuló természeti tőke változásának a hatása külön nem mutatható ki.

A H2 hipotézisre vonatkozóan a következők állapíthatók meg:

A H2 hipotézis azt állítja, hogy a megújuló természeti tőke arányához képest nagyobb mértékben járul hozzá a gazdaság növekedéséhez, mint más, pl. a termelt, vagy a humán tőke vagyon. A 0, α_0 és α_0 adataiból az állapítható meg, hogy a D4 modellek esetében a jövedelem megújuló természeti tőke szerinti parciális rugalmassága (β_0) a termelt tőke szerinti parciális rugalmasságnak (β_1) mintegy 9%-a, a humán tőke szerinti parciális rugalmasságnak (β_2) mintegy 27%-a. Ez az eredmény azért figyelemre méltó, mert az egy főre jutó átlagos megújuló természeti tőke állomány a termelt tőke állomány átlagának csupán 6-7%-a, az átlagos humán tőke állománynak viszont csak mintegy 4%-a. A kutatási, főleg adat módszertani korlátok (0 fejezet) ellenére ez az eredmény erős indikáció annak a tekintetében, hogy:

a megújuló természeti tőke arányához képest jelentősen nagyobb mértékben járul hozzá a gazdaság növekedéséhez (a jövedelem termelése), mint a termelt tőke, vagy a humán tőke, ami megerősíti a H2 hipotézist.

A (2) regressziós elemzés F1, F2 és F3 regressziós modelljeinek vizsgálati eredményeit, vagyis a regressziós modellek becsült együttthatóit és azok szignifikanciáját az 0 fejezetben ismertetett elemzés eredményei alapján $\alpha_0, 0$ és 0 foglalja össze. β_i a GDP, GNI, ill. ANNI eredmény változók esetén a magyarázó változók becsült együttthatói a [30] regressziós modell vizsgálatának eredményként: β_1 , β_2 , β_3 és β_4 a logaritmikus formában szereplő egy főre számított módosított nettó megtakarítás (IANSpC), a módosított megtakarítási ráta (ANSpGNI), az egy főre számított ösztőke (TWpC) és az egy főre számított megújuló természeti tőke (NCpCR) változók együttthatói. Zérus érték esetén az adott modellben szereplő változó együttthatója nagyon alacsony gazdasági érték mellett statisztikailag szignifikáns.

19. táblázat. Becsült regressziós együttthatók, [30], GDP

IGDPpC	F1	F2	F3
β_1	0,151	0,199	0,150
β_2	-	-0,017	-0,012
β_3	-	-	0,000...
β_4	-	-	0,000...

Forrás: saját elemzés

20. táblázat. Becsült regressziós együtthatók, [30], GNI

IGNIpC	F1	F2	F3
β_1	0,165	0,212	0,135
β_2	-	-0,016	-0,008
β_3	-	-	0,000...
β_4	-	-	0,000...

Forrás: saját elemzés

21. táblázat. Becsült regressziós együtthatók, [30], ANNI

IANNIpC	F1	F2	F3
β_1	0,175	0,217	0,145
β_2	-	-0,014	-
β_3	-	-	0,000...
β_4	-	-	0,000...

Forrás: saját elemzés

A B. kutatási kérdéshez kapcsolódó H3 és H4 hipotézisek a vagyon és a demográfiai viszonyok kapcsolatára vonatkoznak, vagyis azt implikálják, hogy a lakosság arányában számított vagyon abszolút nagysága gyakorol hatást a jövedelemtermelésre. Az országok földrajzi, természeti és demográfiai viszonyai igen eltérőek. Emiatt, a regressziós modellekben a vagyonelemek egy főre jutó értéke szerepel, mint magyarázó változó. A makróökonómiai növekedési modellekben az egy *effektív munkaerőre* jutó vagyonelemek szerepelnek, ahol az effektív munkaerő függvénye a termelékenységnek (*Teljes tényezőtermelékenység, Total Factor Productivity, TFP*), a népességnek, a munkaképes korú lakosság arányának és a munkanélküliségnek is. Az effektív munkaerő a termelt tőke állományhoz kapcsolódó növekedési modellekben szerepel. Mivel az (1) és a (2) vizsgálat során a termelt és humán tőkén túl a természeti tőke elemei, tehát az ösztőke szerepel, ezért indokolható a vizsgálatokban az egy fő lakosra számított tőkeelemek magyarázó változóként való alkalmazása. A (2) egyenlet eredményeit bemutató 0, a0 és 0 adatai szerint az egy főre számított ösztőke együtthatója (β_3) minden jövedelmi mutató esetében szignifikáns (F3 modellek), de abszolút értéke, vagyis a gazdasági szignifikancia, nagyon alacsony, ami intuitív módon következik az együttható definíciójából: az ösztőke 1 egységgel (US\$) való növelésének a jövedelem %-os növekedésére gyakorolt hatása. Ennek értelmében:

a jövedelem és az egy főre jutó ösztőke között pozitív oksági összefüggés megerősíthető: magasabb egy főre jutó ösztőke esetén a jövedelem magasabb. A jövedelem képződés függ az ösztőke és a népesség arányától, vagyis a vizsgálat eredménye megerősíti a H3 hipotézist.

Hasonló a vizsgálat eredménye a megújuló környezeti vagyon tekintetében:

a0, a0, a0 adatai szerint az egy főre számított megújuló természeti tőke együtthatója (β_4) minden jövedelmi mutató esetében szignifikáns (F3 modellek), de abszolút értéke, vagyis a gazdasági szignifikancia, nagyon alacsony, ami az ösztőke együtthatójához hasonlóan intuitív módon következik a megújuló természeti tőke együtthatójának definíciójából: a megújuló természeti tőke 1 egységgel (US\$) való növelésének a jövedelem %-os növekedésére gyakorolt hatása. Ebből következően:

a jövedelem és az egy főre jutó megújuló természeti tőke között pozitív oksági összefüggés van: magasabb egy főre jutó természeti tőke esetén a jövedelem magasabb. A jövedelem képződés

függ a megújuló természeti tőke és a népesség arányától, vagyis a vizsgálat eredménye megerősíti a H4 hipotézist:

A H5 és H6 hipotézisek azt állítják, hogy *a jövedelemtermelés pozitív oksági összefüggésben van a környezeti tényezőkkel módosított megtakarítások abszolút nagyságával és rátájával*. A0, a0 és 0 eredményeiből látható, hogy β_1 minden jövedelmi mutató és regressziós modell esetében statisztikailag szignifikáns, és minden jövedelem változó esetén az F3 modell szerint a legkisebb. Az F3 modell becsült eredménye szerint a természeti tényezőkkel módosított megtakarítás 1%-os növelése esetén a jövedelem 0,135-0,15%-kal nő.

Tehát:

a (2) vizsgálat eredménye megerősíti a H5 hipotézist.

A (2) vizsgálat modelljében a megtakarítási ráta együtthatója a GDP és a GNI jövedelmi mutatók esetén, az F3 modell szerint statisztikailag szignifikáns és negatív, az ANNI mutató esetén az F2 modell szerint statisztikailag szignifikáns és negatív, a -0,008 - -0,017 értéktartományban. Ebből következően:

a (2) vizsgálat eredménye nem erősíti meg a H6 hipotézist.

Ezen eredmények alapján a megtakarítás abszolút értéke és rátája tekintetében a következő megfigyelés tehető:

azonos nagyságú megtakarítás a magasabb jövedelmű országokban magasabb jövedelmet generál, mint az alacsonyabb jövedelmű országokban. Ilyen esetekben azonos megtakarítás mellett a megtakarítási ráta az alacsonyabb jövedelmű országokban magasabb, mint a magasabb jövedelmű országokban.

A H7 hipotézis vonatkozásában megállapítható, hogy *a regressziós vizsgálat eredményei a jövedelmi mutatók vonatkozásában rávilágítanak a fenntarthatóság gyenge és erős kritériuma közötti különbségre*. Ez abban nyilvánul meg, hogy az (1) vizsgálatban a GNI eredmény változó esetén a D3 modellben a természeti tőke összessége statisztikailag szignifikáns, de a D4 modellben a szignifikancia nem mutatható ki, se a megújuló, se a nem-megújuló természeti tőke vagyon, mint magyarázó változó esetében. Ez a [22] Cobb-Douglas függvény megfelelője, mely szerint (egyensúlyi állapotban) a termelt, humán és természeti tőke elemek kitevőinek összege egy, azaz $\alpha + \beta + (1 - \alpha - \beta) = 1^{13}$. Ez, a gyenge fenntarthatóság definíciójának megfelelően, kifejezi a természeti tőke növekedésének helyettesíthetőségét vagy termelt, vagy humán tőkével, ill. azok növekedésével. Ezzel szemben, az ANNI mutató alkalmazásával a D4 modell esetén a megújuló természeti tőke együtthatója statisztikai szignifikáns ($\gamma \neq 0$), tehát alkalmazható a [25] Cobb-Douglas függvény, mely szerint $\alpha + \beta + (1 - \alpha - \beta) + \gamma = 1$, ahol γ a megújuló természeti tőke komponens kitevője. Ez az egyenlet más tőketípusokkal csupán a nem-megújuló természeti tőke helyettesíthetőségét fejezi ki, vagyis a fenntarthatóság vizsgálata során a megújuló természeti tőke csökkenése nem helyettesíthető más tőkefajta növekedésével. Mindebből az következik, hogy:

a GNI mutató a fenntarthatóság gyenge kritériumának megfelelően, az ANNI pedig a fenntarthatóság erős kritériumának megfelelően alkalmazható jövedelmi változó. Ez megerősíti a H7 hipotézis állítását.

¹³ α a termelt tőke, β a humán tőke, $(1 - \alpha - \beta)$ a természeti tőke összességének, tehát a megújuló és nem megújuló természeti tőke összegének a kitevője.

A H8 hipotézist vonatkozásában a következők állapíthatók meg:

Az (1) vizsgálat szerint a megújuló természeti tőke változásának a hatása a gazdaság növekedésére az ANNI jövedelmi mutató alkalmazásával mutatható ki, amely hatás a GDP és a GNI változók alkalmazása esetén nem mutatható ki. *Ebből következően:*

az ANNI mutató a fenntarthatóság tekintetében GDP-t kiegészítő információt hordoz, ami megerősíti a H8 hipotézist.

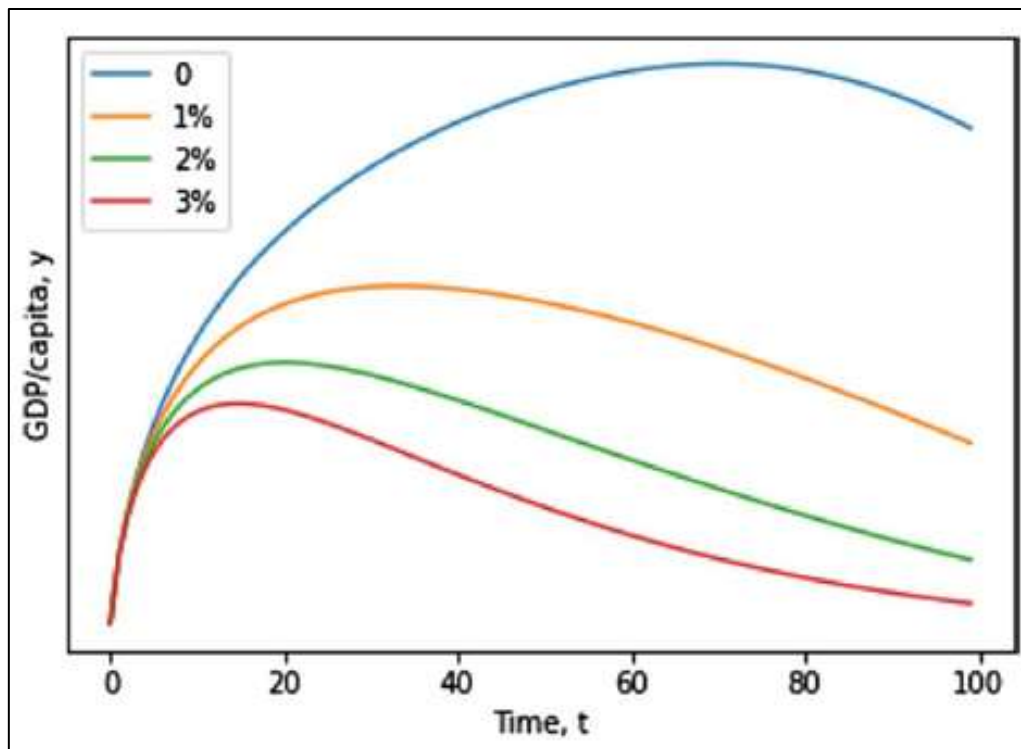
A H8 hipotézis vonatkozásában a (2) vizsgálat eredményeiből következően a következők állapíthatók meg: α_0 , α_0 és α_0 adatait tekintve a környezeti tényezőkkel módosított megtakarítás együtthatója (β_1) mind a három jövedelmi mutató és mind a három modell esetén statisztikailag szignifikáns és ugyanabba az értéktartományba esik (0,135-0,217), az F3 modell esetén pedig az értéktartomány viszonylag szűk (0,135-0,150). A (2) vizsgálat eredményei tekintetében, a többi magyarázó változó vonatkozásában is hasonló az eredmény: az ösztönke és a megújuló természeti tőke együtthatói (β_3 , β_4 , F3 modell) minden jövedelmi mutató esetében statisztikailag szignifikánsak, eltérően a megtakarítási ráta együtthatójától (β_2), ami a GDP és a GNI esetén statisztikailag szignifikáns (F3 modell), az ANNI mutató esetén nem szignifikáns. Ebből következően:

a (2) vizsgálat eredménye nem erősíti meg a H8 hipotézist.

A hipotézisek vizsgálatán túlmenően az (1) és (2) vizsgálatok eredményeiből további megállapítások szűrhetők le.

α_0 , α_0 és α_0 utolsó sorai az együtthatók összegét mutatják ($\beta_0+\beta_1+\beta_2+\beta_3+\beta_N$, értelemszerűen¹⁴). Minden egyes összeg (az egyes jövedelmi változók és egyes modellek esetén) az egységnél nagyobb ($\beta_0+\beta_1+\beta_2+\beta_3+\beta_N>1$), ami azt jelenti, hogy az OECD országok gazdaságai (összességükben) az elméleti állandósult növekedési állapot (steady-state) felé haladnak. Ez az állítás abban az alapfeltevésben értelmezendő, hogy a gazdaságok növekedése az egyensúlyi állapot felé tart, majd az egyensúlyi állapotot elérve a növekedés állandósul (Abel and Bernanke, 1995; Piketty, 2018). Ezzel szemben Groom és Turk (2021) a Dasgupta Jelentésre reflektálva azt állítja, hogy a bioszféra végessége, vagyis a környezeti erőforrások korlátossága okán a gazdaság növekedése értelemszerűen véges és a jelenlegi trendek ismeretében a gazdasági növekedés lassulása néhány évtizeden belül érezhetővé válik. A 70 a gazdasági növekedés várható trendjeit mutatja koncepcionálisan, függően az egyes gazdaságok sajátosságaitól. A bioszféra ágyazott gazdaságok növekedési trendjei jelentősen eltérhetnek a népesség növekedésétől és a technológia-váltás gyorsaságától függően, amelyeket a különböző színű görbék mutatnak. A függőleges tengely a gazdaság egy főre számított GDP-ben mért jövedelme; a vízszintes tengely a jelentől számított évek száma. Az ábra üzenetének fényében, vagyis, hogy a gazdaság növekedése a zárt bioszféra rendszerében a definícióból adódóan véges, felmerül a kérdés, hogy a jövedelemnek az elvégzett regressziós elemzés eredményeképpen nyert parciális rugalmasságai a gazdaság milyen növekedési tartományára érvényesek. Erre az értekezésben ismertetett kutatás alapján folytatott további kutatások adhatnak választ.

¹⁴ A kitevők összege a D2 modellek esetén $\beta_1+\beta_2$, a D3 modellek esetén $\beta_1+\beta_2+\beta_N$, a D4 modellek esetén $\beta_1+\beta_2+\beta_0+\beta_3$.



7. ábra. A gazdasági növekedés lassulása

Forrás: Groom and Turk, 2021.

5.4. A kutatás korlátai

A kutatás korlátai egyrészt a rendelkezésre álló adatok, másrészt módszertani kérdések köré csoportosíthatók. Ezek a kérdéskörök mind elvi, mind módszertani szempontból közvetlenül érintik a kutatásaimat, ill. azokat a kutatási korlátokat jelentik, amelyek fontos részét képezik a kutatás eredményeihez kapcsolódó diszkusszióknak.

Adat-módszertani korlátok

A regressziós panel vizsgálat során a vizsgált minta 36 OECD tagország 1995-2018 közötti idősorait foglalta magába. Felmerülhet a kérdés, hogy az így nyert összefüggések mennyiben tekinthetők érvényesnek a világ összes országára, ami az ökonometriai értelmezés szerint a populációt jelenti, ill. az egyes országok tekintetében. Közismert, hogy pl. a GDP szolgálhat ugyan mutatóként a különböző országok gazdasági növekedésének összehasonlítására, de az országok gazdasági és társadalmi viszonyainak különbsége miatt a GDP idősorok az egyes országok teljesítményének időbeli változásának elemzésére szolgálnak jól. A vagyoni adatok esetében az egyes országok összehasonlító elemzése, különösen az értékelési bizonytalanságok miatt jóval problematikusabb lehet, ezért a 36 OECD ország adatainak vizsgálata alapján nyert eredmények az egyes országok vonatkozásában csak erős korlátozással tekinthetők relevánsnak. Mégis, a kutatás eredményei referenciaként szolgálhatnak további kutatások tervezéséhez.

Az adatok vonatkozásában az egyik fő probléma, hogy az adatbázisokban elérhető adatok olyan statisztikai megfigyeléseken alapulnak, amelyek lényegében az elméleti definíció szerinti változók becslésének tekinthetők. tipikusan ilyen probléma a tőkeeszközök *árnyékár* szerinti értékének becslése a rendelkezésre álló gyakorlati értékelési eszközökkel, mint pl. a piaci árak,

vagy ezek hiányában, pl. a humán és a természeti tőke vonatkozásában valamilyen mérési elv szerinti érték meghatározása.

A felhasznált adatok vonatkozásában egy másik lényeges probléma, hogy a regressziós egyenlet modelljeként szolgáló közgazdasági összefüggésben alkalmazott változók becslése nem azonos elvet követ, tehát az adatok nem harmonizáltak. Például, a természeti tőke változása és a „GDP-n túli” Módosított Nettó Nemzeti Jövedelem (ANNI) közötti ok-okozati összefüggés vizsgálata esetén a két változó becslött értékeiben szereplő környezeti elemek nem egyeznek. Így az egyenlet két oldalán nem harmonizált adatok szerepelnek, ami a regressziós együtthatókat torzító mintavételi problémát jelent.

Regresszió elemzési módszertani problémák

Az adatok statisztikai leírásán túl az ökonometriai, regressziós kutatásokat számos módszertani kihívás jellemzi. Ezek a problémák egyrészt az általános növekedési modell (0 fejezet) termelési és dinamikus eszköz-áram függvényeinek gyakorlati, empirikusan vizsgálható, függvény-formában történő megjelenítésére vonatkoznak, vagyis ezeket az összefüggéseket többféle függvénnyel lehet leírni (pl. a Solow és a Dasgupta modell függvényei). Tehát a vizsgálat és a vizsgálat eredményei adott modell-re vonatkoznak és nyilvánvalóan nem általános érvényűek. A regresszió-elemzés további problémái az egyes tényezőket érintő endogenitás, a változók közötti kapcsolat (multikollinearitás), kölcsönhatás, a független változók és az eredmény változó közötti fordított oksági összefüggés stb.

Az idő tényező problémái

A természeti tőke, különösen a megújuló természeti tőke értékében, vagyis annak kiterjedésében és minőségében bekövetkező változások a gazdasági növekedésre időben elhúzódóan hatnak. Egy ökoszisztéma degradációjának hatása vélhetően csak évek múlva jelentkezik a gazdaság teljesítményét illetően, de ez a hatás hosszútávon fennállhat. az értekezésben bemutatott empirikus vizsgálat hosszú idősoros panel adatokkal történt, de a természeti tőke változásának ilyen késleltetett hatásait nem vette figyelembe. A kutatás eredményeit úgy is lehetne értelmezni, hogy azok a rövidtávú hatásokra érvényesek. A hosszútávú hatások vizsgálata célszerűen egyes országok idősoros adatainak felhasználásával történhetne egy lehetséges további kutatás tárgyaként.

Források

- Abel, A.B., Bernanke, B.S., 1995. Macroeconomics, Second edition. ed. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, US.
- Acemoglu, D., 2009. Introduction to Modern Economic Growth. Princeton and New York:
- Arrow, K.J., 1973. Rawls's Principle of Just Saving. Swed. J. Econ. 75, 323–335. <https://doi.org/10.2307/3439143>
- Arrow, K.J., Dasgupta, P., Goulder, L.H., Mumford, K.J., Oleson, K., 2010. Sustainability and the Measurement of Wealth (Working Paper No. 16599), Working Paper Series. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w16599>
- Barro, R., Sala-i-Martin, X., 2004. Economic growth second edition.
- Barro, R.J., Sala-i-Martin, X., 1990. Economic growth and convergence across the United States.
- Bretschger, L., Valente, S., 2023. Effective policy design for a sustainable economy. Eur. Econ. Rev. 155, 104462. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2023.104462>
- Brock, W.A., Taylor, M.S., 2005. Economic growth and the environment: a review of theory and empirics. Handb. Econ. Growth 1, 1749–1821.

- Brundtland, G.H., 1987. Our common future: Report of the World Commission on Environment and Development.
- Cárdenas Rodríguez, M., Haščič, I., Souchier, M., 2018. Environmentally Adjusted Multifactor Productivity: Methodology and Empirical Results for OECD and G20 Countries. *Ecol. Econ.* 153, 147–160. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.06.015>
- Costanza, R., Hart, M., Talberth, J., Posner, S., 2009. Beyond GDP: The need for new measures of progress. Pardee Pap.
- Cust, J., Ballesteros, A.R., 2021. Wealth Accounting, Diversification, and Macroeconomic Management, in: *The Changing Wealth of Nations 2021*. World Bank, Washington DC., pp. 271–310.
- Dasgupta, P., 2021. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. HM Treasury, London, UK.
- Dasgupta, P., Mäler, K.-G., 2000. Net national product, wealth, and social well-being. *Environ. Dev. Econ.* 69–93.
- Durlauf, S.N., Johnson, P.A., Temple, J.R.W., 2005. Chapter 8 Growth Econometrics, in: Aghion, P., Durlauf, S.N. (Eds.), *Handbook of Economic Growth*. Elsevier, pp. 555–677. [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01008-7](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01008-7)
- England, R.W., 2000. Natural capital and the theory of economic growth. *Ecol. Econ.* 34, 425–431.
- Fitoussi, J.-P., Durand, M., others, 2018. Beyond GDP measuring what counts for economic and social performance: measuring what counts for economic and social performance. OECD Publishing.
- Groom, B., Turk, Z., 2021. Reflections on the Dasgupta Review on the Economics of Biodiversity. *Environ. Resour. Econ.* 79, 1–23. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00560-2>
- Hamilton, K., 1999. Sustaining Economic Welfare: Estimating Changes in Per Capita Wealth, Policy Research Working Papers. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-2498>
- Hamilton, K., Hepburn, C., 2014. Wealth. *Oxf. Rev. Econ. Policy* 30, 1–20. <https://doi.org/10.1093/oxrep/gru010>
- Hartwick, J., Hamilton, K., 2014. Wealth and sustainability. *Oxf. Rev. Econ. Policy* 30, 170–187. <https://doi.org/10.1093/oxrep/gru006>
- Hartwick, J.M., 1977. Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. *Am. Econ. Rev.* 67, 972–974.
- Hess, P., 2010. Determinants of the adjusted net saving rate in developing economies. *Int. Rev. Appl. Econ.* 24, 591–608. <https://doi.org/10.1080/02692170903426070>
- Hess, P.N., 2016. Economic growth and sustainable development. Routledge.
- Jumbri, I.A., Managi, S., 2020. Inclusive wealth with total factor productivity: global sustainability measurement. *Glob. Sustain.* 3, 1–16. <https://doi.org/10.1017/sus.2020.1>
- Kovács, A.F., 2023. Beyond GDP: The Wealth Perspective of Sustainability. *Köz-Gazd.-Rev. Econ. Theory Policy* 18.
- Kovács, A.F., 2022. Könyvismertetés: A Dasgupta-jelentés: fenntarthatóság, biodiverzitás és vagyoni szemléletű gazdasági fejlődés; Partha Dasgupta: The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. HM Treasury, London, 2021. *Közgazdasági Szle.* LXIX.
- Krevel, C. van, 2021. Does natural capital depletion hamper sustainable development? Panel data evidence. *Resour. Policy* 72, 102087. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102087>
- Marjainé Szerényi, Z., Kovács, E., 2018. Merre tart a környezetértékelés? A teljes gazdasági értéktől az ökoszisztéma szolgáltatásokig, in: *Környezet – Gazdaság – Társadalom: Tanulmányok Kerekes Sándor 70. születésnapja tiszteletére*. Kaposvári Egyetem Gazdaságtudományi Kar, Kaposvár, pp. 135–150.
- Meyer, L., 2021. Intergenerational Justice, in: Zalta, E.N. (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Metaphysics Research Lab, Stanford University.
- Niu, M., Zhang, S., Zhang, N., Wen, Z., Xu, M., Yang, Y., 2022. Progress in the Research of Environmental Macroeconomics. *Sustainability* 14. <https://doi.org/10.3390/su14031190>
- Nordhaus, W.D., Tobin, J., 1973. Is growth obsolete? in: *The Measurement of Economic and Social Performance*. Nber, pp. 509–564.
- Pearce, D., 1993. Measuring sustainable development, 1st ed, *The Sequel to Blueprint for a Green Economy*. Earthscan Publications Limited, London.
- Piketty, T., 2018. *Capital in the twenty-first century*. Harvard University Press.

- Smulders, S., Van Soest, D., 2023. Natural Capital Substitution: Implications for growth, shadow prices, and natural capital accounting.
- Stiglitz, J.E., Sen, A., Fitoussi, J.-P., 2010. A Bizottság jelentése a gazdasági teljesítmény és a társadalmi fejlődés méréséről: Vezetői Összefoglaló. Statisztikai Szle. 88, 305–320.
- Tőkés, L., 2022. HATVANHAT ÉVES A SOLOW-SWAN MODELL. Köz-Gazd.-Rev. Econ. Theory Policy 17, 149–180.
- World Bank, 2021. The Changing Wealth of Nations 2021: Managing Assets for the Future. World Bank, Washington DC. <https://doi.org/0.1596/978-1-4648-1590-4>
- World Bank, n.d. World Bank Open Data [WWW Document]. World Bank Databank. URL <https://data.worldbank.org/>

1. Melléklet
A kutatáshoz felhasznált változók definíciója

Változó	Definíció / Világbanki adatbázis	Mértékegység
GDP Bruttó Nemzeti Termék Gross Domestic Product	Hazai termelők hozzáadott értékeinek vásárlói áron számított összege Adatbázis: World Development Indicators	Konstans 2015 US\$
GNI Bruttó Nemzeti Jövedelem Gross National Income	Hazai termelők hozzáadott értékeinek vásárlói áron számított összege, plusz nettó külföldi jövedelmek Adatbázis: World Development Indicators	Konstans 2015 US\$
ANNI Módosított Nettó Nemzeti Jövedelem Adjusted Net National Income	GNI mínusz gépek, berendezések, ingatlan, infrastruktúra amortizáció, mínusz természeti erőforrás készletek csökkenése (ásványok, energiahordozók). Adatbázis: Adjusted Net Savings	konstans 2015 US\$
TW Össztőke Total Wealth	Termelt, Humán, Megújuló és Nem megújuló Természeti tőke plusz nettó külföldi eszközök összege, piaci áron értékelve Adatbázis: Wealth Accounts	Konstans 2018 US\$ (GDP deflátor)
NCR Megújuló Természeti Tőke Renewable Natural Capital	Mezőgazdasági területek (gabonaföldek, legelők), erdők (faállomány, plusz ökoszisztéma szolgáltatások: vizek, rekreáció, nem élelmiszer erdei termékek), védett területek, mangróvák, halállomány) Adatbázis: Wealth Accounts	Konstans 2018 US\$ (GDP deflátor)
NCN Nem-megújuló természeti tőke Non-renewable natural capital	Fosszilis energia (olaj, gáz, szén, lignit) és ásványok (bauxit, réz, arany, vasérc, ólom, nikkel, foszfát, ezüst, ón, cink) Piaci áron értékelve Adatbázis: Wealth Accounts	Konstans 2018 US\$ (GDP deflátor)
PC Termelt tőke Produced capital	Gépek, berendezések, épületek, városi lakó és nem- lakó területek, piaci áron értékelve Adatbázis: Wealth Accounts	Konstans 2018 US\$ (GDP deflátor)
HC Humán tőke Human capital	A munkaerő állomány jövőbeli, munkaképes korban várható jövedelmeinek jelenértéke, piaci áron értékelve	Konstans 2018 US\$ (GDP deflátor)

	Adatbázis: Wealth Accounts	
ANS Módosított Nettó Megtakarítás Adjusted Net Savings	Nettó Nemzeti Megtakarítás plusz oktatási költségek, mínusz energiahordozó és ásványi készletek csökkenése, faállomány nettó csökkenése és CO2 és légszennyeződés okozta károk Adatbázis: Adjusted Net Savings	folyó US\$
ANSpGNI Módosított Nettó Megtakarítás Adjusted Net Savings	Nettó Nemzeti Megtakarítás plusz oktatási költségek, mínusz energiahordozó és ásványi készletek csökkenése, faállomány nettó csökkenése és CO2 és légszennyeződés okozta károk Adatbázis: Adjusted Net Savings	%, GNI arányában

2. Melléklet Változók statisztikái

Az M1. Táblázat az (1) [24] és a (2) [25] regressziós modellek log-difference és logaritmikus formájú eredmény változóinak adat-statisztikáit mutatja.

M1. Táblázat Jövedelmi mutató változók statisztikája, log diff. és log forma

	Meg- figyelés	Középérték	Szórás	Min.	Max.
dIGDPpC	756	0,0317	0,0317	- 0,1562	0,2151
dIGNIpC	758	0,0346	0,0346	- 0,2512	0,1783
dIANNIpC	750	0,0395	0,0395	- 0,3140	0,1512
IGDPpC	792	10,45	0,49	9,10	11,70
IGNIpC	794	10,11	0,75	8,26	11,37
IANNIpC	786	9,89	0,76	80,10	11,24

Forrás: saját szerkesztés WBOD alapján

ahol a változók log-difference (dl...), ill. logaritmikus (l...) formában:

GDPpC – GDP, konstans 2015 US\$/fő,

GNIpC – Bruttó Nemzeti Jövedelem; konstans 2015 US\$/fő,

ANNIpC – Módosított Nettó Nemzeti Jövedelem, konstans 2015 US\$/fő;

Az M1. Táblázat M2. Táblázat M2. Táblázat az (1) [24] és a (2) [25] regressziós modellek log-difference és logaritmikus formájú magyarázó változóinak adat-statisztikáit mutatja.

M2. Táblázat Magyarázó változók statisztikája, log diff. és log forma

	Meg- figyelés	Középérték	Szórás	Min.	Max.
dIPCpC	827	0,0185	0,1449	- 0,0165	0,0948
dIHCPcC	827	0,0187	0,0489	- 0,2775	0,2621
dINCpCR	827	0,0015	0,1030	- 0,1177	1,8474
dINCpCN	736	0,0060	0,3471	- 2,9575	2,5150
IANSpC	757	7,5634	1,3044	1,7202	10,4022

Forrás: saját elemzés WBOD alapján

ahol a változók log-difference (dl...), ill. logaritmikus (l...) formában:

dIPCpC – Termelt tőke, konstans 2018 US\$;

dIHCPcC – Humán tőke, konstans 2018 US\$;

dINCpCR – Megújuló természeti tőke, konstans 2018 US\$;

dINCpCN – Nem-megújuló természeti tőke, konstans 2018 US\$;

IANSpC – módosított nettó megtakarítás, konstans 2015US\$/fő