

# **Tézisfüzet**

## **Investigating Systemic Risk With Co-occurrence Networks**

*Studies from the fields of sovereign bond and energy  
markets*

***Kotró Balázs Bence***

*Témavezető: Huszár Zsuzsa Réka Ph.D.*

# 1. Motiváció

A dolgozat célja, hogy áttekintést adjon a rendszerkockázat különböző aspektusairól, amelyek több forrásból származhatnak, például a pénzügyi szektorból és az energiapiacból. Ezekon kívül létezhetnek további potenciális források is, melyek még azonosításra várnak.

A rendszerkockázat, amely pénzügyi és a gazdasági területen kulcsfontosságú fogalom, olyan potenciális zavarokra vagy sokkokra utal, amelyek összekapcsolt pénzintézeteken és piacokon keresztül terjedhetnek. Ez széleskörű zavarokat és akár súlyos következményeket is okozhat az egész pénzügyi rendszerben és gazdaságban. A kifejezés alapján a rendszerkockázat a pénzügyi rendszert és kiterjesztve a tágabb gazdaság stabilitását fenyegeti, különösen koncentrált piacokon. Ez különbözik a szisztematikus kockázattól, amely piaci szintű tényezőket érint, mint például a kamatlábak és gazdasági ciklusok. Míg a szisztematikus kockázat viszonylag előrelátható és számszerűsíthető, a rendszerkockázat összetettebb és nehezen értékelhető.

A rendszerkockázat fogalma először a bankszektorban jelent meg, mivel a banki problémák jelentős hatással lehetnek a tágabb pénzügyi rendszerre. Kezdetben a "rendszerkockázat" kifejezés olyan fenyegetéseket jelölt, amelyek a pénzügyi rendszer általános stabilitását veszélyeztették, beleértve a széleskörű összeomlásokat és zavarokat. A "túl nagy, hogy csődbe menjen" kifejezés a globális pénzügyi válság (GFC) idején vált közismertté, és azt közvetíti, hogy bizonyos bankok annyira nagyok és elengedhetetlenek a gazdaság működéséhez, hogy azok bukása súlyos rendszerkockázati következményekkel járhatna.

Bár a rendszerkockázat a bankszektorból ered, ahol az összekapcsolt intézmények és piacok erősíthetik a zavarokat vagy sokkokat, ez a fajta kockázat túlmutat ezen a területen, és más piacokat is érint, például az államkötvény-piacot és az energiaipart. A dolgozat célja a

rendszerkockázat terminológiájának szélesítése, ezen szempontok mentén.

A disszertáció III. fejezete az államkötvény-piacokon megfigyelt rendszerkockázattal foglalkozik. A globális pénzügyi válság fokozta az adósságpiacok sérülékenységével kapcsolatos aggodalmakat. Európában ezeket a félelmeket tovább erősítette az európai államadósság-válság (ESDC) és egy államcsőd bekövetkeztének kockázata, valamint annak potenciális hatásai más európai adósságpiacokra. Nem meglepő tehát, hogy a rendszerkockázattal kapcsolatos legtöbb tanulmány erre a régióra koncentrált ebben az időszakban. Mivel a rendszerkockázat gyakran összefügg azzal, hogy egy eszköz vagy intézmény pénzügyi nehézségei hogyan hatnak más eszközökre vagy az egész pénzügyi rendszerre, a rendszerkockázat azonosítható a kudarcok terjedésével egyik eszköztől, intézménytől vagy piacról a másikra. Számos tanulmány, mely az államkötvény-piacokon vizsgálja a rendszerkockázatot, ezt a koncepciót alkalmazza, figyelembe véve egy ország lehetséges államcsődjének hatásait más államkötvény-piacokra. (Reboredo és Ugolini, (2015)).

A IV. és V. fejezetben az energiaipari piaccal kapcsolatos rendszerkockázat kerül kitérőre. Az energiapiac kulcsfontosságú szerepet tölt be a gazdasági rendszerben, és az utóbbi években növekvő volatilitás jellemzi az energiaárakat, ami magas kockázatot és jelentős bizonytalanságot eredményez (Ji és Zhang, (2019)). Az ilyen ingadozások jelentős hatással vannak a reálgazdaságra, és közvetett fenyegetést jelentenek a pénzügyi rendszer stabilitására, globálisan nézve esetleges rendszerkockázatot teremtve. Az energiapiaci tanulmányokban a rendszerkockázat elsősorban az ár- és volatilitási sokkok átvitelével függ össze (Lautier és Raynaud, (2012)). A GFC óta egyre nagyobb figyelem irányul a különböző piacok közti kockázat átterjedésre az energiaipari rendszerben, különösen a turbulens időszakokban. A főbb fókuszterületek közé tartoznak a kockázat átterjedések különböző energiapiacok között, átterjedések a különböző árupiacokra, és átterjedések a részvényt piacokra.

A pénzügyi hálózatok hasznosak a rendszerkockázat számszerűsítéséhez, mivel feltérképezik az összekapcsolt pénzügyi intézményeket és piacokat. Az ilyen hálózatok összetett rendszerek, amelyek számos intézményből és eszközből állnak, melyek különféle módokon kapcsolódnak egymáshoz. A különböző pénzügyi hálózatok jellegében mutatkozó különbségek ellenére minden modell hangsúlyozza, hogy a hálózatban kimutatott kapcsolatok hozzájárulnak a rendszerkockázathoz. A pénzügyi hálózatok formális modellezésével a rendszerkockázat forrásai mérhetők, előre jelezhetők és nyomon követhetők.

Sok esetben a pénzügyi szereplők nem mindig közvetlenül kapcsolódnak egymáshoz pénzáramlásokon, részvénytulajdonokon vagy pénzügyi kitettségeken keresztül, hanem inkább közvetett, együttes-előfordulások révén, mint például a közös jellemzők, hasonlóságok vagy korrelációk (Bardoscia et al., (2021)). Gyakori példa az ilyen együttes-előfordulási hálózatokra az, amikor a csomópontok pénzügyi entitásokat jelölnek, melyeket pedig egy empirikus idősor jellemez, például a részvény árfolyama. Ezen csomópontok kapcsolatai a mért korreláció (Tumminello et al., (2005); Kremer et al., (2019)) vagy ok-okozati összefüggés (Billio et al., (2012)) alapján vannak súlyozva.

## 2. Felhasznált módszertanok

### 2.1. A Diebold-Li hozamgörbe dekompozíció módszer

Nelson és Siegel, (1987) egy rugalmas keretrendszert javasol, amely exponenciális komponenseken alapul, és hatékonyan ragad meg számos valós hozamgörbe alakot, például a meredek, ereszkedő és domború görbéket. Ez a keretrendszer lehetővé teszi a becsült faktorok értelmezését. Diebold és Li, (2006) (D-L) kibővíti a Nelson-Siegel (N-S) megközelítést azáltal, hogy lehetővé teszi a látens faktorok dinamikus változását. A modell egyik kulcsfontosságú szempontja, hogy a faktorok Szint, Meredekség és Görbület fogalmakként értelmezhetők, ahogy Diebold et al., (2006) bemutatja. Az N-S és D-L modellekre építve, ezek a komponensek magukban foglalják a hozamgörbe időbeli szerkezetében található információk nagy részét. A D-L modell sokoldalú és széles körben alkalmazható különböző piacokon. Az észlelt hozamgörbét a következő egyenlettel lehet leírni:

$$y_{\tau} = \beta_1 + \beta_2 \left( \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} \right) + \beta_3 \left( \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right)$$

ahol  $y_{\tau}$  jelöli a  $\tau$  lejáratra szóló hozamokat,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  és  $\beta_3$  a Szint, Meredekség, és a Görbület paraméterek. A  $\lambda$  pedig egy paraméter, ami a D-L faktorokat szabályozza.

### 2.2. The Toda-Yamamoto oksági modell

A Toda és Yamamoto, (1995) modell (a továbbiakban T-Y) kulcsfontosságú eszköz a kutatók számára, akik gazdasági adatokban előforduló összetett kauzális összefüggéseket vizsgálnak. Ez a modell kiterjeszti a hagyományos Granger oksági tesztet, hogy az alkalmazható legyen nem stacionárius idősorokra is, értékes betekintést nyújtva ezzel

a gazdasági változók közötti dinamikus kölcsönhatásokba. Ahogy T-Y kiemeli, a klasszikus Granger kauzalitási teszt (Granger, (1969)), kointegrált idősorok VAR-modelljén alapulva, hamis összefüggéseket eredményezhet (Dolado és Lütkepohl, (1996); Zapata és Rambaldi, (1997); Pittis, (1999)). A T-Y modell ezt a problémát egy módosított Wald-tesztel (MWald) orvosolja, amely korlátozásokat vezet be a VAR( $p$ ) modell paramétereire. A teszt a  $\chi_p$  eloszláson alapszik, ahol  $p' = p + d^{max}$ . A VAR modell rendje ( $p$ ) mesterségesen megemelésre kerül  $d^{max}$ -szal, ami az integráció maximális rendje. Ezután egy ( $p + d^{max}$ ) rendű VAR modell kerül megbecslésre, ahol az utolsó  $d^{max}$  késleltetési koefficienset figyelmen kívül hagyjuk. A ( $p + d^{max}$ ) rendű VAR modellt az alábbi két egyenlet írja le

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \delta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d^{max}} \alpha_{1j} Y_{t-j} + \sum_{j=1}^p \theta_{1i} X_{t-j} + \sum_{j=p+1}^{d^{max}} \beta_{1j} X_{t-j} + \omega_{1t}$$

$$X_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^p \delta_{2i} Y_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d^{max}} \alpha_{2j} Y_{t-j} + \sum_{j=1}^p \theta_{2i} X_{t-j} + \sum_{j=p+1}^{d^{max}} \beta_{2j} X_{t-j} + \omega_{2t}$$

ahol  $\alpha, \delta, \theta, \beta$  modell paraméterek,  $p$  az eredeti VAR modell optimális késleltetése,  $\omega_{1t}$  és  $\omega_{2t}$  a VAR modell hibatagjai és a  $d^{max}$  pedig az integráció maximális rendje.

### 2.3. The Diebold-Yilmaz átterjedési módszer

Diebold és Yilmaz, (2009), Diebold és Yilmaz, (2012), Diebold és Yilmaz, (2014) (a továbbiakban D-Y) átterjedési indexe népszerű módszer a teljes összekapcsoltság mérésére egy véletlen változókból álló dinamikus rendszerben. A Diebold-Yilmaz (D-Y) módszer VAR modellen alapul (Sims, (1980)) és különös hangsúlyt fektet az előrejelzési hibavariancia dekompozíció (FEVD) számítására. A modell egy általánosított VAR keretrendszert használ (Koop et al., (1996)), amely megőrzi az FEVD invarianciáját a változók sorrendjét illetően, így elkerülve a VAR modellben változók sorrendjére való érzékenységet. Ez a megközelítés különösen előnyös a jelenlegi kontextusban, mivel a

volatilitás átterjedésének mértékét jellemzi, és nem a strukturális sokkok okozta hatásokat, így preferált választásnak számít (Diebold és Yilmaz, (2023)).

Általánosított VAR modell keretrendszerben egy  $N$  változóból álló kovariancia-stacionárius VAR( $p$ ) modellt tekintünk, úgy, hogy  $Y_t = \psi_i Y_{t-i} + e_t$ , ahol  $e_t \sim i. i. d(0, \Sigma)$  egy  $N \times 1$  reziduális vektor. A VAR modell mozgóátlag reprezentációja  $Y_t = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_i A_j + e_{t-j}$  formában áll elő, ahol  $A_j$  egy  $N \times N$  koefficiens mátrix.  $A_j$  rekurzívan áll elő:  $A_j = \psi_1 A_{j-1} + \psi_2 A_{j-2} + \dots + \psi_p A_{j-p}$ .  $A_0$  egy egységmátrix és  $A_j = 0$   $j < 0$  esetén. Diebold és Yilmaz, (2012) egy általánosított VAR modellt használnak arra, hogy kiszámolják az előrejelzési hibavariancia dekompozíciót  $H$  lépés esetén az alábbiak szerint:

$$\Phi_{ij}(H) = \frac{\sigma_{ii}^{-1} \sum_{h=0}^{H-1} (e'_i A_h \Sigma e_j)^2}{\sum_{h=0}^{H-1} (e'_i A'_h \Sigma e_i)}$$

ahol  $\sigma_{ii}$  az  $i$ -edik diagonális eleme a hibatagok varianciamátrixának,  $\Sigma$ -nak. Mivel a  $\sigma_{ij}(H)$  nem minden sorának összege egyenlő 1-gyel, a mátrix minden elemét normalizáljuk az alábbi arány kiszámításával:

$$\tilde{\Phi}_{ij}(H) = \frac{\Phi_{ij}(H)}{\sum_{j=1}^N \Phi_{ij}(H)}$$

így a dekompozíció, amely magában foglalja az egyes piacok sokkjait, egységnyi lesz, azaz,  $\sum_{j=1}^N \tilde{\Phi}_{ij}(H) = 1$  és az összes változó teljes dekompozíciója összeadva  $N$ -t ad ki, vagyis,  $\sum_{i,j=1}^N \tilde{\Phi}_{ij}(H) = N$ . A teljes átterjedési index az alábbiak alapján számítható

$$TS(H) = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^N \tilde{\Phi}_{ij}(H)}{N} \cdot 100$$

A teljes átterjedési index megadja az összes eszköz előrejelzési hibavariancia dekompozícióhoz való hozzájárulását. Hasonlóképpen, az irányított átterjedések, amelyek az  $i$  eszköz a  $j$  eszköz univerzumától

kapott volatilitási átterjedéseket mérik, a következőképpen kerülnek kiszámításra:

$$DS_{i \leftarrow j}(H) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\Phi}_{ij}(H)}{N} \cdot 100$$

és

$$DS_{i \rightarrow j}(H) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\Phi}_{ji}(H)}{N} \cdot 100$$

Végül az egyik változóról a másikra történő nettó átterjedést az előző két egyenlet különbségével számoljuk ki.

$$NS_i(H) = DS_{i \rightarrow j}(H) - DS_{i \leftarrow j}(H).$$



### 3. Fő eredmények

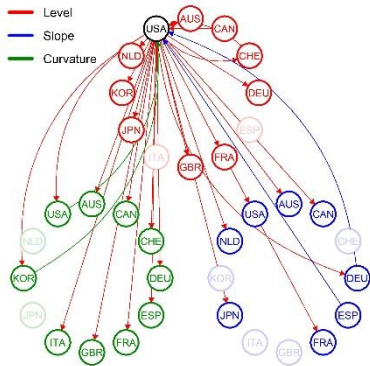
#### 3.1. The impact of crisis periods and monetary decisions of the Fed and the ECB on the sovereign yield curve network

Ez a tanulmány négy fő hozzájárulást kínál a meglévő irodalomhoz. Először is, ez az első olyan kutatás, amely a [Toda-Yamamoto, \(1995\)](#) oksági tesztet alkalmazza egy átfogó szuverén hozamgörbe hálózat elemzésére hosszabb időszakon keresztül. Míg a Time-Varying Parameter Vector Autoregression (TVP-VAR) modellt nemrégiben kezdték alkalmazni a hálózatelemzéshez ([Rossi, \(2005\)](#); [Rossi és Wang, \(2019\)](#)), a Toda-Yamamoto modell választását egyszerűsége és rugalmassága indokolja, amely elkerüli a TVP-VAR-hoz kapcsolódó komplexitásokat kointegrált idősorok esetén.

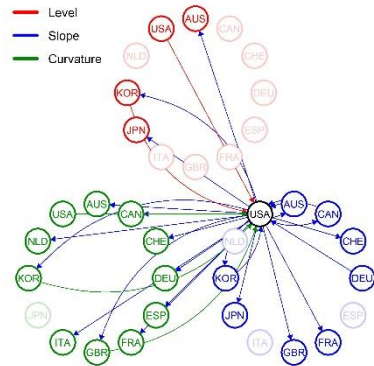
A T-Y oksági teszt alkalmazható függetlenül attól, hogy az idősorok  $I(0)$ ,  $I(1)$ , vagy  $I(2)$  rendben integrálta, vagy hogy bármilyen rendben kointegráltak-e. Ez a megközelítés kiküszöböli az egységgyök és kointegrációs tesztekéből származó torzításokat azáltal, hogy elkerüli a rendszer kointegrációs tulajdonságainak előzetes tesztelését. Ezen tanulmány több kointegrált hozamgörbe-faktor pár jelenlétét mutatja be az Engle-Granger ([Engle és Granger, \(1987\)](#)) és Johansen ([Johansen, \(1988\)](#)) tesztek segítségével.

Másodszor, ez a tanulmány egy nagy adatállományt elemez 12 ország szuverén hozamgörbéiről 23 éven át, a [Diebold és Li, \(2006\)](#) modellből kapott Szint, Meredekség és Görbület faktorok felhasználásával. Vizsgálja a szuverén hozamgörbe tényezők közötti összekapcsolódásokat, és jelentős összeköttetéseket mutat ki a Szint, Meredekség és Görbület alhálózatok között. A tanulmány azonosítja az Egyesült Államok faktorjait, mint a szuverén hozamgörbe hálózat domináns kulcsrésztvevőit az összes részidőszakban, némi időbeli variációval. Ezek a megállapítások más, a közelmúltban készült hozamgörbékkel kapcsolatos kutatásokra épülnek, amelyek a Szint,

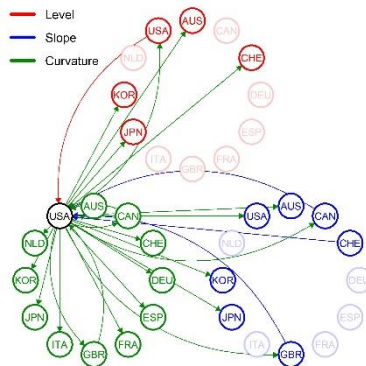
Merekség és Görbület faktorok hálózatai közötti áterjedési hatásokat ugyan vizsgálták, de nem azonosították a rendszer elsődleges csomópontjait.



USA Level



USA Slope

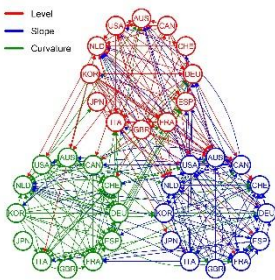


USA Curvature

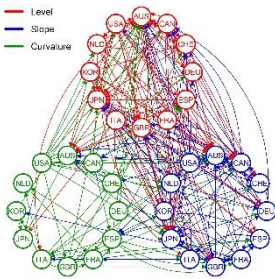
***Az Egyesült Államok csomópontjainak szerepe a rendszerben, statikus Toda-Yamamoto modellel becslve***

*Megjegyzések: A Szint faktorok piros színnel, a Merekség faktorok kék színnel, a Görbület faktorok pedig zöld színnel vannak megjelenítve. Egy nyíl a két faktor között okozati összefüggést jelez, és a nyíl színe jelzi a forrásfaktort. Az idősorok maximálisan egyszer differenciáltak és az optimális készletelés az AIC alapján került megválasztásra. Az USA Szint faktorjai közül 31 (44,29%); a Merekség faktorok közül 29 (41,43%); a Görbület faktorok közül szintén 29 (41,43%) összeköttetés számít szignifikánsnak a lehetséges 70 (2 (12 + 12 + 11)) közül. A keresztkapcsolatok aránya 67,7% a Szint, 62,1% a Merekség és 38,0% a Görbület esetében.*

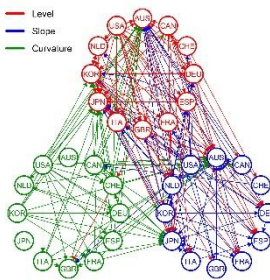
Harmadszor, ez a tanulmány egyedülálló betekintést nyújt a hálózat összetett struktúrájába, az alábbiak feltárásával: (1) a globális válságok sűrűbb hálózatokat eredményeznek a helyi válságokhoz képest; (2) az Egyesült Államok faktorjai kulcsszerepet játszanak a hálózatban, bár befolyásuk időben változik; (3) Kanada és az Egyesült Államok között fennálló szoros együttmozgás eredményeként Kanada a társ-vezérlő szerepet tölt be válságidőszakokban.



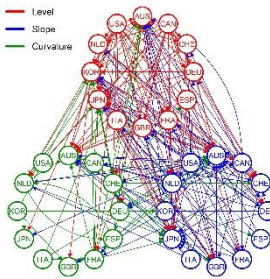
**Dotcom buborék (DCB)**



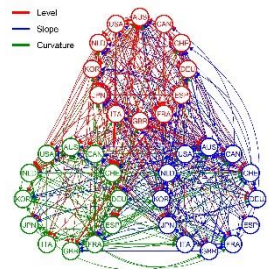
**Európai adósságválság**



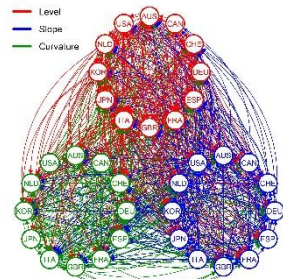
**Nyugodt periódus 1**



**Nyugodt periódus 2**



**GFC**



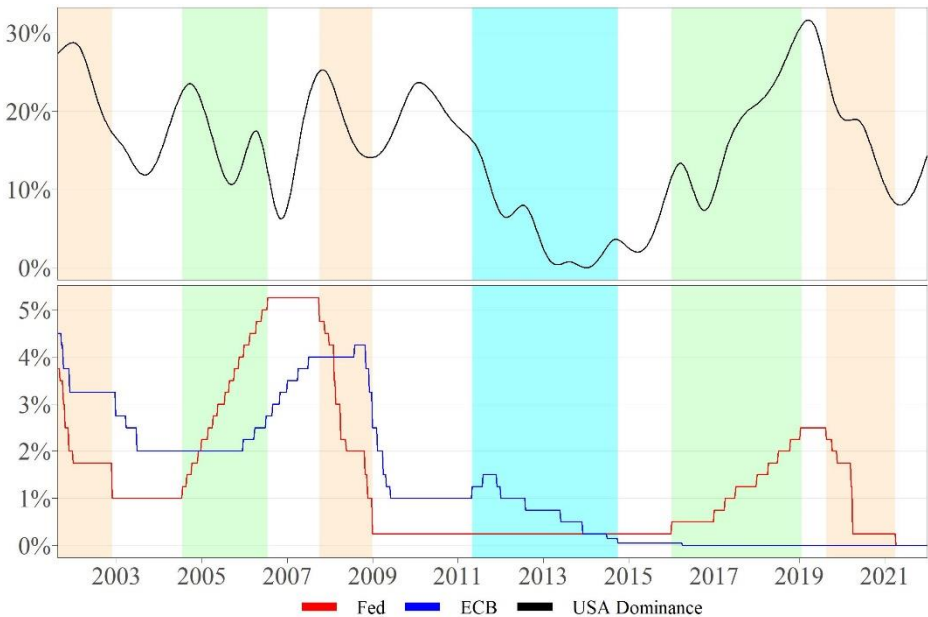
**Covid-19 Pandémia**

### **Hálózati összeköttetés különböző alidőszakokban, statikus Toda-Yamamoto modellel becsülve**

Megjegyzések: A Szint faktorok piros színnel, a Meredekség kék színnel, a Görbület zöld színnel vannak jelölve. Egy nyíl két faktor között az oksági irányt mutatja, és a nyíl színe a forrásfaktort jelzi. Az idősorok maximálisan egy alkalommal vannak differenciázva, és az ideális készletelés az AIC alapján került kiválasztásra. A DCB-ben a kapcsolatok száma: 236, a Ny 1 esetében: 206, a GFC esetében: 414, az ESDC esetében: 234, a Ny 2 esetében: 225, a C19 esetében: 763.

Végül ez a tanulmány hozzájárul a monetáris politikai döntések átterjedési hatásairól szóló irodalomhoz is, betekintéseket nyújtva a

monetáris politikai döntések következményeibe. A kutatás kiegészíti a korábbi szuverén hozamgörbe tanulmányokat azzal, hogy vizsgálja a kulcsfontosságú résztvevők hálózaton belüli dominanciájának dinamikáját, és ezeket a dinamikákat összekapcsolja a monetáris politikai döntésekkel. A Fed és az Európai Központi Bank (ECB) kamatemelési és kamatcsökkentési döntéseinek kulcsfontosságú résztvevőkre gyakorolt hatásának elemzése során a kutatás megállapítja, hogy az amerikai tényezők dominanciája akkor tetőzik, amikor a Fed vezet a kamatemelési ciklust, és akkor csökken, amikor az ECB vezet a kamatciklust.



***Az amerikai faktorok dinamikus dominanciája, dinamikus Toda-Yamamoto modell segítségével becsülve***

*Megjegyzések: Ablakméret 750 nap, a késleltetés az AIC által került meghatározásra. A narancssárga területek a Fed kamatvágását jelzik, a zölddel árnyékolt részek a Fed kamatemeléseit mutatják, a ciánszínű mező pedig azt a periódust jelzi, amikor az ECB vezet a kamatciklust. A piros vonal a Fed kamatlábait mutatja, míg a kék az ECB kamatlábait. A fekete vonal az amerikai faktorok összesített kimenő éleinek dinamikus arányát jelzi a teljes kimenő élek számához viszonyítva, köbös spline-nal simítva.*

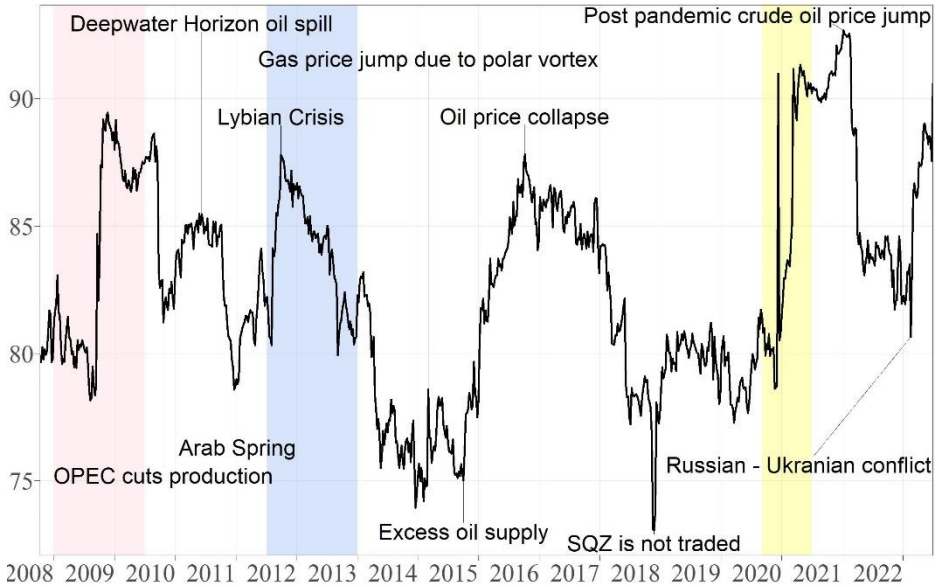
### **3.2. Dynamic volatility transfer in the European oil and gas industry**

Ez a tanulmány három jelentős ponton járul hozzá az irodalomhoz. Először is, átfogó elemzést nyújt a volatilitás átterjedésének dinamikájáról jelentős európai olaj- és földgázvállalatok esetén. A vizsgált periódus közel 20 év, (2003-tól 2022-ig) a kiválasztott vállalatok pedig az európai energiaszektor összpiaci kapitalizációjának több mint 90%-át fedik le. Az eddigi kutatások néhány nagyobb olajvállalatra koncentráltak (pl. [Antonakakis et al., \(2018\)](#)) valamint rövidebb időhorizontokra. A tanulmány három kulcsfontosságú exogén sokk időszakát öleli fel: a 2008-as globális pénzügyi válságot (GFC), az európai államadósság válságát (ESDC) és a COVID-19 járványt (C19).

Másodszor, ez a tanulmány teljes hálózati megközelítést alkalmaz, amely átfogóbb képet ad a jelentős európai energiaipari vállalatok közti volatilitás átterjedéséről. Míg a korábbi kutatások egyéni vállalatokra összpontosítottak mind normál, mind stressz időszakokban, ez a tanulmány az összes főbb résztvevőt magában foglalja az európai energiaipari szektorban, így azonosítva a legfontosabb nettó összeköttetéseket (vagyis a hálózatban lévő éleket). Ez a megközelítés rálátást nyújt a rendszer sérülékeny pontjaira.

Harmadszor, ezen tanulmány megkülönbözteti az Upstream, Downstream, Midstream és az Integrált Olaj- és Gázipari (IOG) szegmenseket a termelési lánc mentén, hogy meghatározza az európai energetikai cégek sajátos volatilitási átterjedései mögött álló mechanizmusokat.



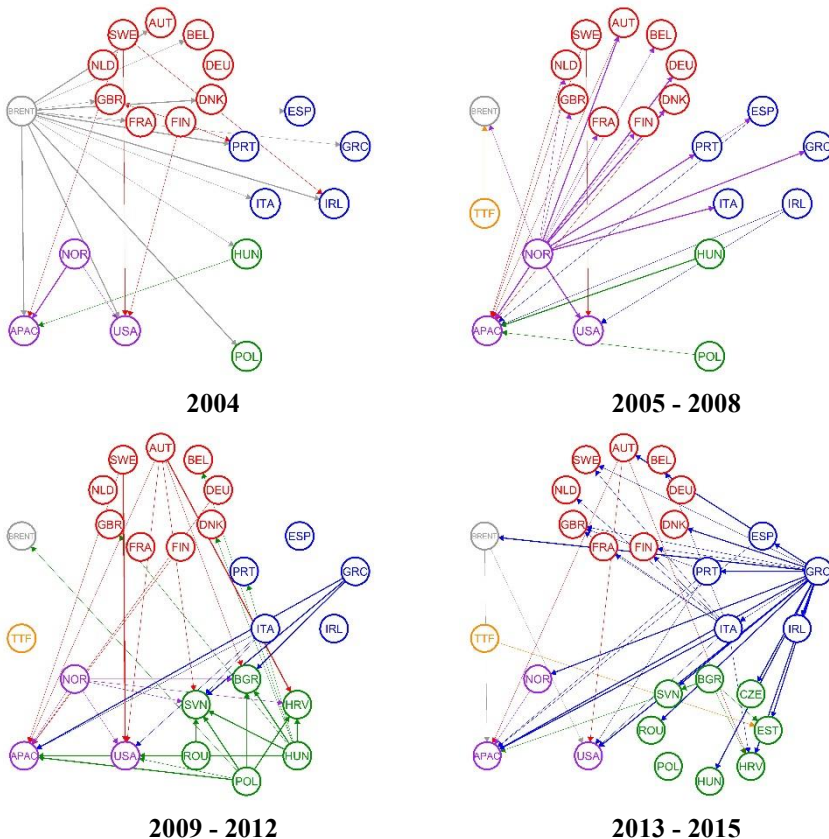


**A teljes volatilitási áttérjedés az megfigyelési időszak alatt**  
 Megjegyzések: A teljes volatilitás (100%) a bal tengelyen van feltüntetve. Az árnyékolt területek a különböző válság időszakokat jelzik, nevezetesen a GFC: 2008. január 1. - 2009. július 1. (rózsaszín terület), az ESDC: 2011. július 1. - 2013. január 1. (kék terület), és a C19: 2019. szeptember 1. - 2020. július 1. (sárga terület). Az ábra elkészítéséhez a késleltetés=3 és  $H=10$ , valamint 250 napos ablakméret modellbemenetek kerültek felhasználásra.



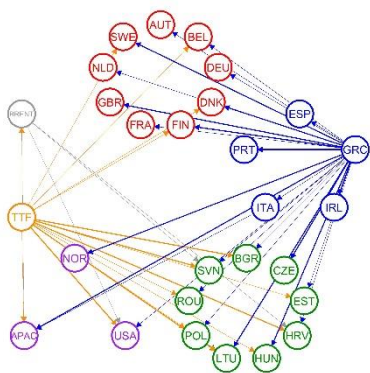
### 3.3. European equity markets volatility spillover: Destabilizing energy risk is the new normal

Ez a tanulmány az olaj- és földgázárak részvényindexekre gyakorolt hatásait vizsgálja, szélesebb perspektívát kínálva az energia árupiac és az energiakockázat különböző aspektusaira. A tanulmány három egyedi hozzájárulást tesz. Először alkalmazza a [Diebold és Yilmaz, \(2014\)](#) átterjedési indexet az Európai Gazdasági Térség (EEA) kontextusában, feltárva az európai gazdaságok közötti kapcsolatok dinamikáját, valamint azok gazdasági, politikai és energiaipari sokkokra adott reakcióit.

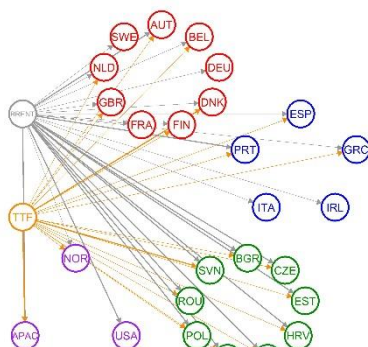


*A statikus volatilitás összekapcsoltsági hálózat különböző időszakok során*

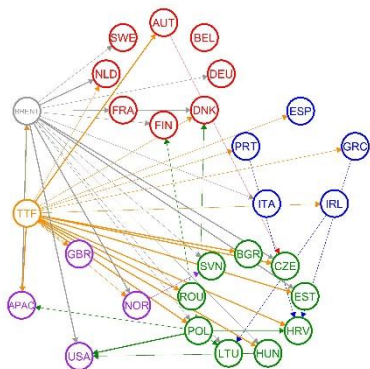




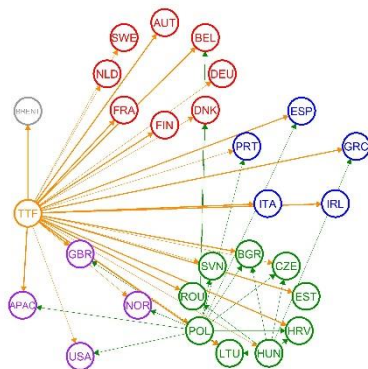
2016 - 2019



2020



2009 - 2012



2013 - 2015

### Groups

- Core EU countries
- PIIGS countries
- Countries joined EU after 2004
- Ex-EU countries
- Brent
- TTF

### *A statikus volatilitás összekapcsoltsági hálózat különböző időszakok során (folytatás)*

*Megjegyzés: Két csomópont között a nyíl az áterjedés irányát jelzi, a nyíl színe pedig az országcsoportot vagy az eszközt mutatja, ahonnan az áterjedés származik. A vékonyabb vonalak a legerősebb kapcsolatok felső 5%-át jelzik, míg a vastagabb vonalak a legfelső 1%-ot mutatják. Az ábra elkészítéséhez a késleltetés=3 és H=10 modellbemenetek kerültek felhasználásra.*

Másodszor, az olaj mellett a hálózati modellbe a földgáz (TTF) is bekerült, tekintettel Európa növekvő gázfüggőségére.

Végül, a tanulmány kiegészíti a Diebold és Yilmaz index szokásos alkalmazásait, és átfogó panelregressziós elemzést kínál a kőolaj- és földgázár-sokkok részvénypiacokra gyakorolt hatásairól. Ez a megközelítés teljesebb képet ad azáltal, hogy további, nem azonosított külső tényezőket is beépít a modellbe rögzített hatásokkal. A panelregressziós elemzésben a mintaországok részvénypiaci teljesítménye az MSCI index napi hozamai alapján kerültek kiértékelésre. Az eredmények azt mutatják, hogy a kőolaj- és földgázárak rendszerszinten befolyásolják a részvénypiacokat, és jelentősen hozzájárulnak az MSCI index volatilitásához. Különösen a viszonylag fejletlenebb tőzsdékkal vagy gyengébb hazai valutával rendelkező országok mutatnak nagyobb érzékenységet az energiasokkokra.

## 4. Főbb hivatkozások

- Antonakakis, N., Cunado, J., Filis, G., Gabauer, D., De Gracia, F.P., 2018. Oil volatility, oil and gas firms and portfolio diversification. *Energy Economics* 70, 499–515.
- Bardoscia, M., Barucca, P., Battiston, S., Caccioli, F., Cimini, G., Garlaschelli, D., Saracco, F., Squartini, T., Caldarelli, G., 2021. The physics of financial networks. *Nature Reviews Physics* 3, 490–507.
- Billio, M., Getmansky, M., Lo, A.W., Pelizzon, L., 2012. Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors. *Journal of Financial Economics* 104, 535–559.
- Dolado, J.J., Lutkepohl, H., 1996. Making Wald tests work for cointegrated VAR systems. *Econometric reviews* 15, 369–386.
- Engle, R.F., Granger, C.W., 1987. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 251–276.
- Diebold, F.X., Li, C., 2006. Forecasting the term structure of government bond yields. *Journal of Econometrics* 130, 337–364.
- Diebold, F.X., Li, C., Yue, V.Z., 2008. Global yield curve dynamics and interactions: a dynamic Nelson–Siegel approach. *Journal of Econometrics* 146, 351–363.
- Diebold, F.X., Rudebusch, G.D., Aruoba, S.B., 2006. The macroeconomy and the yield curve: a dynamic latent factor approach. *Journal of Econometrics* 131, 309–338.

- Diebold, F.X., Yilmaz, K., 2009. Measuring financial asset return and volatility spillovers, with application to global equity markets. *The Economic Journal* 119, 158–171.
- Diebold, F.X., Yilmaz, K., 2012. Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers. *International Journal of Forecasting* 28, 57–66.
- Diebold, F.X., Yilmaz, K., 2014. On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. *Journal of Econometrics* 182, 119–134.
- Diebold, F.X., Yilmaz, K., 2015. Trans-Atlantic equity volatility connectedness: US and European financial institutions, 2004–2014. *Journal of Financial Econometrics* 14, 81–127.
- Diebold, F.X., Yilmaz, K., 2023. On the past, present, and future of the Diebold–Yilmaz approach to dynamic network connectedness. *Journal of Econometrics* 234, 115–120.
- Granger, C.W., 1969. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 424–438.
- Ji, Q., Zhang, D., 2019. China’s crude oil futures: Introduction and some stylized facts. *Finance Research Letters* 28, 376–380.
- Johansen, S., 1988. Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control* 12, 231–254.
- Kremer, M., Becker, A.P., Vodenska, I., Stanley, H.E., Schöfer, R., 2019. Economic and political effects on currency clustering dynamics. *Quantitative Finance* 19, 705–716.

- Lautier, D., Raynaud, F., 2012. Systemic risk in energy derivative markets: a graph-theory analysis. *The Energy Journal* 33.
- Nelson, C.R., Siegel, A.F., 1987. Parsimonious modeling of yield curves. *Journal of Business*, 473–489.
- Pittis, N., 1999. Efficient estimation of cointegrating vectors and testing for causality in vector autoregressions. *Journal of Economic Surveys* 13, 1–35.
- Reboredo, J.C., Ugolini, A., 2015. Systemic risk in European sovereign debt markets: A CoVaR-copula approach. *Journal of International Money and Finance* 51, 214–244.
- Rossi, B., 2005. Optimal tests for nested model selection with underlying parameter instability. *Econometric Theory* 21, 962–990.
- Rossi, B., Wang, Y., 2019. Vector autoregressive-based granger causality test in the presence of instabilities. *The Stata Journal* 19, 883–899.
- Toda, H.Y., Yamamoto, T., 1995. Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics* 66, 225–250.
- Tumminello, M., Aste, T., Di Matteo, T., Mantegna, R.N., 2005. A tool for filtering information in complex systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, 10421–10426.
- Zapata, H.O., Rambaldi, A.N., 1997. Monte Carlo evidence on cointegration and causation. *Oxford Bulletin of Economics and statistics* 59, 285–298.

## 5. Saját hivatkozások

- Badics, M.C., Huszar, Z.R. and Kotro, B.B., 2023. The impact of crisis periods and monetary decisions of the Fed and the ECB on the sovereign yield curve network. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, p.101837.
- Huszár, Z.R., Kotró, B.B. and Tan, R.S., 2023. Dynamic volatility transfer in the European oil and gas industry. *Energy Economics*, 127, p.107052.
- Huszár, Z.R., Kotró, B.B. and Tan, R.S., 2023. European equity markets volatility spillover: Destabilizing energy risk is the new normal. *Journal of Financial Research*, 46, pp. S205-S271.