



Közzététel: 2026. február 20.

A tanulmány címe:

Energiapiaci időszakváltás: a hagyományos és az alternatív/megújuló ETF-ek diverzifikációs potenciáljának átalakulása válság idején

Szerző:

MÁTYÁS TÍMEA BERNADETT

közgazdász, az Energiaügyi Minisztérium főtanácsosa

E-mail: matyas.timea.bernadett@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.20311/stat2026.02.hu0157>

Az alábbi feltételek érvényesek minden, a Központi Statisztikai Hivatal (a továbbiakban: KSH) Statisztikai Szemle c. folyóiratában (a továbbiakban: Folyóirat) megjelenő tanulmányra. Felhasználó a tanulmány vagy annak részei felhasználásával egyidejűleg tudomásul veszi a jelen dokumentumban foglalt felhasználási feltételeket, és azokat magára nézve kötelezőnek fogadja el. Tudomásul veszi, hogy a jelen feltételek megszegéséből eredő valamennyi kárért felelősséggel tartozik.

1. A jogszabályi tartalom kivételével a tanulmányok a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény (Szt.) szerint szerzői műnek minősülnek. A szerzői jog jogosultja a KSH.
2. A KSH földrajzi és időbeli korlátozás nélküli, nem kizárólagos, nem átadható, térítésmentes felhasználási jogot biztosít a Felhasználó részére a tanulmány vonatkozásában.
3. A felhasználási jog keretében a Felhasználó jogosult a tanulmány:
 - a) oktatási és kutatási célú felhasználására (nyilvánosságra hozatalára és továbbítására a 4. pontban foglalt kivétellel) a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - b) tartalmáról összefoglaló készítésére az írott és az elektronikus médiában a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - c) részletének idézésére – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző(k) megnevezésével.
4. A Felhasználó nem jogosult a tanulmány továbbértékesítésére, haszonszerzési célú felhasználására. Ez a korlátozás nem érinti a tanulmány felhasználásával előállított, de az Szt. szerint önálló szerzői műnek minősülő mű ilyen célú felhasználását.
5. A tanulmány átdolgozása, újra publikálása tilos.
6. A 3. a)–c) pontban foglaltak alapján a Folyóiratot és a szerző(ke)t az alábbiak szerint kell feltüntetni:

„*Forrás: Statisztikai Szemle c. folyóirat 104. évfolyam 2. számában megjelent, Mátyás Tímea Bernadett által írt, **Energiapiaci időszakváltás: a hagyományos és az alternatív/megújuló ETF-ek diverzifikációs potenciáljának átalakulása válság idején** című tanulmány (link csatolása)*”
7. A Folyóiratban megjelenő tanulmányok kutatói véleményeket tükröznek, amelyek nem feltétlenül esnek egybe a KSH vagy a szerzők által képviselt intézmények hivatalos álláspontjával.

Mátyás Tímea Bernadett

Energiapiaci időszakváltás: a hagyományos és az alternatív/megújuló ETF-ek diverzifikációs potenciáljának átalakulása válság idején

Energy market regime change: the transformation of diversification potential in traditional and alternative/renewable ETFs during a crisis

Mátyás Tímea Bernadett, közgazdász, az Energiaügyi Minisztérium főtanácsosa
E-mail: matyas.timea.bernadett@gmail.com

A tanulmány a hagyományos és az alternatív/megújuló energia ETF-ek (Exchange Traded Funds, tőzsdén kereskedett alapok) portfóliódiverzifikációs potenciáljának átalakulását vizsgálja két, fundamentálisan eltérő piaci korszak – egy béke- (2010–2020) és egy válságidőszak (2021–2025) – összehasonlító elemzésén keresztül. A kutatás kopulaanalízis és aszimmetrikus dinamikus feltételes korrelációs (ADCC–GARCH-) modellek segítségével tárja fel a szektorok közötti komplex függőségi viszonyokat. Az eredmények egyértelműen bizonyítják a két szektor közötti erőviszonyok 180 fokos fordulatát: míg az első periódusban a megújulószektor, addig a másodikban a hagyományosenergia-szektor nyújtott kimagasló kockázatkorrigált hozamot. A válságidőszak idején a megújulószektor belső szerkezete felbomlott, a napenergia fókuszú ETF korrelációja a piac többi szegmensével gyakorlatilag 0-ra csökkent, ami új, szektoron belüli diverzifikációs lehetőségeket teremtett. A kutatás ugyanakkor igazolja, hogy a két szektor közötti szélsőérték-függőség és az aszimmetrikus korrelációk a piaci stresszhelyzetekben a diverzifikáció időszakfüggetlen, strukturális korlátait jelentik.

Kulcsszavak: portfóliódiverzifikáció, energiapiacok, ETF, időszakváltás, ADCC–GARCH

This study examines the transformation of portfolio diversification potential between traditional and alternative/renewable energy ETFs (exchange-traded funds) through a comparative analysis of two fundamentally different market regimes: a „peace period” (2010–2020) and a „crisis regime” (2021–2025). The research employs copula analysis and Asymmetric Dynamic Conditional Correlation (ADCC-GARCH) models to uncover the complex dependency structures between the sectors. The results unequivocally demonstrate a 180-degree reversal in the power balance between the two sectors: while the renewable sector provided superior risk-adjusted returns in the first period, the traditional energy sector excelled in the second. The crisis regime led to the disintegration of the renewable sector's internal structure, as the solar-focused ETF exhibited near-zero correlation with other market segments, creating new intra-sector diversification opportunities. However, the research also confirms that tail-dependence and asymmetric correlations between the two sectors represent regime-independent, structural limitations to diversification during market stress.

Keywords: portfolio diversification, energy markets, ETF, regime change, ADCC-GARCH

A globális tőkepiacok dinamikáját az elmúlt évtizedben egyre markánsabban formálják azok az energiatrendek és klímapolitikai intézkedések, amelyek a fenntartható gazdasági fejlődés paradigmáját helyezik előtérbe. Az éghajlatváltozás hatásai elleni küzdelem, az energiabiztonság iránti növekvő igény, valamint a fosszilis energiahordozók árvolatilitása együttesen ösztönzik a kormányzatokat és a piaci szereplőket, hogy figyelmüket a megújulóenergia-források fejlesztése felé fordítsák. Az átalakulás, azaz az energiaátmenet nem csupán technológiai és környezetvédelmi kihívás, hanem a pénzügyi piacok számára is egy új, kettős természetű befektetési univerzumot teremtett. Ennek egyik pólusát a hagyományosenergia-szektor alkotja, amely továbbra is a globális energiaellátás gerincét képezi. A kőolaj és a földgáz piaci – bár szabályozói és dekarbonizációs nyomás alatt állnak – mélyen beágyazódtak a gazdasági struktúrákba, és olyan kiegyenlítő funkciókat látnak el, amelyek az energiaellátás stabilitásához és az ipari termeléshez (pl. vegyipar) elengedhetetlenek. A szektor befektetési logikáját az érett piacok, a magas likviditás, de egyúttal a jelentős geopolitikai kockázatok és a ciklikus árfolyammozgások jellemzik. A másik pólust az alternatív és megújuló energia szektora testesíti meg, amely a fenntartható fejlődés és az innováció motorja. A nap-, szél- és az egyéb tisztaenergia-forrásokra épülő technológiák piaci dinamikusan fejlődnek, amit a csökkenő beruházási költségek és a célzott kormányzati támogatások – mint az Európai Unió zöld megállapodása vagy az amerikai inflációcsökkentési törvény – tovább gyorsítanak. Ennek a szektornak a befektetési logikáját a magas növekedési potenciál, de egyúttal a nagyobb technológiai és szabályozói bizonytalanság, valamint a gyakran kevésbé érett piaci struktúrák határozzák meg.

A változó energiapiaci dinamikában e két szegmens eltérő kockázati profiljainak, hozamstruktúráinak és piaci volatilitásának mélyreható elemzése elengedhetetlen a megalapozott befektetési döntéshozatalhoz, mivel ezek a különbségek alapvető hatást gyakorolnak a portfóliódiverzifikációs stratégiák hatékonyságára és a portfóliók hosszú távú teljesítményének optimalizálására.

A szélsőérték-függőség a pénzügyi eszközök közötti olyan kapcsolatot jelent, amely a szélsőséges hozamok tartományában („tail”) válik erőssé. Másként fogalmazva: békeidőben az eszközök árfolyamai kevésbé függenek össze, de krízishelyzetben – amikor nagy esések következnek be – hirtelen egyszerre mozdulnak el. Ez a jelenség a diverzifikáció egyik legfontosabb korlátja.

Az energiapiacokkal foglalkozó szakirodalom jelentős része a két szektor közötti kapcsolatrendszer egyetlen, folytonos időszakra vonatkozóan elemzi. Ezek

a megközelítések azonban figyelmen kívül hagyhatják a piaci időszakok változásainak fundamentális, struktúraformáló hatását. Jelen cikk újszerűsége abban rejlik, hogy a diverzifikációs potenciál átalakulását egy komparatív elemzés keretében vizsgálja, két, egymástól jellegében és gazdasági környezetében élesen elváló periódust állítva a középpontba.

Az első vizsgált periódus egy békeidőszak (2010–2020), amelyet a 2008-as pénzügyi válságot követő gazdasági növekedés, az alacsony kamatkörnyezet és a zöld átmenet iránti általános optimizmus fémjelzett. A második periódus egy válságidőszak (2021–2025), amelyet a pandémiát követő gazdasági újranyitásból fakadó ellátásilánc-problémák, a globális energiaválság, a megugró infláció és a restriktív monetáris politikák határoztak meg.

A cikk elsődleges célkitűzése annak bemutatása, hogy a piaciidőszak-váltás hatására miként alakult át a két energiaszektor

1. relatív teljesítménye és kockázati profilja;
2. belső függőségi szerkezete és a szektoron belüli diverzifikációs lehetőségei;
3. egymás közötti dinamikus és aszimmetrikus korrelációs kapcsolata, amely a szektorok közötti diverzifikáció hatékonyságát alapjaiban határozza meg.

Ezzel a megközelítéssel a tanulmány arra a központi kérdésre keresi a választ, hogy a korábbi, stabilabb környezetben azonosított befektetési mintázatok és diverzifikációs előnyök mennyire bizonyultak időtállóknak egy extrém külső sokkokkal terhelt periódusban. A cikk történeti, az amerikai piacra korlátozott elemzés, a diverzifikáció múltbeli mintázatait vizsgálja, ezért nem tekinthető előrejelzésnek vagy önmagában befektetési döntések alapjának.

A tanulmány logikai felépítése a komparatív elemzés célját követi. A bevezetést követően az első fejezet részletesen bemutatja a szakirodalmat, a második fejezet pedig részletezi a kutatás alapjául szolgáló adatbázist és az alkalmazott, több pilléren nyugvó ökonometriaai módszertant, beleértve a kopulaanalízist, az ADCC–GARCH-modelleket és a portfólióoptimalizálási eljárásokat. A harmadik, empirikus fejezet a tanulmány magja: szisztematikusan összehasonlítja a két piaci időszak eredményeit a hozamok és a kockázati profilok, a belső és a külső függőségi szerkezetek, valamint az aktív portfólióstratégiák teljesítménye mentén. Végül a negyedik fejezet a főbb eredmények szintézisét, a befektetők és a szakpolitikai döntéshozók számára levonható következtetéseket, valamint a kutatás korlátait és a jövőbeli kutatási irányokat tárgyalja.

1. Szakirodalmi áttekintés

A globális energiaátmenet nem csupán technológiai és gazdaságpolitikai, hanem a pénzügyi piacokat is alapjaiban formáló folyamat. A fenntarthatóság és a társadalmi felelősségvállalás (ESG) előtérbe kerülésével a befektetők egyre inkább keresik azokat a lehetőségeket, amelyek összhangban állnak a decarbonizációs célokkal, miközben vonzó kockázathozam-profilt kínálnak. Számos tanulmány igazolta, hogy az alternatív/megújuló energiaforrásokba történő befektetések nem csupán környezeti, hanem pénzügyi szempontból is racionális döntések lehetnek, hozzájárulva a portfóliók diverzifikációjához és a fosszilis energiahordozók árvolatilitásával szembeni kitettség csökkentéséhez. A szakirodalom egyetért abban, hogy a zöld finanszírozás és a támogató szabályozói környezet kulcsszerepet játszik az alternatív/megújulószektor növekedésében, ami új dinamikákat teremt a hagyományos és az alternatív/megújulópiacok között.

A modern portfólióelemzés elméleti alapjait *Markowitz (1952)* fektette le, aki matematikailag is igazolta a diverzifikáció előnyeit: a nem tökéletesen korreláló eszközök kombinálásával a portfólió teljes kockázata anélkül mérsékelhető, hogy a várható hozam aránytalanul lecsökkenne. Az erre épülő tőkeeszközök árazási modellje (CAPM) (*Sharpe, 1964; Lintner, 1965*) a kockázat és a várható hozam közötti lineáris kapcsolatra fókuszált, a szisztematikus (piaci) kockázatot helyezve a középpontba. Ezek a klasszikus modellek azonban olyan feltételezéseken alapulnak – mint a korrelációk és a varianciák időbeli stabilitása –, amelyek a valós pénzügyi piacokon ritkán teljesülnek.

A pénzügyi idősorok elemzése során a kutatók felismerték a volatilitás klaszteresedésének (*volatility clustering*) jelenségét, miszerint a magas volatilitású időszakokat jellemzően további magas volatilitású periódusok követik. Erre a kihívásra válaszul fejlesztette ki *Engle (1982)* az ARCH-, majd *Bollerslev (1986)* a GARCH-modellt, amelyek már képesek kezelni az időben változó szórásnégyzetet (feltételes heteroszkedaszticitás). A többváltozós GARCH-, különösen a dinamikus feltételes korrelációs (DCC-) modellek lehetővé tették az eszközök közötti, időben változó korrelációk modellezését is. A szakirodalom tovább finomította ezeket a modelleket az aszimmetria figyelembevételével (pl. ADCC, *Cappiello et al., 2006*), elismerve azt a gyakori piaci jelenséget, hogy a korrelációk a közös negatív sokkok (piaci esések) hatására hajlamosak megerősödni, ami a diverzifikáció hatékonyságát pont a legkritikusabb időszakokban csökkenti.

Az energiapiacok kontextusában számos kutatás alkalmazta ezeket a fejlett modelleket. Tanulmányok sora vizsgálta a volatilitási és a hozamátgyűrűzési hatásokat az olajárak és a tisztaenergia-vállalatok részvényei között (*Henriques-Sadorsky, 2008; Sadorsky, 2012*), igazolva a két piac közötti szoros, de dinamikus

kapcsolatot. A tőzsdén kereskedett alapok (ETF-ek) elterjedésével a kutatások fókuszsa egyre inkább ezen, a befektetők számára könnyen elérhető eszközök felé tolódott. *Miralles-Marcelo és szerzőtársai (2018)* például ADCC–GARCH-modellekkel mutatták ki az alternatív/megújuló energia ETF-ekben rejlő diverzifikációs potenciálját, és igazolták, hogy az aktív, a dinamikus korrelációkat figyelembe vevő portfólióstratégiák felülteljesíthetik a statikus megközelítéseket.

Bár a szakirodalom sikeresen modellezte az energiapiaci szektorok közötti dinamikus kapcsolatokat, a legtöbb elemzés egyetlen, folytonos időszakra fókuszált, implicit módon feltételezve, hogy a mögöttes adatszerkezet állandó. A 2020 utáni évek eseményei – a globális pandémia, az energiaválság és a megváltozott kamatkörnyezet – azonban felvetik a kérdést: vajon a korábban azonosított diverzifikációs lehetőségek és korrelációs mintázatok stabilak-e egy fundamentális piaci időszakváltás során? Jelen tanulmány ezt a kutatási rést célozza meg azzal, hogy nem csupán modellezi a dinamikus kapcsolatokat, hanem explicit módon összehasonlítja azokat egy békeidőszak (2010–2020) és egy válságidőszak (2021–2025) között. A cikk újszerűsége abban rejlik, hogy egy átfogó módszertani keretrendszer (kopulák, ADCC–GARCH, portfóliómenedzsmentben alkalmazott teljesítménymutatók) segítségével kvantitatívan méri a két szektor relatív teljesítményének, belső szerkezetének és egymás közötti függőségének átalakulását. A kutatás célja annak feltárása, hogy a diverzifikációs stratégiák hatékonysága mennyire bizonyult időtállóknak, és milyen új kockázatok és lehetőségek merültek fel a megváltozott piaci környezetben.

2. Adatok és módszertan

A hagyományos- és az alternatív/megújulóenergia-piacok közötti komplex függőségi viszonyok és a portfóliódiverzifikációs lehetőségek időszakfüggő természetének feltárása egy több pilléren álló, robusztus ökonometriai eszköztárat igényel. Jelen fejezet célja, hogy részletesen bemutassa a kutatás alapjául szolgáló adatbázist, valamint azt a módszertani keretrendszert, amely lehetővé teszi a statikus és a dinamikus függőségi struktúrák mélyreható elemzését, és a kapott eredmények gyakorlati, portfólióoptimalizálási kontextusba helyezését.

2.1. Adatbázis

A kutatás empirikus alapját a tőzsdén kereskedett alapok (ETF-ek) képezik. Míg a kapcsolódó szakirodalom gyakran tőzsdei indexeket alkalmaz, addig a jelen elemzés tudatosan az ETF-eket helyezi előtérbe, mivel ezek a passzív befektetési eszközök mind az egyéni, mind az intézményi befektetők számára széles körben és alacsony költségek mellett elérhetők, így a valós befektetési döntésekhez közelebb álló képet nyújtanak. Az ETF-ek egy adott szektor vagy piaci index teljesítményét követik, lehetővé téve a két energiapiaci szegmens strukturált és tiszta vizsgálatát. Az elemzés tíz, az amerikai tőzsdén jegyzett, magas likviditású és az adott szektort reprezentáló ETF-re fókuszál, amelyek két, egyenként öt alapot tartalmazó csoportra bonthatók:

1. *Hagyományos energia ETF-ek.* Ebbe a csoportba tartoznak az olaj- és gázipar, valamint a fosszilis energiahordozókhoz kapcsolódó szolgáltatások piacát lefedő alapok: Energy Select Sector SPDR (XLE), Vanguard Energy ETF (VDE), SPDR S&P Oil & Gas Exploration & Production ETF (XOP), iShares Global Energy ETF (IXC) és a VanEck Vectors Oil Services ETF (OIH).
2. *Alternatív/megújuló energia ETF-ek.* Ezt a csoportot a tisztaenergia különböző szegmenseit (nap-, szélenergia, intelligens hálózatok, fenntartható technológiák) képviselő alapok alkotják: iShares Global Clean Energy ETF (ICLN), Invesco Solar ETF (TAN), First Trust NASDAQ Clean Edge Green Energy Index Fund (QCLN), a First Trust Nasdaq Clean Edge Smart GRID Infrastructure Index (GRID) és az Invesco MSCI Sustainable Future ETF (ERTH).

A kutatás fókuszát két, fundamentálisan eltérő piaci korszak összehasonlító elemzése adja. Az első vizsgált periódus egy békeidőszak (2010. január 4.–2020. december 31.), amelyet a 2008-as pénzügyi válságot követő gazdasági növekedés, az alacsony kamatkörnyezet és a zöld átmenet iránti optimizmus jellemez. A második periódus egy válságidőszak (2021. január 4.–2025. július 3.), amelyet a pandémiát követő gazdasági újranyitásból fakadó ellátásilánc-problémák, a globális energiaválság, a megugró infláció és a restriktív monetáris politikák határoztak meg. Ez a felosztás lehetővé teszi annak vizsgálatát, hogy a korábban azonosított befektetési mintázatok mennyire bizonyultak időtállóknak egy extrém külső sokkokkal terhelt környezetben.

Az elemzés a Yahoo Finance adatbázisából származó napi korrigált záróárfolyamok (P_t) idősorain alapul. Mivel az árfolyamok eredeti formájukban jellemzően nem stacionerek, ami az ökonometriai modellezés torzított eredményeihez vezetne, az elemzések alapjául a stacioner logaritmikus hozamok (r_t) szolgáltak,

amelyek a következő, a pénzügyi idősorok elemzésében standard eljárásnak számító képlettel kerültek kiszámításra (*Fama, 1970*):

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (1)$$

2.2. Elemzési keretrendszer

A kutatási célok elérése érdekében egy többlépcsős, egymásra épülő módszertani keretrendszer került alkalmazásra, amely a függőségi szerkezetek különböző dimenzióinak feltárására alkalmas.

1. *Statikus elemzés.* Az első lépésben az eszközpárok közötti feltétel nélküli, átlagos függőségi szerkezet került feltárásra. Ennek érdekében a leíró statisztikák és a standard lineáris korrelációs mátrixok mellett a kopulaanalízis eszközének alkalmazására is sor került. *Sklar (1959)* tétele alapján a többváltozós eloszlások szétválaszthatók (vagy dekomponálhatók) egyedi peremeloszlásokra és egy, a tiszta függőségi struktúrát leíró függvényre. Mint *Varga (2009)* rámutatott, a kopulamódszerek alkalmasak a többváltozós eloszlások függőségi szerkezetének feltárására, különösen a feltételes (szélsoérték-) tartományok elemzésére, ahol a hagyományos korrelációs mutatók nem képesek megragadni a szélsőséges együttmozgásokat. Emellett a modern szakirodalom bebizonyította, hogy válságos, volatilis periódusokban a hagyományos lineáris előrejelző és korrelációs mutatók pontossága jelentősen romlik, ezért a függőségi szerkezet nemlineáris és időszakfüggő jellemzőinek feltárásához dinamikus, nemlineáris módszerek indokoltak (*Van csura–Tatay–Bareith, 2023*). A módszer alkalmazásának alapvető feltétele, hogy a vizsgált hozamsorozatok egy közös, $[0,1]$ intervallumra kell skálázni. Ezt a folyamatot valószínűségi integráltranszformációnak (Probability Integral Transform, PIT) nevezik, amelynek során minden egyes napi hozamértékhez szükséges hozzárendelni a saját historikus adatsorában elfoglalt relatív helyét, azaz a kumulatív valószínűségét (percentilisét). Mivel a hozamok elméleti eloszlása nem ismert, a transzformáció egy robusztus, rangsorokon alapuló, nem parametrikus módszerrel, az empirikus kumulatív eloszlásfüggvény (ECDF) alapján történt. Az így létrehozott u -norm sorozatok már mentesek az eredeti sorozatok egyedi jellemzőitől (pl. átlag, szóráss), és lehetővé teszik a mögöttes, tiszta függőségi struktúra vizsgálatát. A kopulavizsgálat azért bír kiemelt jelentőséggel, mert képes megragadni a nemlineáris kapcsolatokat és a szélsőérték-függőséget, azaz az eszközök hajlamát az extrém piaci események (piaci pánikok vagy eufóriák) során történő együttmozgásra. Az elemzés a Gauss- (*Sklar, 1959*), a Clayton-

(alsó szélsőérték-függőség, *Clayton, 1978*) és a Gumbel-kopulákra (felső szélsőérték-függőség, *Gumbel, 1960*) fókuszált.

A kétdimenziós Gauss-kopula képlete a következő:

$$C_{\rho_G}(u, v) = \Phi_{\rho_G}(\Phi^{-1}(u), \Phi^{-1}(v)), \quad (2)$$

ahol Φ a standard normális eloszlásfüggvény, Φ^{-1} annak inverze (a probit függvény), Φ_{ρ_G} pedig a kétdimenziós standard normális eloszlásfüggvény ρ_G korrelációs paraméterrel. Mivel a Gauss-kopula nem modellez szélsőérték-függőséget, az elemzésben elsősorban referenciapontként szolgál a többi, aszimmetrikus függőséget is megragadni képes kopulával szemben.

A Clayton- és a Gumbel-kopula θ paramétereinek becslése a Kendall-féle tau (τ) rangkorrelációs együtthatóból való származtatással történt, az alábbi formulák alkalmazásával:

$$\text{Clayton Theta: } \theta_C = \frac{2\tau}{1-\tau} \quad (3)$$

$$\text{Gumbel Theta: } \theta_G = \frac{1}{1-\tau} \quad (4)$$

2. *Dinamikus elemzés.* A korrelációk időbeli változékonyságának és aszimmetrikus természetének modellezésére a többváltozós GARCH-modellek egy fejlett változata, a páronkénti aszimmetrikus dinamikus feltételes korrelációs (ADCC–GARCH-) modell került alkalmazásra (*Cappiello et al., 2006 nyomán*).

A modell becslése két lépésben történik. Az első lépésben minden egyes hozamsorozatra egy univariát GARCH(1,1) modell kerül illesztésre a feltételes variancia ($h_{i,t}$) modellezésére:

$$h_{i,t} = \omega_i + \alpha_i \cdot \epsilon_{i,t-1}^2 + \beta_i \cdot h_{i,t-1} \quad (5)$$

A második lépésben a modell a standardizált maradékok ($\mathbf{Z}_t$) alapján becsli a dinamikus feltételes korrelációs mátrixot ($\mathbf{R}_t$). A feltételes kovarianciamátrix ($\mathbf{H}_t$) a következőképpen áll elő:

$$\mathbf{H}_t = \mathbf{D}_t \mathbf{R}_t \mathbf{D}_t, \quad (6)$$

ahol $\mathbf{D}_t$ a feltételes szórások diagonális mátrixa. Az ADCC-modell a $\mathbf{Q}_t$ kvázi-korrelációs mátrix dinamikáját specifikálja, figyelembe véve az aszimmetrikus hatásokat is:

$$\mathbf{Q}_t = (1 - \theta_1 - \theta_2) \bar{\mathbf{Q}} - \theta_3 \bar{\mathbf{N}} + \theta_1 (\mathbf{z}_{t-1} \mathbf{z}'_{t-1}) + \theta_2 \mathbf{Q}_{t-1} + \theta_3 (\mathbf{n}_{t-1} \mathbf{n}'_{t-1}), \quad (7)$$

ahol θ_1 a múltbeli sokkok, θ_2 a korreláció perzisztenciájának, θ_3 pedig az aszimmetrikus komponensnek (a közös negatív sokkok hatásának) együtthatója. Ez a modell nem csupán azt teszi lehetővé, hogy a korrelációk időben változzanak, hanem azt is képes megragadni, ha a negatív piaci sokkok (közös esések) eltérő, jel-

lemzően erősebb hatást gyakorolnak a korrelációra, mint az azonos mértékű pozitív sokkok. Ez a *correlation breakdown* jelenség modellezése kulcsfontosságú a diverzifikáció valós hatékonyságának megértéséhez.

3. *Portfólióoptimalizálás és teljesítményértékelés.* Az empirikus eredmények gyakorlati relevanciájának tesztelésére a *Markowitz (1952)* nevével fémjelzett modern portfólióelmélet klasszikus optimalizálási stratégiái kerültek alkalmazásra: a minimumvariancia (kockázatminimalizáló) és a meanvariancia (adott hozamcél melletti kockázatminimalizáló) portfóliók.

A minimumvariancia portfólió optimalizálási problémája a következő:

$$\min w_t' H_{t+1|t} w_t \quad (8)$$

A meanvariancia stratégia ugyanezt a célfüggvényt minimalizálja, egy elvárt hozamra vonatkozó mellékfeltétel hozzáadásával, feltéve, hogy:

$$w_t' E\{R_{t+1}\} \geq R^* \quad (9)$$

Sor került a stratégiák shortolási korlátokkal és anélküli vizsgálatára. A kapott portfóliók teljesítményének robusztus értékeléséhez egy átfogó mutatórendszer került alkalmazásra, amely a standard Sharpe-ráta (*Sharpe, 1964*) mellett tartalmazta a befektetők számára relevánsabb lefelé irányuló kockázatot mérő Sortino-rátát (*Sortino–van der Meer, 1991*), a szisztematikus kockázatra fókuszáló Treynor-rátát (*Treynor, 1961*), valamint a befektetői pszichológia szempontjából kritikus maximális visszaesést (Maximum Drawdown, MDD, *Dowd, 2002*) is. A legfontosabb teljesítménymutató, a Sharpe-ráta (SR_p) képlete:

$$SR_p = \frac{\bar{r}_p - \bar{r}_f}{\sigma_p}, \quad (10)$$

ahol $\bar{r}_p$ a portfólió átlaghozama, $\bar{r}_f$ a kockázatmentes hozam, σ_p pedig a portfólió hozamainak szórása.

A Sortino-ráta a Sharpe-ráta finomított változata, a teljes szórás helyett csak a negatív irányú, azaz a befektetők számára releváns kockázatot veszi figyelembe. A nevezőben a lefelé irányuló szórás (*downside deviation*, σ_{dp}) szerepel, amely csak a célérték alatti hozamok volatilitását méri:

$$\text{Sortino}_p = \frac{\bar{r}_p - \bar{r}_f}{\sigma_{dp}} \quad (11)$$

A Treynor-ráta a portfólió többlethozamát nem a teljes, hanem a nem diverzifikálható, szisztematikus (piaci) kockázathoz viszonyítja. A nevezőben a portfólió bétája (β_p) szerepel, amely a portfólió piaci mozgásokra való érzékenységet méri:

$$\text{Treynor}_p = \frac{\bar{r}_p - \bar{r}_f}{\beta_p} \quad (12)$$

Végezetül a maximális visszaesés (MDD) a befektetői pszichológia szempontjából kritikus kockázati mutató. A vizsgált időszak alatt a portfólió értékének (P_t)

egy korábbi csúcshoz mért legnagyobb százalékos csökkenését mutatja meg, vagyis azt a *maximális fájdalmat*, amelyet a befektetőnek el kellett szenvednie:

$$\text{MDD} = \min_{t \in (\tau+1, T)} \left[\frac{P_t - \max_{j \in (\tau+1, t)} P_j}{\max_{j \in (\tau+1, t)} P_j} \right] \quad (13)$$

3. Eredmények: a két piaci időszak összehasonlítása

A kutatás empirikus szakasza a két, jellegében markánsan eltérő piaci időszak – a 2010 és 2020 közötti, jellemzően stabil növekedési fázist reprezentáló békeidőszak, valamint a 2021 és 2025 közötti, rendszerszintű sokkokkal terhelt válságidőszak – szisztematikus összehasonlítására épül. Az alábbi alfejezetekben bemutatom, hogy a megváltozott makrogazdasági és geopolitikai környezet hogyan formálta át a hagyományos és az alternatív/megújuló energia ETF-ek hozam- és kockázati profilját, belső függőségi szerkezetét, valamint a közöttük rejlő diverzifikációs potenciált. Az eredmények egyértelműen igazolják a piaci időszakok fundamentális, struktúraformáló szerepét, és rávilágítanak a statikus, egyetlen időszakra vonatkozó következtetések korlátjaira.

3.1. A hozamok és a kockázati profil 180 fokos fordulata

A két periódus összehasonlításának leglátványosabb és legmesszebbre mutató eredménye a két szektor relatív teljesítményének teljes, 180 fokos megfordulása. Míg a 2010 és 2020 közötti évtizedet az alternatívenergia-szektor egyértelmű dominanciája jellemezte, a 2021-től kezdődő periódus a hagyományosenergia-szektor diadalát hozta. A pénzügyi idősorokra jellemző stilizált tények, mint a leptokurtikus (vastag szélű) eloszlás és a volatilitásklaszteresedés, mindkét periódusban fennálltak, azonban a hozamok és az eloszlások elsődleges momentumai drámai átalakulást mutattak, ahogyan azt az 1. táblázat részletesen bemutatja.

1. táblázat

A hagyományos és az alternatív/megújuló energia ETF-ek leíró statisztikáinak összehasonlítása a két vizsgált periódusban
Comparison of descriptive statistics for traditional and alternative/renewable energy ETFs across the two observed periods

Szektor	ETF	Átlag-hozam (napi)	Szórás (napi)	Ferdeség	Csúcsosság	Jarque–Bera	ARCH(1)-teszt
1. periódus (2010–2020)							
Hagyományos	XLE	–0,000006	0,017405	–0,463838	19,99294	33402,92	134,1993
	VDE	–0,000028	0,017502	–0,39863	18,08283	26310,68	98,5302
	XOP	–0,000074	0,024908	–0,663788	25,2435	57267,1	331,7607
	IXC	–0,000079	0,016358	–0,614759	23,12564	46889,12	94,4188
	OIH	–0,000312	0,024041	–0,528468	20,85822	36910,48	86,967
Alternatív	ICLN	0,000214	0,016492	–0,421754	9,139781	4429,771	190,6101
	TAN	0,00029	0,024516	0,024179	6,761344	1631,972	31,0035
	QCLN	0,000691	0,018115	–0,263287	8,427751	3429,755	70,1577
	GRID	0,000444	0,015286	–0,355916	11,4403	8274,64	171,0086
	ERTH	0,000491	0,013645	–0,607144	10,57075	6780,525	239,0346
2. periódus (2021–2025)							
Hagyományos	XLE	0,000722	0,017374	–0,491127	5,335498	303,5829	3,8787
	VDE	0,000742	0,017714	–0,464431	5,233616	276,7425	3,8913
	XOP	0,000678	0,022734	–0,360616	5,269512	268,1845	4,046
	IXC	0,000584	0,015738	–0,481765	5,416731	320,1163	4,0035
	OIH	0,000369	0,024682	–0,241906	5,225031	245,1996	3,8298
Alternatív	ICLN	–0,000628	0,018439	0,207191	5,013157	199,7842	3,1895
	TAN	–0,000918	0,02658	0,179865	4,315747	87,9906	2,5284
	QCLN	–0,000646	0,024981	0,160836	3,740014	30,7913	3,8705
	GRID	0,000481	0,013311	0,084116	6,000094	426,99	4,0815
	ERTH	–0,000495	0,015647	–0,260767	8,10456	1245,12	3,1549

Megjegyzés: a Jarque–Bera- és az ARCH(1)-teszt p-értéke minden esetben szignifikánsan elutasította a releváns nullhipotézist ($p < 0,05$), a 2. periódus ARCH(1)-tesztje a z-statisztikát mutatja.

Forrás: saját szerkesztés.

Érdekes statisztikai árnyalatot ad az eredményekhez, hogy míg a csoporton belüli átlaghozamok között az ANOVA-teszt egyik periódusban sem mutatott szignifikáns különbséget, addig a szórások heterogenitását – azaz a szektorokon belüli eltérő kockázati szinteket – a Levene-teszt minden esetben megerősítette (2. táblázat).

Az első periódusban (2010–2020) a hagyományos energia ETF-ek átlagos napi hozamai következetesen negatívak vagy nulla közeliek voltak (pl. OIH: $-0,000312$), ezzel szemben az alternatív/megújulószektor minden tagja pozitív átlaghozamot produkált (pl. QCLN: $0,000691$) (1. táblázat). A 2021–2025-ös időszakra ez a kép drámaian átrajzolódott: a hagyományosenergia-szektor ETF-jei magas, szignifikánsan pozitív átlaghozamokat értek el (pl. VDE: $0,000742$), miközben az alternatív/megújulószektor alapjainak átlaghozama mélyen negatív tartományba süllyedt (pl. TAN: $-0,000918$). Ez a jelenség a zöld prémium időszakfüggő jellegének legfőbb bizonyítéka; a befektetői preferencia a megváltozott gazdasági környezetben egyértelműen a stabil cash flow-t termelő hagyományosenergia-szektor felé tolódott el. Az éves hozamok alakulását bemutató 1. ábra vizuálisan is megerősíti ezt a drámai fordulatot.

2. táblázat

Csoportszintű egyenlőségi tesztek eredményei
Results of group-level equality tests

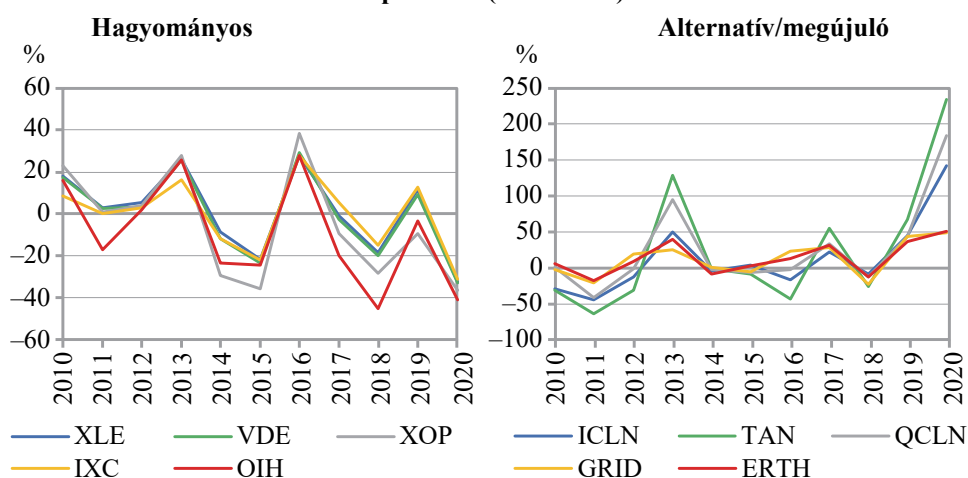
Szektor	Teszt	Statisztika	p-érték
1. periódus (2010–2020)			
Hagyományos	ANOVA (átlagok)	$F = 0,100$	0,9825
	Levene (szórások)	$W = 112,163$	0
Alternatív/megújuló	ANOVA (átlagok)	$F = 0,295$	0,8812
	Levene (szórások)	$W = 184,039$	0
2. periódus (2021–2025)			
Hagyományos	ANOVA (átlagok)	$F = 0,066$	0,992
	Levene (szórások)	$W = 50,662$	0
Alternatív/megújuló	ANOVA (átlagok)	$F = 0,784$	0,5353
	Levene (szórások)	$W = 138,024$	0

Megjegyzés: az átlaghozamok nem különböznek szignifikánsan, a szórások szignifikánsan különböznek.
 Forrás: saját szerkesztés.

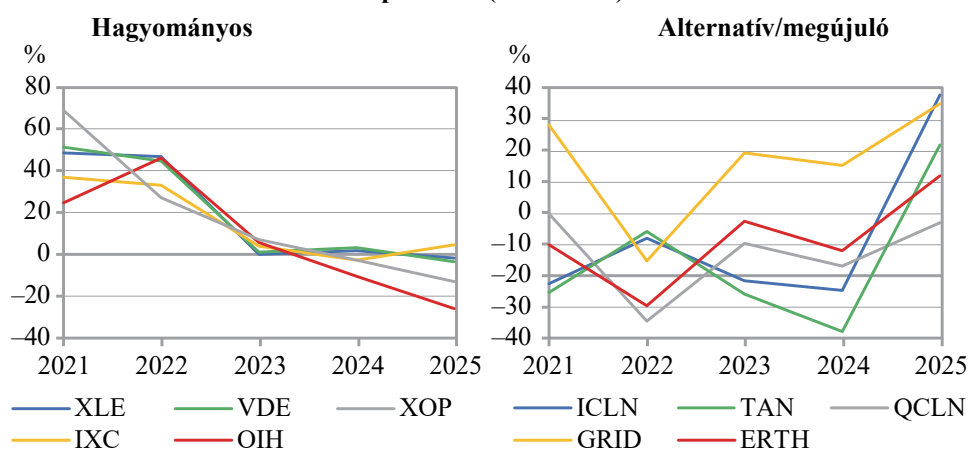
1. ábra

**A hagyományos és az alternatív/megújuló energia ETF-ek
éves hozamteljesítményének alakulása
a békeidőszakban (2010–2020) és a válságidőszakban (2021–2025)**
*Annual return performance of traditional and alternative/renewable energy ETFs
during the peace period (2010–2020) and the crisis period (2021–2025)*

1. periódus (2010–2020)



2. periódus (2021–2025)



Megjegyzés: a Jarque–Bera- és az ARCH(1)-teszt p-értéke minden esetben szignifikánsan elutasította a releváns nullhipotézist ($p < 0,05$), a 2. periódus ARCH(1)-tesztje a z-statisztikát mutatja.

Forrás: saját szerkesztés.

A kockázati profilok elemzése tovább árnyalja a képet. A hozamok eloszlásának ferdesége (*skewness*) tanulságos változáson ment keresztül. Az első periódusban szinte minden ETF a piacokra jellemző negatív ferdeséget mutatta, ami a hirtelen, nagy esések nagyobb valószínűségére utal. A második periódusban azonban a negatív hozamkörnyezet ellenére az alternatív/megújulószektor legtöbb tagjának eloszlása pozitív ferdeségűvé vált (pl. ICLN: 0,207191) (lásd 1. táblázat, Ferdeség oszlop). Ez a rendkívül érdekes eredmény arra utal, hogy az alternatív/megújulószektorban a kiugróan nagy pozitív napi hozamok voltak a jellemzőbbek, ami egyfajta rezilienciát vagy a befektetők töretlen, a pozitív hírekre felerősödve reagáló optimizmusát tükrözheti még egy negatív trend mellett is.

3.2. A belső függőségi szerkezetek változása és állandósága

A két szektor belső kohéziójának vizsgálata rávilágított egy strukturális állandóságra a hagyományosenergia-szektorban és egy drámai, a válságidőszak hatására bekövetkezett átalakulásra az alternatív/megújulószektorban. A feltétel nélküli korrelációs mátrixok, amelyeket a 3. táblázat szemléltet mindkét periódusra, számzerű bizonyítékot szolgáltatnak ezen eltérő dinamikákra.

A hagyományosenergia-szektor egy időszakfüggetlen, monolitikus blokként viselkedett. A szektoron belüli korrelációs együtthatók mind a 2010–2020-as, mind a 2021–2025-ös periódusban rendkívül magasak, jellemzően 0,9 felettiek maradtak, ahogy az a 3. táblázat felső paneljein látható. Ez a sötét színnel jelölt, szinte homogén korrelációs struktúra azt jelenti, hogy a hagyományos energia ETF-ek egyetlen, közös gazdasági tényező (jellemzően a fosszilis energiahordozók ára) mentén mozognak. Ennek következtében a szektoron belüli diverzifikációval elérhető kockázatcsökkentés mértéke elhanyagolható, a piaci környezet változásától függetlenül.

Ezzel éles ellentétben az alternatív/megújulószektor belső szerkezete a válságidőszakban felbomlott. Míg az első periódusban a szektoron belüli korrelációk, bár a hagyományosnál heterogénebbek, de jellemzően erősen pozitívak voltak – ahogy azt a 2. ábra bal alsó panelje is mutatja –, addig a 2021–2025-ös időszakban a TAN (napenergia) ETF-korrelációja a szektor többi tagjához képest gyakorlatilag nullára csökkent. A 2. ábra jobb alsó paneljén jól látható, hogy a TAN korrelációja a szélesebb tisztaenergia-fókuszú alapokkal (QCLN, ICLN, GRID) gyakorlatilag 0-ra csökkent, sőt, enyhén negatívvá vált.

3. táblázat

A szektoron belüli korrelációs mátrixok alakulása a két vizsgált periódusban*Evolution of intra-sector correlation matrices in the two periods studied*

1. periódus (2010–2020)						
Szektor		XLE	VDE	XOP	IXC	OIH
Hagyományos	XLE	1,000000				
	VDE	0,996406	1,000000			
	XOP	0,910931	0,923543	1,000000		
	IXC	0,973714	0,972750	0,877404	1,000000	
	OIH	0,916552	0,925478	0,885438	0,895232	1,000000
		ICLN	TAN	QCLN	GRID	ERTH
Alternatív/ megújuló	ICLN	1,000000				
	TAN	0,838251	1,000000			
	QCLN	0,797322	0,821782	1,000000		
	GRID	0,685945	0,597821	0,701188	1,000000	
	ERTH	0,812671	0,710816	0,823846	0,796357	1,000000
2. periódus (2021–2025)						
		XLE	VDE	IXC	OIH	XOP
Hagyományos	XLE	1,000000				
	VDE	0,992622	1,000000			
	IXC	0,970742	0,971870	1,000000		
	OIH	0,901989	0,913170	0,891725	1,000000	
	XOP	0,937913	0,951272	0,914314	0,885699	1,000000
		ICLN	QCLN	TAN	ERTH	GRID
Alternatív/ megújuló	ICLN	1,000000				
	QCLN	0,859440	1,000000			
	TAN	–0,017639	–0,013479	1,000000		
	ERTH	0,673890	0,731258	0,118194	1,000000	
	GRID	0,716251	0,792577	–0,025835	0,692870	1,000000

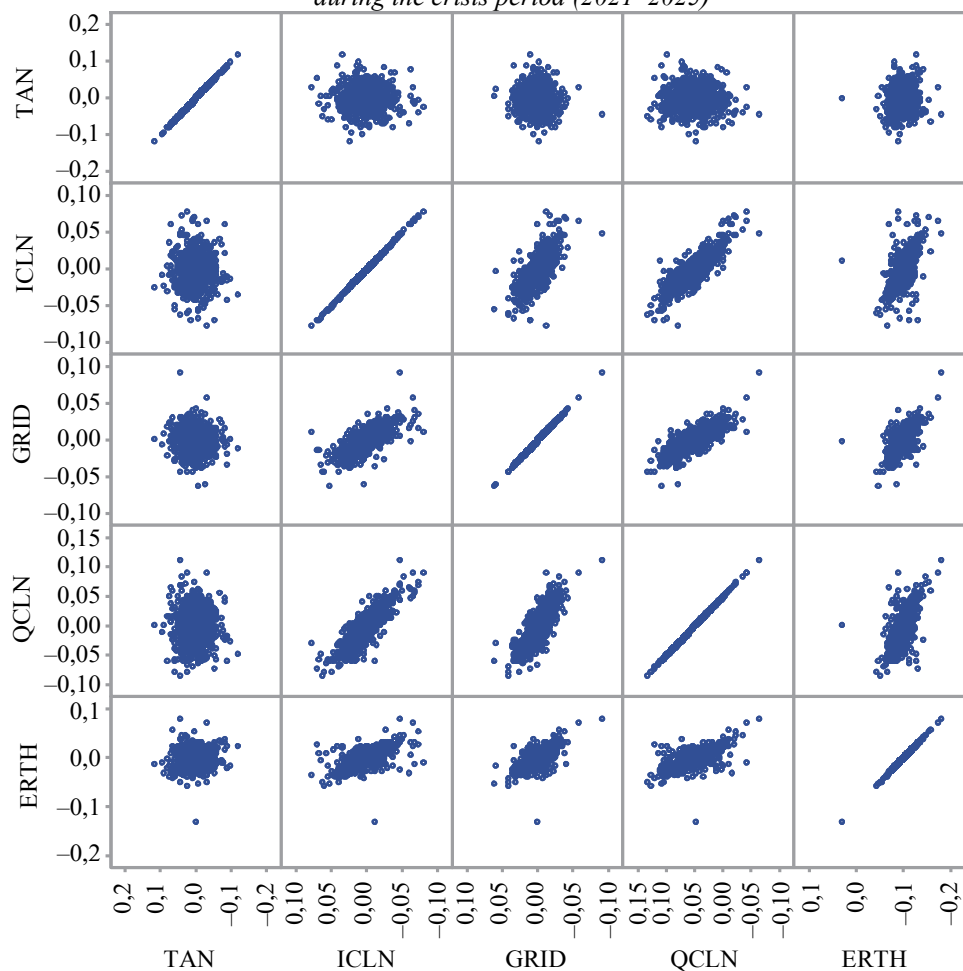
Megjegyzés: a sötétedő szín (az első periódusban kék, a másodikban zöld szín) a korrelációs struktúra homogenitásának erősségét jelzi.

Forrás: saját szerkesztés.

2. ábra

**Az alternatív/megújuló energia ETF-ek korrelációs szórásdiagram-mátrixa
a válságidőszakban (2021–2025)**

*Correlation scatterplot matrix of alternative/renewable energy ETFs
during the crisis period (2021–2025)*



Forrás: saját szerkesztés.

A TAN ETF-korrelációjának 0-ra csökkenését a szektor többi tagjához képest a 2. ábra szórásdiagram-mátrixa vizuálisan is alátámasztja. Míg az EARTH-, a GRID-, a QCLN- és az ICLN-alap között továbbra is viszonylag erős, pozitív korrelációra utaló, átlósan elnyúló pontfelhők láthatók, addig a TAN ETF-et tartalmazó panelek egy diffúz, szinte véletlenszerű eloszlást mutatnak. Ez a vizuális jelenség a lineáris kapcsolat jelentős gyengülését jelzi. A jelenség arra utal, hogy

az alternatív/megújulópiac már nem kezelhető egységes befektetési kategóriaként; a különböző technológiai alszektorok a megváltozott gazdasági környezetre (pl. kamatemelések, ellátásilánc-problémák) eltérő módon reagáltak. Befektetési szempontból ez a belső törés új, a szektoron belüli diverzifikációs és kockázatfedezeti lehetőségeket teremtett.

3.3. A szektorok közötti dinamikus kapcsolatok és a diverzifikáció korlátjai

A diverzifikáció valós hatékonyságának és korlátainak megértéséhez a statikus korrelációs együtthatókon túl a függőségek mélyebb, időben változó és nemlineáris szerkezetét is vizsgálni kell. Az ADCC–GARCH-modellek a korrelációk dinamikájába, míg a kopulaanalízis a szélsőséges események alatti együttmozgásokba (szélsőérték-függőség) enged betekintést.

A korrelációk időbeli változékonyságát és aszimmetrikus természetét a 4. táblázatban bemutatott ADCC–GARCH-modellek eredményei összegzik. A táblázat legfontosabb tanulsága, hogy a korrelációk perzisztenciáját mérő θ_2 paraméter minden vizsgált pár és periódus esetében magas és erősen szignifikáns. Ez a korrelációs időszakok tartósságára, erős „memóriájára” utal, amely a két szektor kapcsolatának egy időszakfüggetlen, állandó jellemzője. Ezzel szemben az aszimmetriát mérő θ_3 paraméter viselkedése időszakfüggőnek bizonyult: míg az első periódusban gyakori volt a szignifikáns aszimmetria (jelezve, hogy a negatív sokkok erősítik a korrelációt), addig a második periódusban ez a hatás ritkábbá vált. Ez a *correlation breakdown* jelenség változó intenzitására hívja fel a figyelmet.

4. táblázat

Az ADCC–GARCH-modellek kivonatolt eredményei reprezentatív ETF-párokra*Summarized results of ADCC–GARCH models for representative ETF pairs*

ETF-pár	Periódus	Θ_1 (sokkok)	Θ_2 (perzisztencia)	Θ_3 (aszimmetria)
Szektorok közötti				
XLE–ICLN	1. (2010–2020)	0,041***	0,940***	0,006***
	2. (2021–2025)	0,006	0,984***	0,007
VDE–QCLN	1. (2010–2020)	0,045***	0,930***	0,004**
	2. (2021–2025)	0,019**	0,965***	0,008*
OIH–QCLN	1. (2010–2020)	0,023***	0,961***	0,005***
	2. (2021–2025)	0,016*	0,972***	0,007**
Hagyományos (szektoron belül)				
XLE–XOP	1. (2010–2020)	0,056***	0,899***	–0,002
	2. (2021–2025)	0,008*	0,994***	0,001***
Alternatív/megújuló (szektoron belül)				
TAN–ERTH	1. (2010–2020)	0,033***	0,944***	0,005***
	2. (2021–2025)	0,029***	0,968***	0,006

Megjegyzés: a paraméterek a dinamikus korrelációt leíró együtthatók, a csillagok a statisztikai szignifikanciát jelölik: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

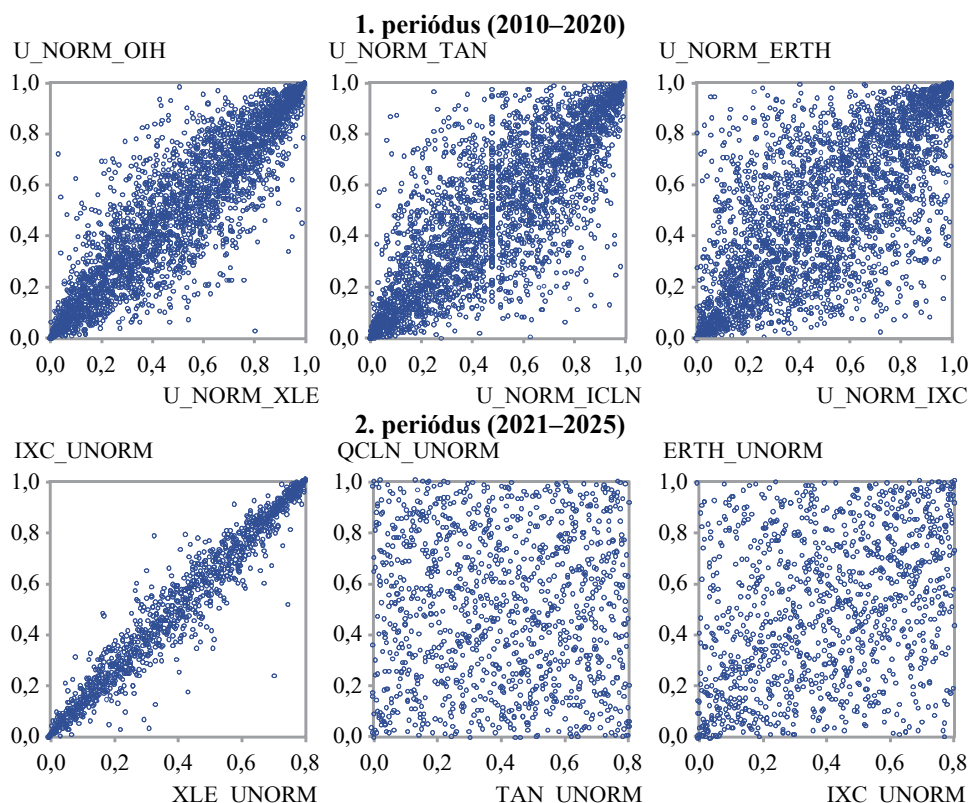
Forrás: saját szerkesztés.

Míg az ADCC–GARCH-modellek a korrelációk dinamikáját írják le, a 3. ábra a nemlineáris és szélsőérték-függőségek vizuális elemzését teszi lehetővé a két periódus összehasonlításán keresztül. Az ábra tengelyein az úgynevezett u_{norm} transzformált hozamok szerepelnek, amelyek az egyes napi hozamok relatív helyét (percentilisét) mutatják a saját historikus eloszlásukon belül. Egy 0,1-es érték például azt jelenti, hogy az adott napi hozam a legalsó 10%-ba, míg egy 0,9-es érték a legfelső 10%-ba esett. Ez a transzformáció lehetővé teszi a tiszta függőségi szerkezet vizsgálatát.

A 3. ábra felső sora (2010–2020) és alsó sora (2021–2025) közötti különbségek drámaiak. A hagyományosenergia-szektoron belüli kapcsolat (bal oldali panelek) mindkét periódusban szoros, lineáris maradt, a pontok sűrűsödése a sarkokban pedig a tartós szélsőérték-függőséget igazolja. A szektorok közötti kapcsolat (jobb oldali panelek) mindkét periódusban mérsékelt, de a sarkokban itt is megfigyelhető sűrűsödés a diverzifikációt korlátozó szélsőérték-kockázat állandóságát bizonyítja. A leglátványosabb változás az alternatív/megújulószektoron belül (középső panelek) történt: a 2010–2020-as időszak erős pozitív korrelációját a 2021–2025-ös periódusra egy diffúz, véletlenszerű pontfelhő váltotta fel, ami a TAN ETF-korrelációjának nullára csökkenését a szektor többi tagjához képest és a teljes szektor belső szerkezetének felbomlását mutatja.

3. ábra

A függőségi szerkezetek átalakulása a két piaci időszakban, 2010–2020, 2021–2025
Transformation of dependence structures in the two market periods,
2010–2020; 2021–2025



Forrás: saját szerkesztés.

3.4. A portfólióstratégiák teljesítményének megfordulása és az aktív kezelés szerepe

Az előző alfejezetek részletesen feltárták a két energiapiaci szektor eltérő és időben változó kockázati profilját. Megállapításra került, hogy a hagyományosenergia-szektor egy időszakfüggetlen, homogén blokként viselkedik, míg az alternatív/megújulószektor belső szerkezete a válságidőszak hatására felbomlott. A végső és legfontosabb gyakorlati kérdés az, hogy ezek a komplex dinamikák hogyan csapódnak le a befektetési portfóliók valós teljesítményében. Ez az alfejezet számszerűsíti az időszakváltás gyakorlati konklúzióját azáltal, hogy összehasonlítja a két

szektorból képzett, optimalizált portfóliók teljesítményét a két periódusban. Az alábbi táblázatok először bemutatják az egyes stratégiákhoz tartozó optimális súlyozást (5. és 6. táblázat), majd összegzik az ezekből fakadó, részletes teljesítménymutatókat (7. táblázat).

5. táblázat

A hagyományos energia ETF-ek portfóliósúlyai a különböző stratégiák alatt

Portfolio weights of traditional energy ETFs under different strategies

(%)

Stratégia	XLE	VDE	XOP	IXC	OIH
1. periódus (2010–2020)					
Naiv	20	20	20	20	20
Minimumvariancia (short nélkül)	30	10	10	40	10
Meanvariancia (short nélkül)	40	30	10	10	10
Minimumvariancia (shorttal)	40	40	–17	40	–3
Meanvariancia (shorttal)	40	40	40	40	–60
2. periódus (2021–2025)					
Naiv	20	20	20	20	20
Minimumvariancia (short nélkül)	30	10	10	40	10
Meanvariancia (short nélkül)	30	40	10	10	10
Minimumvariancia (shorttal)	40	40	–1	40	–19
Meanvariancia (shorttal)	40	40	40	40	–60

Forrás: saját szerkesztés.

6. táblázat

Az alternatív/megújuló energia ETF-ek portfóliósúlyai a különböző stratégiák alatt

Portfolio weights of alternative energy ETFs under different strategies

(%)

Stratégia	ICLN	TAN	QCLN	GRID	ERTH
1. periódus (2010–2020)					
Naiv	20	20	20	20	20
Minimumvariancia (short nélkül)	10	10	10	30	40
Meanvariancia (short nélkül)	10	10	40	10	30
Minimumvariancia (shorttal)	40	–30	11	38	40
Meanvariancia (shorttal)	39	–59	40	40	40
2. periódus (2021–2025)					
Naiv	20	20	20	20	20
Minimumvariancia (short nélkül)	10	22	10	40	18
Meanvariancia (short nélkül)	10	10	30	40	10
Minimumvariancia (shorttal)	40	18	–38	40	40
Meanvariancia (shorttal)	40	–60	40	40	40

Forrás: saját szerkesztés.

7. táblázat

A portfólióstratégiák teljesítményének részletes összehasonlítása a két időszakban*Detailed comparison of portfolio strategy performance in the two periods*

(%)

Szektor	Stratégia	1. periódus (2010–2020)	2. periódus (2021–2025)
Hozam			
Hagyományos	Naiv	–5,20	16,95
	Minimumvariancia (short nélkül)	–3,40	17,23
	Meanvariancia (short nélkül)	–3,32	18,63
	Minimumvariancia (shorttal)	–0,26	20,49
	Meanvariancia (shorttal)	2,18	24,15
Alternatív/megújuló	Naiv	8,62	–9,83
	Minimumvariancia (short nélkül)	9,67	–4,49
	Meanvariancia (short nélkül)	11,07	–4,05
	Minimumvariancia (shorttal)	11,09	–3,39
	Meanvariancia (shorttal)	14,76	0,99
Szórás			
Hagyományos	Naiv	31,09	30,26
	Minimumvariancia (short nélkül)	28,66	27,93
	Meanvariancia (short nélkül)	29,33	28,98
	Minimumvariancia (shorttal)	25,36	25,12
	Meanvariancia (shorttal)	27,44	26,23
Alternatív/megújuló	Naiv	25,18	22,37
	Minimumvariancia (short nélkül)	22,91	20,24
	Meanvariancia (short nélkül)	24,81	24,10
	Minimumvariancia (shorttal)	20,90	17,23
	Meanvariancia (shorttal)	21,91	48,45
Sharpe-ráta			
Hagyományos	Naiv	–24,36	46,13
	Minimumvariancia (short nélkül)	–20,14	50,98
	Meanvariancia (short nélkül)	–19,39	53,99
	Minimumvariancia (shorttal)	–10,36	69,65
	Meanvariancia (shorttal)	–0,69	80,68
Alternatív/megújuló	Naiv	24,83	–56,80
	Minimumvariancia (short nélkül)	31,85	–36,93
	Meanvariancia (short nélkül)	35,08	–29,23
	Minimumvariancia (shorttal)	41,71	–37,03
	Meanvariancia (shorttal)	56,58	–4,13

(A táblázat folytatása a következő oldalon)

(folytatás)

(%)

Szektor	Stratégia	1. periódus (2010–2020)	2. periódus (2021–2025)
Sortino-ráta			
Hagyományos	Naiv	–32,65	64,24
	Minimumvariancia (short nélkül)	–27,05	70,91
	Meanvariancia (short nélkül)	–26,16	75,21
	Minimumvariancia (shorttal)	–14,05	97,13
	Meanvariancia (shorttal)	–0,95	113,68
Alternatív/megújuló	Naiv	33,83	–78,87
	Minimumvariancia (short nélkül)	43,24	–51,56
	Meanvariancia (short nélkül)	47,79	–41,18
	Minimumvariancia (shorttal)	57,66	–51,69
	Meanvariancia (shorttal)	78,47	–5,94
Treynor-ráta			
Hagyományos	Naiv	39,07	1923,39
	Minimumvariancia (short nélkül)	42,24	2084,10
	Meanvariancia (short nélkül)	24,79	2279,34
	Minimumvariancia (shorttal)	1,88	2434,40
	Meanvariancia (shorttal)	–15,58	1014,50
Alternatív/megújuló	Naiv	–134,26	–671,01
	Minimumvariancia (short nélkül)	–167,78	–130,06
	Meanvariancia (short nélkül)	–166,99	670,37
	Minimumvariancia (shorttal)	–196,35	–69,98
	Meanvariancia (shorttal)	–321,64	–6,00
Max. visszaesés			
Hagyományos	Naiv	–87,02	–34,49
	Minimumvariancia (short nélkül)	–81,79	–29,59
	Meanvariancia (short nélkül)	–82,99	–29,91
	Minimumvariancia (shorttal)	–69,85	–25,80
	Meanvariancia (shorttal)	–65,96	–28,47
Alternatív/megújuló	Naiv	–63,83	–63,58
	Minimumvariancia (short nélkül)	–48,83	–51,81
	Meanvariancia (short nélkül)	–55,93	–53,91
	Minimumvariancia (shorttal)	–39,18	–45,04
	Meanvariancia (shorttal)	–38,78	–60,47

Forrás: saját szerkesztés.

Az 5., a 6. és a 7. táblázat adatai együttesen igazolják a kutatás központi tézisé: a két szektor közötti erőviszonyok 180 fokban fordultak meg, az aktív portfóliókezelés pedig mindkét időszakban képes volt értéket teremteni.

A 7. táblázat legszembetűnőbb üzenete a hozam és a Sharpe-ráta drámai megfordulása. Míg a 2010–2020-as periódusban az alternatív/megújulószektor volt a befektetések egyértelmű nyertese (14,76%-os évesített hozammal és 56,58%-os

Sharpe-rátával a legfejlettebb stratégiánál), addig a 2021–2025-ös időszakban a hagyományosenergia-szektor aratott elsőprő győzelmet (24,15%-os hozam és kiemelkedő, 80,68%-os Sharpe-ráta). Az optimalizálás hozzáadott értéke mindkét periódusban megmutatkozott: a naív stratégiától a minimumvariancia, majd a meanvariancia felé haladva a kockázatkorrigált hozamok jellemzően javultak.

A kockázat mélyebb elemzéséhez a Sortino-ráta és a maximális visszaesés (MDD) nyújt további betekintést. Mindkét periódus nyertes szektoránál a Sortino-ráta szignifikánsan magasabb volt a Sharpe-rátánál (pl. az első periódusban az alternatív/megújulószektornál 78,47, illetve 56,58%), ami azt jelzi, hogy a volatilitás a befektetők számára kedvező, pozitív hozamok irányába tolódott el. Az MDD a befektetők fájdalom mutatójaként szintén a fordulatot tükrözi: az első periódusban a hagyományos portfóliók szenvedték el a nagyobb, akár 87,02%-os visszaesést, míg a másodikban az alternatív/megújuló portfóliók mutattak drámai, –60,47%-os MDD-értéket. A Treynor-ráta extrém értékei a piaci környezet megváltozását mutatják; a hagyományosenergia-szektor rendkívüli pozitív rátái a második periódusban a vállalt piaci kockázathoz képest elért rendkívüli többlethozamot jelzik.

Az aktív stratégiák sikerének kulcsa az 5. és a 6. táblázatban látható allokációs döntésekben rejlik, különösen a shortolás adaptív szerepében. A modell mindkét periódusban következetesen azonosította a relatíve alulteljesítő eszközöket (az OIH és a TAN ETF-eket), és ellenük agresszív shortpozíciókat vett fel.

A 2010–2020-as bikapiacon¹ az alternatív/megújulószektoron belül a TAN ETF shortolása egy offenzív, hozammaximalizáló lépés volt, ami a Sharpe-rátát 35,08%-ról 56,58%-ra emelte. Ezzel szemben a 2021–2025-ös időszakban az alternatív/megújulószektor medvepiacán² a TAN shortolása defenzív, veszteségmérés-kló eszközzé vált, amely a naív stratégia katasztrofális, –56,80%-os Sharpe-rátáját egy sokkal tolerálhatóbb értékre (–4,13%) javította. Ez bizonyítja, hogy a modern, korlátok nélküli portfóliókezelés nemcsak a nyereség maximalizálásáról, hanem egy kedvezőtlen piaci környezetben a tőke megóvásáról is szól.

¹ A bikapiac (*bull market*) a tartós áremelkedés és a befektetők optimizmus időszaka.

² A medvepiac (*bear market*) a csökkenő árak és a pesszimista befektetők hangulat időszaka.

4. Diszkusszió

Jelen kutatás a hagyományos és az alternatív/megújuló energia ETF-ek (tőzsdén kereskedett alapok) közötti diverzifikációs potenciál átalakulását vizsgálta, egy komparatív elemzési keretrendszerben, amely két, fundamentálisan eltérő piaci időszakot – egy békeidőszakot (2010–2020) és egy válságidőszakot (2021–2025) – állított szembe. A kutatás egy több pilléren nyugvó, robusztus ökonometriai eszköztárat alkalmazott, beleértve a kopulaanalízist és az aszimmetrikus dinamikus feltételes korrelációs (ADCC–GARCH-) modelleket, hogy feltárja a két szektor közötti komplex, statikus és dinamikus függőségi viszonyokat. Az empirikus eredmények alapján levonható következtetések messzemenő implikációkkal bírnak mind a befektetők, mind a szakpolitikai döntéshozók számára, miközben kijelölik a jövőbeli kutatások lehetséges irányait is.

4.1. A főbb kutatási eredmények szintézise

A kutatás legfontosabb és legátfogóbb eredménye a két energiaszektor közötti erőviszonyok teljes, 180 fokos fordulatának számszerűsített igazolása a vizsgált két periódus között. Míg a 2010–2020 közötti, alacsony kamatkörnyezettel és a zöld átmenet iránti optimizmussal fémjelzett békeidőszakban az alternatív/megújuló-szektorra nyújtott kimagasló kockázatkorrigált hozamot, addig a 2021-től kezdődő, globális energiaválsággal, megugró inflációval és restriktív monetáris politikával terhelt válságidőszak a hagyományosenergia-szektor reneszánszát hozta el. Ez a drámai fordulat, amely a hozamokban, a Sharpe-rátákban és szinte minden releváns teljesítménymutatóban megmutatkozott, egyértelműen bizonyítja, hogy a zöld prémium nem egy statikus, időtálló jelenség, hanem erősen időszakfüggő, és a makrogazdasági környezet változásaira rendkívül érzékenyen reagál.

A második kulcsfontosságú megállapítás a két szektor belső függőségi szerkezetének eltérő evolúciója. A hagyományosenergia-szektor mindkét periódusban egy időszakfüggetlen, monolitikus blokként viselkedett, ahol a szektoron belüli korrelációk rendkívül magasak maradtak (jellemzően 0,9 felett). Ez a homogén struktúra azt implicálja, hogy a hagyományosenergia-szektoron belüli diverzifikációval elérhető kockázatsökkentés mértéke elhanyagolható, mivel az egyes eszközök mozgását egyetlen, domináns tényező (a fosszilis energiahordozók világpiaci ára) határozza meg.

Ezzel éles ellentétben a kutatás feltárta az alternatív/megújulószektor belső szerkezetének drámai felbomlását a válságidőszak hatására. Míg a békeidőszakban

a szektor viszonylag egységesen mozgott, a 2021–2025-ös periódusban a napenergia-fókuszú TAN ETF-korrelációja a szektor többi tagjával gyakorlatilag 0-ra csökkent, korrelációs együtthatója gyakorlatilag 0. Ez a jelenség arra utal, hogy az alternatív/megújulópiac már nem kezelhető egységes befektetési kategóriaként; a különböző technológiai alszektorok (nap-, szélenergia, intelligens hálózatok) a megváltozott gazdasági környezetre, különösen a kamatemelésekre és az ellátási láncok problémáira eltérő módon reagáltak. Ez a belső törés paradox módon új, szektoron belüli diverzifikációs és kockázatfedezeti lehetőségeket teremtett a befektetők számára.

A kutatás, a dinamikus modellek segítségével, igazolta a diverzifikáció strukturális, időszakfüggetlen korlátait is. Az ADCC–GARCH-modellek eredményei rámutattak a korrelációk erős perzisztenciájára (memóriájára), az aszimmetrikus hatások jelenlétére, valamint a kopulaanalízis megerősítette a két szektor közötti szélsőérték-függőséget. Ez azt jelenti, hogy a szélsőséges piaci események, különösen a negatív sokkok (piaci pánikok) idején a két szektor közötti korreláció hajlamos megerősödni, ami a diverzifikáció előnyeit éppen akkor erodálja, amikor a legnagyobb szükség lenne rájuk. Ez a *correlation breakdown* jelenség egy olyan strukturális kockázat, amellyel a befektetőknek mindkét piaci környezetben számolniuk kell.

4.2. Következtetések befektetők és szakpolitikai döntéshozók számára

4.2.1. Befektetői implikációk

1. Az eredmények arra utalnak, hogy a statikus allokációk kockázatai a vizsgált időszakokban növekedtek. A kutatás legfontosabb gyakorlati üzenete, hogy a „vedd és tartsd!” stratégiák, amelyek a zöld prémium tartós fennmaradására építenek, komoly kockázatokat hordoznak. A befektetőknek fel kell ismerniük, hogy az energiapiacok ciklikusak és időszakfüggők. A portfólióallokációs döntéseket dinamikusán, a mindenkori makrogazdasági környezethez (infláció, kamatpolitika, gazdasági növekedés) igazítva kell meghozni.
2. Az aktív portfóliókezelés értéke vonatkozásában az eredmények egyértelműen alátámasztják az aktív, kvantitatív portfóliókezelési stratégiák létjogosultságát. A modern portfólióelméleten alapuló optimalizálási eljárások, különösen a shortolási lehetőséget is magukban foglaló stratégiák, mindkét időszakban szignifikáns többletértéket teremtettek. A válságidőszak medvepiacán az adaptív shortolás nem csupán hozamnövelő, hanem egy kulcsfontosságú, defenzív, tőkemegővő eszközzé vált, amely képes volt egy katasztrofális teljesítményt egy menedzselhető szintre javítani.

3. A kutatás a diverzifikációt is újraértelmezi. A befektetőknek túl kell lépniük a hagyományos- és az alternatív/megújulószektorok közötti egyszerű diverzifikáción. Az alternatív/megújulószektor belső felbomlása azt jelzi, hogy a jövőben a technológiai alszektorok (nap-, szél- és hidrogénenergia, valamint hálózatfejlesztés) közötti diverzifikáció válhat a kockázatkezelés kulcsává. A TAN ETF 0-ra csökkent korrelációja a szektor többi tagjához képest kiváló példa arra, hogy a szektoron belül is lehetnek olyan eszközök, amelyek menedékként vagy fedezeti eszközként funkcionálhatnak.

4.2.2. Szakpolitikai implikációk

1. A kutatás eredményeként a válságidőszak alatti drámai alulteljesítés rávilágít az alternatív/megújulóenergia-szektor makrogazdasági sérülékenységére. Az alternatív/megújuló energia ETF-ek gyakran magas tőkeigényű, hosszú távú projektekre épülnek, így rendkívül érzékenyek a finanszírozási költségek (kamatok) emelkedésére és az ellátási láncok zavaraira. A dekarbonizációs célok eléréséhez elengedhetetlen egy olyan stabil és kiszámítható szabályozói és támogatási környezet (mint az EU zöld megállapodása vagy az amerikai inflációcsökkentési törvény), amely tompítja ezen külső sokkok hatását, és vonzóvá teszi a hosszú távú magántőke-befektetéseket.
2. Az energiaátmenet kettős természete vonatkozásában az eredmények figyelmeztetnek arra, hogy a fosszilis energiahordozókról való átállás nem lehet egy lineáris, zökkenőmentes folyamat. A hagyományosenergia-szektor válság alatti kiemelkedő teljesítménye és stabilizáló szerepe azt mutatja, hogy ezek az eszközök a gazdasági struktúrák mélyén beágyazódva továbbra is ellátják az energiaellátás biztonságának és a gazdasági működésnek a kritikus funkcióit. A szakpolitikának egyensúlyt kell teremtenie a zöld átmenet gyorsítása és az ellátásbiztonság fenntartása között, elismerve a hagyományosenergia-szektor átmeneti, de nélkülözhetetlen szerepét.

4.3. A kutatás korlátai

Bár a tanulmány robusztus módszertant alkalmazott, fontos elismerni annak korlátait, amelyek egyúttal a jövőbeli kutatások irányait is kijelölik. A kutatás korlátai:

1. *Földrajzi és eszközspecifikus fókusz.* Az elemzés kizárólag az amerikai tőzsdén jegyzett, dollárban denominált ETF-ekre korlátozódott. Az eredmények általánosíthatósága ezért további vizsgálatot igényel más földrajzi régiókban (pl. Európa, Ázsia), ahol az energiapolitikai és -szabályozói környezet eltérő. Továbbá az ETF-ek helyett egyedi részvények elemzése esetlegesen

- mélyebb betekintést nyújthatna a szektorokon belüli vállalatspecifikus dinamikákba.
2. *Exogén módon meghatározott időszakok.* A békeidőszak és a válságidőszak közötti töréspontot a tanulmány exogén módon, a releváns gazdasági események alapján jelölte ki. Bár ez a megközelítés gazdaságilag megalapozott, egy endogén töréspontkereső eljárás (pl. Markov-switching-modellek) statisztikailag precízebben azonosíthatná az időszakváltások pontos időpontját és természetét.
 3. *A makrogazdasági tényezők implicit kezelése.* A tanulmány leírta a megváltozott makrogazdasági környezetet, de a kvantitatív modellek (ADCC–GARCH) nem foglalták magukban explicit módon a makroökonómiai változókat (pl. kamatlábak, inflációs adatok, geopolitikai kockázati indexek). Ezen tényezők bevonása a modellekbe pontosabban magyarázhatná a korrelációs dinamikák mögött meghúzódó okokat.

4.4. Jövőbeli kutatási irányok

A fenti korlátokból kiindulva a jövőbeli kutatások számos irányba bővíthetik jelen tanulmány eredményeit. Különösen ígéretes lenne egy olyan többváltozós modell keretében vizsgálni az energia ETF-ek kapcsolatrendszerét, amely explicit módon modellezi a kamatlábak, az inflációs várakozások és a szakpolitikai bejelentések hatását a hozamokra és a korrelációkra. Emellett az alternatív/megújulószektor belső fragmentációjának mélyebb vizsgálata, például a különböző technológiák (nap- és szélenergia-hasznosítás, hidrogéntechnológia, energiatárolás) közötti volatilitásátgűrűzési hatások elemzése, értékes betekintést nyújthatna a jövő diverzifikációs stratégiáihoz. Végezetül, a most azonosított dinamikus korrelációs mintázatokra épülő, összetettebb, gépi tanuláson alapuló portfólióallokációs stratégiák kidolgozása és visszatesztelése fontos gyakorlati hozzájárulást jelenthetne a modern vagyonkezelés számára.

Irodalom

- Bollerslev, T. (1986): Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3): 307–327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- Cappiello, L. – Engle, R. F. – Sheppard, K. (2006): Asymmetric dynamics in the correlations of global equity and bond returns. *Journal of Financial Econometrics*, 4(4), 537–572. <https://doi.org/10.1093/jfinec/nbl005>
- Clayton, D. G. (1978): A model for association in bivariate life tables and its application in epidemiological studies of familial tendency in chronic disease incidence. *Biometrika*, 65(1), 141–151. <https://doi.org/10.2307/2335289>
- Dowd, K. (2002): *Measuring Market Risk*. John Wiley & Sons. Chichester. <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5676/07/L-G-0000567607-0015227080.pdf>
- Engle, R. F. (1982): Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007. <https://doi.org/10.2307/1912773>
- Fama, E. F. (1970): Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383–417. <https://doi.org/10.2307/2325486>
- Gumbel, E. J. (1960): Bivariate exponential distributions. *Journal of the American Statistical Association*, 55(292), 698–707. <https://doi.org/10.2307/2281591>
- Henriques, I. – Sadorsky, P. (2008): Oil prices and the stock prices of alternative energy companies. *Energy Economics*, 30(3), 998–1010. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.11.001>
- Lintner, J. (1965): The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *The Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13–37. <https://doi.org/10.2307/1924119>
- Markowitz, H. (1952): Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Miralles-Marcelo, J. L. – Miralles-Quiros, M. M. – Miralles-Quiros, J. L. (2018): Are alternative energies a real alternative for investors? *Energy Economics*, 78, 535–545. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.12.008>
- Sadorsky, P. (2012): Correlations and volatility spillovers between oil prices and the stock prices of clean energy and technology companies. *Energy Economics*, 34(1), 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.03.006>
- Sharpe, W. F. (1964): Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425–442. <https://doi.org/10.2307/2977928>
- Sklar, A. (1959): Fonctions de répartition à n dimensions et leurs marges. *Publications de l'Institut de Statistique de l'Université de Paris*, 8, 229–231. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4198458>
- Sortino, F. A. – van der Meer, R. (1991): Downside Risk. *The Journal of Portfolio Management*, 17(4), 27–31. <https://doi.org/10.3905/jpm.1991.409343>
- Treynor, J. L. (1961): *Market Value, Time, and Risk*. Nem publikált kézirat. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2600356>
- Vancsura, L. – Tatay, T. – Bareith, T. (2023): Evaluating the Effectiveness of Modern Forecasting Models in Predicting Commodity Futures Prices in Volatile Economic Times. *Risks*, 11(2), 27. <https://doi.org/10.3390/risks11020027>
- Varga J. (2009): Fogalmak, módszerek. Feltételes követések árazása – kopula módszerek alkalmazása teljes piacokon. *Sigma*, 60(3-4), 47–58. <https://journals.lib.pte.hu/index.php/sigma/article/view/339>