



Közzététel: 2025. február 21.

A tanulmány címe:

**A háztartási méretű napelemes rendszerek térbeli mintázata a hazai járásokban**

Szerzők:

**SZÉP TEKLA**

PhD, Miskolci Egyetem, habilitált egyetemi docens

E-mail: regtekla@uni-miskolc.hu

**TÓTH GÉZA**

DSc, Miskolci Egyetem, egyetemi tanár; Központi Statisztikai Hivatal, statisztikai tanácsadó

E-mail: geza.toth@ksh.hu

DOI: <https://doi.org/10.20311/stat2025.02.hu0113>

**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 (Sztj.) 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 Sztj. 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 103. évfolyam 2. számában megjelent, **Szép Tekla – Tóth Géza** által írt, **A háztartási méretű napelemes rendszerek térbeli mintázata a hazai járásokban** 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.

Szép Tekla – Tóth Géza

## **A háztartási méretű napelemes rendszerek térbeli mintázata a hazai járásokban**

### **Spatial patterns of the household-scale solar PV systems in the Hungarian districts**

Szép Tekla PhD, Miskolci Egyetem, habilitált egyetemi docens

E-mail: regtekla@uni-miskolc.hu

Tóth Géza DSc, Miskolci Egyetem, egyetemi tanár; Központi Statisztikai Hivatal, statisztikai tanácsadó

E-mail: geza.toth@ksh.hu

Magyarországon az energiafelhasználás szerkezetében a háztartások képviselik a legnagyobb arányt, a szektor szerepe az energiaátmenet megvalósításában is kiemelkedő. A háztartási méretű napelemes rendszerekkel a háztartások energiafogyasztóiból energiatermelővé lépnek elő, amely komoly kihívások elé állítja a villamosenergia-hálózatot. Ezen rendszerek rendkívüli felfutása érzékelhető a 2021–2022-es energiaválság és az orosz–ukrán háború hatására, ugyanakkor területi eloszlásuk csak kis mértékben magyarázható az éghajlati viszonyokkal és a globálsugárzással. Tanulmányunkban a magyarországi járásokra fókuszálunk, a háztartási méretű napelemes rendszerek 2023-as térbeli mintázatait, továbbá a technológia adaptációját befolyásoló tényezőket vizsgáljuk. A térbeli heterogenitás elemzéséhez a Theil T-indexet használjuk, a térbeli dependencia tesztelésére pedig a Moran-féle I-statisztikát. A térbeli autokorreláció vizsgálatához a Local Moran I és a Local Geary alapján szerkesztett térképeket alkalmazunk. A száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek arányát befolyásoló tényezőket térbeli hiba-autokorrelációs modellel azonosítjuk. Eredményeink szerint legnagyobb hatása a térbeli hiba változónak van, ezt kiegészíti még a háztartásban élők végzettsége, az épületállomány kora és mérete, továbbá a beépítettség.

Kulcsszavak: napelem, HMKE (háztartási méretű kiserőmű), térökonometria

In Hungary, households account for the largest share of energy use, and the sector also plays a major role in achieving the energy transition. Household-scale solar PV systems transform households from energy consumers into energy producers, which poses serious challenges to the electricity grid. The energy crisis of 2021–2022 and the Russian-Ukrainian war have resulted in a solar power boom in Hungary, but the spatial distribution of the household-scale solar PV systems can only be explained to a limited extent by climatic conditions and global radiation. In our study, we focus on Hungarian districts, examining the spatial patterns of household-scale solar PV systems and the main drivers of the technology adaptation for 2021–2022. We use the Theil T index to test for spatial heterogeneity and the Moran I statistic for spatial dependence. To analyze spatial autocorrelation, we apply maps constructed from Local Moran I and Local Geary. Factors affecting the proportion of household-scale solar PV systems per 100 households are identified using a spatial error autocorrelation model. Our results show that the spatial error variable has the largest effect, complemented by household education, the age and size of the building stock, and the built-up area.

Keywords: solar panels, solar home system, spatial econometrics

Az energiaátmenet egy komplex, többdimenziós és minden várakozással ellentétben egy nem lineáris folyamat (Blazquez et al., 2019; Yadav et al., 2021). Úgy definiálható, mint „átállás egy meghatározott energiaforrásoktól és technológiáktól függő gazdasági rendszerről egy másik gazdasági rendszerre” (Blazquez et al., 2019; Fouquet, 2016, p. 8). Minden szektort érint, beleértve a lakosságot, az ipart és a közlekedést. Ami a háztartási szektor átállását illeti, minden tevékenységhez (pl. fűtés, vízmelegítés, főzés és világítás) új, karbonsemleges technológiai megoldásokra van szükség. Az elektrifikáció során a háztartások lecserélik a fosszilis tüzelőanyaggal működő eszközöket (pl. gáztűzhely, gázbojler, vegyes tüzelésű kazán) modern, hatékony, elektromos változatokra. A háztartások ebből eredő, növekvő villamosenergia-igényét megújuló energiaforrások, például a fotovoltaikus rendszerek alkalmazása is fedezhetik.

A napenergia-technológiák a Nap hőjét és fényét villamos vagy hőenergiává alakítják át. A megújuló energiaforrások közül a napenergia részesedése nő a leggyorsabban, az erre épülő villamosenergia-termelő technológiák ma már a leginkább megfizethetőnek számítanak a világon (EC, 2024). A napenergia hasznosítására két lehetőség van: napkollektorok a melegvíz-rendszerekhez és hagyományos napelemek a villamosenergia-termeléshez. Az energialétra elmélete (LaBelle et al., 2024) szerint a napenergiából előállított villamos energia a legmagasabb minőségű másodlagos energiahordozó nemcsak a biztonságos használat, tisztaság, egyéb fizikai jellemzők miatt, hanem azért is, mert ez az egyetlen olyan energiaforrás, amely az összes főbb háztartási tevékenységhez (fűtés, vízmelegítés, hűtés, világítás, elektromos készülékek működtetése) alkalmazható, vagyis rugalmas felhasználás és helyettesíthetőség jellemzi (Hassan et al., 2024; Stern, 2010).

Az előrejelzések szerint a napelemes kapacitások további növekedése várható, elsősorban a csökkenő beruházási költségek miatt. 2023-ban egy 1 kW-os napelemes rendszer kiépítésének összköltsége 758 USD volt, 86%-kal olcsóbb a 2010-es értéknél (5310 USD), és bőven versenyképes bármilyen fosszilis energiaforrásra épülő technológiával (IEA, 2024; IRENA, 2023). A napelemes rendszerek segítenek csökkenteni az energiaiimporttól való függőséget, hozzájárulnak a mitigációs erőfeszítésekhez, emellett segítenek megvédeni a fogyasztókat az energiaárak ingadozásától. Illeszkednek az energiaügyi trilemma által meghatározott prioritásokhoz, így az energiabiztonság, a környezeti fenntarthatóság és a méltányosság elvárásaihoz (World Energy Council, 2024).

A napelemes villamosenergia-termelő rendszerek háztartási szinten is felhasználhatók, széles körben elérhetők. A technológia társadalmi elfogadottsága kiemelkedő (Marzouk *et al.*, 2024), megfizethetősége mellett egyéb társadalmi-gazdasági előnyei is rendkívül vonzóvá teszik az alkalmazását a háztartások számára. A prosumerré (termelő fogyasztóvá) váló háztartások sokkal tájékozottabbak lesznek az energetikai kérdésekben, megváltoztatják és az okosmérők segítségével racionalizálják energiafelhasználási szokásaikat, és támogatóvá válnak a környezetvédelmi tevékenységekkel, mozgalmakkal kapcsolatban (Öhrlund *et al.*, 2020). A napelemes rendszerek sok esetben az energiaszegénység megszüntetésére is lehetőséget kínálnak, de ennek feltétele a helyi közösségek bevonása a döntéshozatalba és a megvalósításba.

## 1. Irodalmi áttekintés

A napenergia-piac Magyarországon az elmúlt néhány évben jelentősen megnőtt, ami a napelemes rendszerek csökkenő költségeinek, az ösztönzőknek és a megfelelő földrajzi elhelyezkedésnek köszönhető. Mérföldkőnek számított 2010, amikor a teljes napelemes kapacitás elérte az 1 MW-ot (Zsiborács *et al.*, 2023). 2020 után ezen rendszerek telepítése erősen felgyorsult, amihez az újonnan elfogadott energiastratégia, az elérhető támogatások, a Covid19-világjárvány, a 2021–2022-es energiaválság és az orosz–ukrán háború okozta bizonytalanság egyaránt hozzájárult.

A napenergia 2022-ben a bruttó villamosenergia-termelés 13,2%-át tette ki Magyarországon, míg az uniós tagállamokban ez az arány átlagosan 7,4% volt (Eurostat, 2024). Az így megtermelt villamos energia egyik része ipari méretű (50 kW feletti), másik része háztartási méretű napelemes rendszerekből (50 kW-ig terjedő PV-rendszerek)<sup>1</sup> származik. A Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal hivatalos statisztikái szerint (MEKH, 2024) a teljes napelemes kapacitás 2023-ban 5649 MW volt, amelyből 2329 MW a háztartási méretű napelemes kapacitás (pontosan beépített teljesítőképesség) a 2023-ig igen kedvezőnek mondható elszámolási rendszer, továbbá a telepítésre igénybe vehető támogatások eredményeként.

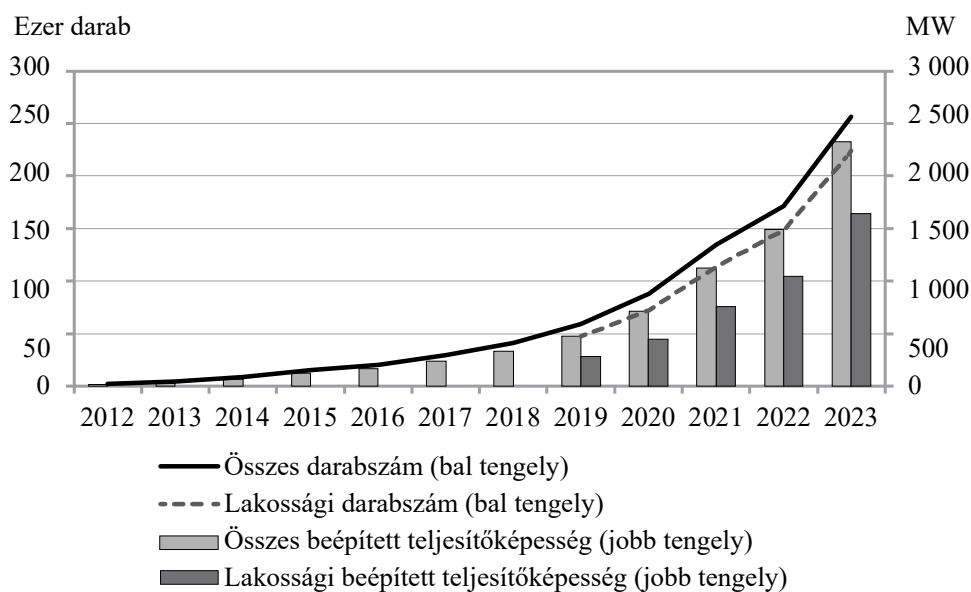
A továbbiakban ezekről a háztartási méretű napelemes rendszerekről lesz szó.

<sup>1</sup> A háztartási méretű kiserőművek a kisméretű hálózatra csatlakozó olyan villamosenergia-termelő berendezések, amelyek csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton nem haladja meg az 50 kVA-t (MVM Hálózat, 2024).

1. ábra

**A háztartási méretű napelemes kiserőművek (HMKE-k)  
beépített teljesítőképessége (MW) és darabszáma**

*Total installed capacity (MW) and number of  
the household-scale solar systems in Hungary*



Forrás: (MEKH, 2024) adatai alapján saját szerkesztés.

Természetes személyek 2023-ban 223 823 háztartási méretű napelemes egységgel rendelkeztek, a fennmaradó rész pedig vállalatok, intézmények és egyéb nem természetes személyek tulajdonában volt (1. ábra). A 2022-es népszámlálási adatok szerint a lakott lakások száma Magyarországon 4008,5 ezer volt, amelyek 6%-a rendelkezett háztartási méretű napelemes rendszerrel (KSH, 2023). Figyelemre méltó, hogy a felülvizsgált magyar Nemzeti Energia- és Klímaterv 2030-ra összesen 12 000 MW beépített PV-kapacitást irányoz elő (ITM, 2020a; EM, 2023a; Arányi–Molnár, 2024), és a Nemzeti Energiastratégia 2030 becslése szerint 2030-ra több mint 200 000 háztartás rendelkezik majd háztartási méretű napelemes rendszerrel (ITM, 2020b). Ez utóbbi célt valójában már 2023-ban sikerült elérni, de a Nemzeti Energia- és Klímaterv 2024-ben aktualizált változata további bővülést irányoz elő (EM, 2024).

A támogatási rendszerekben azonban 2023 második felében jelentős változás történt, amely – a piaci vélemények szerint – az újonnan telepített háztartási méretű napelemes rendszerek számának jelentős csökkenését fogja eredményezni. 2023. szeptember 8. óta az újonnan telepített háztartási méretű napelemes rendszerek

esetében (ahol az igénybejelentés nem történt meg 2023. szeptember 7-éig) a szaldóelszámolás választása a továbbiakban már nem lehetséges, a felhasználók az ún. bruttó elszámolásba kerülnek (Varga et al., 2024). Ennek lényege az elkülönült mérés és számlázás. Míg a szaldóelszámolásnál kizárólag az elszámolási időszakban a hálózathoz vételezett (fogyasztott) villamos energia és a napelemes rendszer által termelt és a hálózatba betáplált villamos energia közötti különbséget kell elszámolni (a szaldó elszámolási időszak a leolvasás gyakoriságához igazodóan éves vagy havi), addig a bruttó elszámolás esetében a hálózathoz vételezett (fogyasztott) villamos energiát teljes mértékben kiszámlázzák (amely magában foglalja mind a forgalomarányos díjakat és a nem forgalomarányos, rendszerhasználati díjakat), és a hálózatba betáplált teljes villamosenergia-mennyiség után külön kérhető az elszámolás 5 forint/kWh áron (MVM, 2024). Szaldóelszámolás esetén is a nem forgalomarányos rendszerhasználati díjakat mindenképpen meg kell fizetni. A változás egyik oka az európai uniós joganyag változása, amely kimondja, hogy „azok a tagállamok, amelyek olyan meglévő rendszereket alkalmaznak, amelyek nem külön számolják el a hálózatba táplált és a hálózathoz kivett villamos energiát, 2023. december 31-ét követően nem biztosíthatnak új jogokat e rendszerek keretében” (2019/944 irányelv). A szaldó- és a bruttó elszámolás jelentős mértékben befolyásolja a rendszer megtérülési idejét. A számítások szerint az előbbi esetben ez körülbelül 7 év, az utóbbinál azonban nagyjából 15 év.

### **1.1. A háztartási méretű napelemes rendszerek térbeli, ökonometriai elemzésének nemzetközi és hazai tapasztalatai**

A napelemek lakossági használatáról, az azt befolyásoló tényezőkről, valamint a technológiai diffúzióról rendelkezésre álló szakirodalom tágan mondható, viszont a területi összefüggésekről, a térbeli mintázatokról már jóval kevesebb tanulmány áll rendelkezésre. A 1. táblázatban a jelen cikk szempontjából legrelevánsabb nemzetközi szakirodalmat összegezzük, bemutatva a vizsgálat területi dimenzióját, az alkalmazott modellt és a háztartási méretű napelemes rendszereket meghatározó, szignifikánsnak bizonyult magyarázóváltozókat.

1. táblázat

**A háztartási méretű napelemes rendszerek térökonometriai vizsgálatának nemzetközi szakirodalmi összefoglalása**

*International literature review of the spatial econometrics of household-scale solar PV systems*

Tanulmány	Szignifikáns változók	Alkalmazott modell	Területi dimenzió
<i>Dharshing (2017)</i>	Gazdasági ösztönzők, a háztartások társadalmi, gazdasági helyzete (jövedelmi helyzet, végzettség, munkanélküliségi ráta, lakosság korösszetétele); napsugárzás; épületállomány (kora, mérete); a tér szerepe (szomszédsági hatások)	Területi autoregresszív modellek és térbeli hibapanelmodell (SEM; Structural Equation Modeling)	Németország, 807 969 napelemes háztartás, (2000–2013)
<i>Jayaweera és szerzőtársai (2018)</i>	Társadalmi-demográfiai jellemzők (életkor, végzettség), épületállomány minősége és nagysága	Zéróinflált negatív binomiális regressziós modell (ZINBM; Zero Inflated Negative Binomial Multilevel)	Srí Lanka, Colombo (2010–2016)
<i>Pronti–Zoboli (2024)</i>	Háztartások jövedelmi helyzete, ingatlanpiac helyzete (ingatlanok értéke, értékesítések száma és gyakorisága), villamosenergia-felhasználás, a tér szerepe (szomszédsági hatások)	Térbeli hibamodel (SEM)	Olaszország, településszintű vizsgálat, 2014–2021
<i>Zhang és szerzőtársai (2023)</i>	A háztartások gazdasági helyzete, jövedelmi helyzet, ingatlan értéke, tulajdon jellege, lakossűrűség, háztartás mérete, épületállomány jellemzői (típusa, kora), villamosenergia-felhasználás, a tér szerepe (szomszédsági hatások)	Térbeli Durbin-modell (SDM; Species distribution modelling)	Hollandia, 497 699 napelemes háztartás, (2017)
<i>Graziano–Gillingham (2015)</i>	Gazdasági ösztönzők, villamos energia ára, lakossűrűség, tulajdon jellege (saját tulajdon vagy albérlet), tér szerepe (szomszédsági hatások)	Optimalizált Getis–Ord-módszer (OGO), Anselin-féle klaszterelemzés és klaszter outlier elemzés (COA)	USA, Connecticut (2000, 2010)
<i>Kosugi és szerzőtársai (2019)</i>	Háztartás mérete, korösszetétele; lakossűrűség; épülettípus, a tér szerepe (szomszédsági hatások)	Térbeli Durbin-modell (SDM)	Japán, Kyoto város (2003–2014)

Forrás: saját szerkesztés.

A hazai szakirodalomban kutatási előzménynek tekinthetők a *Horváth és szerzőtársai*, *Pintér és szerzőtársai* és *Zsiborács és szerzőtársai* által jegyzett tanulmányok, amelyek a háztartási (*Horváth et al., 2021; Pintér et al., 2020*) és az ipari

méretű (Zsiborács *et al.*, 2023) napelemes rendszerek elhelyezkedését, a telepítést befolyásoló tényezőket, továbbá a megvalósítás folyamatát elemzik. Horváth és szerzőtársai, valamint Pintér és szerzőtársai Pearson-korreláció és Spearman-féle rangkorrelációs, nemparaméteres eljárást alkalmaznak, Zsiborács és szerzőtársai pedig projektmenedzsment-elemzést (hasonlóan az Európai Bizottság által kidolgozott PM<sup>2</sup>-modellhez).

Horváth és szerzőtársai (2021) a hagyományos gazdasági faktorokon túl még társadalmi, lakhatási és attitűdjellegű tényezőket emelnek ki, amelyeket kiegészítenek egy ún. kisteleplési effektussal. Ez arra utal, hogy több esetben községek is jelentős számú háztartási méretű napelemes rendszerrel és beépített teljesítőképességgel rendelkeznek, amely valószínűleg a peer-hatással (ún. imitációs effektus) függ össze. Pintér és szerzőtársai (2020) számításai szerint nincs szignifikáns kapcsolat az egy főre jutó GDP, a havi bruttó átlagkereset, illetve a háztartási méretű napelemes rendszerek elhelyezkedése (sűrűsége) között.

Az eredmények egyértelműen rávilágítanak, hogy általában a háztartási méretű kiserőművek (amelyek hazánkban szinte kizárólag napelemes rendszereket jelentenek) telepítése a családi házas területekre koncentrálódik (Horváth *et al.*, 2021; Pintér *et al.*, 2020). Érdekes módon Budapesten a 10 000 lakosra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek száma messze elmarad a többi NUTS2-es<sup>2</sup> régióétól. A sűrű városi lakásállomány a hagyományos napelemek telepítésének egyik fő akadálya a korlátozott hely (a magas épületek tetejét más magas épületek árnyékolhatják) és a lakósűrűség miatt, a tetőszerkezetek tájolása gyakran nem ideális, a jogszabályok és a helyi előírások pedig megnehezíthetik a nagy társasházakban a lakók (tulajdonosok és bérlők) által létrehozott energiaprojektek és energiaközösségek létrehozását. Ezzel szemben a budapesti agglomeráció már kiemelkedik, a pécsi és a balatoni agglomerációval együtt a háztartási méretű napelemes rendszerek komoly koncentrációját mutatja mind a darabszám, mind a beépített kapacitás tekintetében (Horváth *et al.*, 2021).

A háztartási méretű napelemes rendszerek térbeli eloszlásának elemzése több okból is fontos. Először is, ezen rendszerek eloszlása messze nem egyenletes. Teljesítményük jelentősen időjárásfüggő, ami komoly kihívást jelent a villamosenergia-rendszerek üzemeltetőinek. A lakossági napelemes rendszerek térbeli eloszlásának megértése javíthatja a rendszer kiszámíthatóságát és tervezhetőségét, ezáltal csökkentve a hálózatüzemeltetők hálózattervezési és -irányítási problémáit (Zhang *et al.*, 2023). Másodsor, az országon belüli területi heterogenitáshoz hozzájáruló tényezők megértése kulcsfontosságú a szakpolitikusok hatékony döntéshozatalához.

Jelen tanulmányunknak nem célja a már meglévő kutatások frissítése vagy megismétlése, hanem sokkal inkább azok eredményeire építve további, mélyebb

<sup>2</sup> NUTS: Nomenclature of Territorial Units for Statistics – Statisztikai Célú Területi Egységek Nomenklatúrája.



területi elemzések elvégzése. A következő fejezetben bemutatjuk a háztartási méretű napelemes rendszerek eloszlásának térbeli mintázatait, elemezzük azok térbeli heterogenitását és függőségét, továbbá azonosítjuk a térbeli különbségek okait. Végül összefoglaljuk az eredményeket, és következtetéseket fogalmazunk meg.

## 2. Módszertan és eredmények

### 2.1. A háztartási méretű napelemes rendszerek eloszlásának térbeli mintázata

A területi eloszlás vizsgálatát topologikus térképpel végezzük el. Ezek *Duncan és szerzőtársai (2021)*, valamint *Gastner és szerzőtársai (2018)* munkái alapján olyan speciális tematikus térképek, illetve kartogramok, ahol a térképeken az eredeti topológia alapvető elemei ugyan megmaradnak, vagyis az eredetileg szomszédos területegységek itt is szomszédosak, a területegységek nagysága viszont az ábrázolandó társadalmi-gazdasági volumennel arányos. A témában megjelent magyar nyelvű összegző tanulmányban az ide sorolható kartogramok tipizálása is megtalálható (*Dusek–Szalkai, 2007*). A módszert úgy alkalmaztuk, hogy a háztartási méretű napelemes rendszerek számával módosítottuk a járások területének nagyságát, míg a felület színezésével ábrázoltuk a száz háztartásra jutó rendszerek arányát (Függelék F1. ábra). A térképeket a ScapeToad 1.1 szoftverrel készítettük. A háztartási méretű napelemes rendszerek számának forrása a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal járási szintű adatbázisa, amely Budapest kerületeit is tartalmazza. Az adatok a 2019–2023-as időszakra érhetők el (*MEKH, 2024*).

A háztartási méretű napelemes rendszerek száma a főváros, illetve agglomerációja, a megyei jogú városaink járásai, valamint a Balaton térsége területén emelkedik ki. Ehhez képest a megyehatár menti belső, illetve a határmenti külső periferiák járásai rendelkeznek kevés rendszerrel.

Ha a háztartási méretű napelemes rendszerek számát a háztartások számához viszonyítjuk, akkor a budapesti agglomeráció, illetve a Balaton térsége mellett még meg kell említeni a Gárdonyi, a Bólyi és a Mórahalmi járást is. Ez utóbbi két járás adatai arra utalnak, hogy az üdülőhelyek viszonylag kiemelkedő helyzete mellett más szempontok is fontosak lehetnek.

2019-ben 59 106 háztartási méretű napelemes rendszer működött, amelyek száma 2023-ra 256 471-re növekedett. Ez országos átlagban 333%-os növekményt jelent. A legnagyobb változás az Aszódi járásban történt (Függelék F2. ábra).

Az első tíz járás, ahol a növekmény a legmagasabb volt: a Mezőcsáti, a Ceglédi, a Téti, a Hatvani, a Kecskeméti, az Egri, a Gyáli, a Kalocsai és a Dabasi járás.

## 2.2. A háztartási méretű napelemes rendszerek térbeli heterogenitása és függősége

A területi adatok elemzését a heterogenitás, illetve a dependencia vizsgálatával folytatjuk. A térbeli heterogenitás a térbeli jelenségek instabilitását jelenti, amely a térbeli egységek sajátosságainak, másoktól való különbözőségeinek következménye. A térbeli dependencia lényegében függvényszerű relációt jelent ugyanazon változó különböző helyeken mért értékei között (Varga, 2002).

A következőkben e két tényezőre együttesen fókuszálunk. Megközelítésünk sok tekintetben hasonló Rey (2021) munkájához, aki mind az amerikai államok, mind azok bizonyos csoportosítása segítségével végzett hasonló számításokat jövedelmi adatokon. A térbeli heterogenitás vizsgálatára a Theil  $T$ -indexet használtuk (Berisha–Meszaros, 2018; Brown, 2004; Novotný, 2007; Zagal–Breen, 2019), amelynek képlete a következő (1. és 2. képlet):

$$T_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{\mu} \log \left( \frac{x_i}{\mu} \right), \quad (1)$$

ahol:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2)$$

A térbeli dependencia tesztelésére pedig a Moran-féle  $I$  statisztikát alkalmaztuk. Mint minden területi autokorrelációs teszt, így a Moran-féle  $I$  is abból indul ki, az a nullhipotézise, hogy a mintában nincs térbeli dependencia. Ezt jártuk körül. A Moran-féle  $I$  képlete (3. képlet) a következő (Moran, 1948):

$$I = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N D_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x}) D_{ij}}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3)$$

ahol  $N$  a területegységek száma,  $x_i$  és  $x_j$  a vizsgálni kívánt változó értéke az egyes területegységekben,  $\bar{x}$  a vizsgált mutató számtani átlaga, a  $D_{ij}$  a szomszédsági mátrix. Jelen esetben királynőszomszédságot alkalmaztunk, vagyis azon poligonok szomszédosak, amelyek akár csúcaikkal, akár élleikkel érintkeznek egymással.

A mutató az alábbi tartományokban a következő módon értelmezendő:

$I > -1/N - 1$ , pozitív térbeli autokorreláció,

$I = -1/N - 1$ , nincs térbeli autokorreláció,

$I < -1/N - 1$ , negatív térbeli autokorreláció.

A Moran-féle  $I$   $-1$  és  $+1$  között vehet fel értéket; minél közelebb van  $-1$ -hez, annál erősebb a negatív autokorreláció, minél közelebb van  $+1$ -hez, annál jelentősebb a pozitív autokorreláció jelensége (a  $0$  az autokorreláció hiányát mutatja) (Dusek, 2004). Az autokorreláció szorosságának eldöntését nehezíti az a körülmény, hogy a mutató minimális és maximális értéke nem adható meg olyan egyértelműen, mint a korrelációs együtthatónál! Ennek oka az, hogy a mutató nagysága függ az értékek eloszlásától, a területegységek számától és a  $D_{ij}$  mátrixban rögzített területi konfigurációtól is. A Moran-féle  $I$  várható értékei:  $E[I] =$  Közép Magyarország  $-0,025$ , Alföld és Észak  $-0,011$ , Dunántúl  $-0,015$ , Magyarország  $-0,005$ . Eredményként ezekhez az értékekhez mérve a vizsgált időszakban ennél magasabb  $I$  értékeket kapunk, így a napelemek térbeli elhelyezkedése tekintetében pozitív térbeli autokorreláció látszik.

Mivel a vizsgált időszakra csak a népszámlálási (2022-es) háztartásszámmal rendelkezünk, a területi mintázatot először az abszolút adatok, és nem a száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek száma alapján határozzuk meg. Vizsgálatunk következő részében már a fajlagos adatokkal dolgozunk.

2. táblázat

**A háztartási méretű napelemes rendszerek járási számának  
Theil  $T$ - és Moran  $I$ -mutatói hazánk nagyrégióiban**  
*Theil  $T$  and Moran  $I$  indicators of the district number of household-scale  
PV solar systems in the major regions of our country*

Nagyrégiók	2019	2020	2021	2022	2023
Theil $T$					
Közép-Magyarország	0,166	0,170	0,180	0,181	0,180
Alföld és Észak	0,175	0,170	0,184	0,192	0,200
Dunántúl	0,151	0,144	0,148	0,156	0,163
Magyarország	0,170	0,164	0,175	0,183	0,190
Moran $I$					
Közép-Magyarország	0,276	0,274	0,268	0,268	0,260
Alföld és Észak	$-0,030$	$-0,034$	$-0,039$	$-0,043$	$-0,042$
Dunántúl	$-0,106$	$-0,108$	$-0,109$	$-0,102$	$-0,096$
Magyarország	0,049	0,033	0,044	0,055	0,070

Forrás: saját számítás.

Az alapvető térbeli folyamatok kapcsán azt fogalmazhatjuk meg, hogy a heterogenitás mind országosan, mind pedig a nagyrégiókon belül növekedett, vagyis általános, egész országra kiterjedő folyamattal állunk szemben (2. táblázat). A leg-

nagyobb heterogenitást Alföld és Észak nagyrégióban, míg a legkisebbet Dunántúlon figyelhetjük meg. Emellett országos szinten a dependencia növekedését láthatjuk. Ennek oka a Dunántúlon keresendő, hiszen a másik két nagyrégióban csökkent a térbeli függőség. Azt viszont minden esetben megállapíthatjuk, hogy a háztartási méretű napelemes rendszerek térbeli elhelyezkedése minden nagyrégióban, illetve országosan is pozitív autokorrelációt mutat. Vagyis a magas vagy alacsony értékek közelebb találhatók egymáshoz, szemben azzal a térbeli mintázattal, amelyet véletlenszerű térbeli folyamat eredményeként várnánk.

A Függelék F3. a) ábrán a száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek Local Moran  $I$ -térképét mutatjuk be. Mivel a módszer háttérét és gyakorlati alkalmazását már két korábbi tanulmányunkban ismertettük (Kincses, 2019; Kincses–Tóth, 2020), illetve a szakirodalomban is elterjedtnek számítanak (lásd például Duran–Karahasan, 2022; Győri, 2023; Hajdú–Koncz, 2022), annak további leírását mellőzzük. A Local Geary-statisztikát azonban újszerűsége miatt részletesen bemutatjuk (lásd Tóth et al., 2024).

A Local Geary-statisztika, amelyet először (Anselin, 1995) vázolt fel, majd (Anselin, 2019) fejlesztett tovább, egy lokális területi autokorrelációs mutató. Globális megfelelőjéhez hasonlóan a hangsúly a négyzetes különbségeken, vagy inkább az eltéréseken van. Más szóval, a statisztika kis értékei pozitív térbeli autokorrelációra, míg a nagy értékek negatív térbeli autokorrelációra utalnak.

A térbeli autokorreláció Geary (1954)  $c$ -statisztikája a következő formát ölti (4. képlet):

$$c = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - x_j)^2 / 2S_0}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}, \quad (4)$$

ahol  $x_i$  és  $x_j$  a vizsgált jelenség értéke a területegységekben,  $\bar{x}$  a vizsgált jelenség átlaga,  $n$  a területegységek száma,  $w_{ij}$  a szomszédsági mátrix,  $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$ , ahol a számlálóban szereplő  $x$ -nek nem kell standardizált formában lennie a négyzetes különbség miatt. A statisztika átlagértéke 1 a térbeli véletlenszerűség nullhipotézise szerint. Az 1-nél kisebb szignifikáns értékek pozitív térbeli autokorrelációt, az 1-nél nagyobb értékek pedig negatív térbeli autokorrelációt jeleznek.

A kifejezés azon részeinek ellenőrzése után, amelyek nem változnak  $i$ -vel, a statisztika lokális változata megadható a következőképpen a szokásos jelölésekkel (5. képlet) (a technikai részletekért lásd Anselin, 1995; 2019):

$$LG_i = \sum_j w_{ij} (x_i - x_j)^2 \quad (5)$$

Ez a statisztika az  $i$ -megfigyelés földrajzi szomszédjainak attribútumterében lévő távolság négyzetének súlyozott összegéből áll. Mivel a Local Geary más attribútumhasonlósági kritériumot használ, észlelhet olyan mintákat, amelyek nem fedezhetők fel a Local Moran  $I$ -vel, és fordítva.

A Local Moran  $I$  alapján a magas–magas klaszterbe 21 járás tartozik (Függelék F3. ábra *a*) térkép). Alapvetően Fejér vármegyében, a Balaton körül, Baranya, Pest, Bács-Kiskun és Csongrád-Csanád vármegyében található. Az alacsony–alacsony klaszter (20 járás) döntően Budapest kerületeit, az Északkelet-Magyarország határ menti, illetve Jász-Nagykun-Szolnok vármegye néhány járását tartalmazza. Az Enyingi, az Esztergomi, a Tatabányai és a Várpalotai járás a szomszédjainál alacsonyabb értékekkel rendelkezik.

A Local Geary által felrajzolt térbeli kép némileg más, mint azt az előzőekben láthattuk (Függelék F3. ábra *b*) térkép). A magas–magas klaszter jóval kiterjedtebb, 32 járást foglal magában. Csak a Bólyi, a Pécsváradi, az Érdi, a Szigetszentmiklósi, a Balatonalmádi és a Balatonfüredi járás kerül mind a két lokális autokorrelációs próbánál ebbe a klaszterbe. Jelentős összefüggő klaszterként látszik viszont a Local Geary-eredményeken Bács-Kiskun, Győr-Moson-Sopron, illetve Vas vármegye jelentős része, amelyek a Local Moran  $I$  alapján nem mutattak a szomszédaikkal szignifikáns kapcsolatot. 40 járás tartozik az alacsony–alacsony klaszterbe, amely több mint duplája a Local Moran  $I$  alapján lehatárolt csoportnak. Mindkét próba alapján a következő járasok tartoznak az alacsony–alacsony klaszterbe: Budapest 01., 05., 06., 07., 08., 09., 13. és 14. kerülete, az Edelényi, a Kazincbarcikai, az Ózdi, a Putnoki, a Salgótarjáni, a Mátészalkai, a Kunhegyesi, a Szolnoki és a Törökszentmiklósi járás. A Local Geary által eredményül adott alacsony–alacsony klaszter jóval kiterjedtebb, nemcsak északkelet-magyarországi, hanem délnyugati periferikus járasok is tartoznak bele. Ennél a módszernél az egyéb pozitív kategóriát tekinthetjük a pozitív outliernek, vagyis a környezetétől pozitív értelemben eltérő járásnak. Ilyen a Hajdúböszörményi és a Paksi járás. A környezetüktől negatívan eltérők közé Budapest 16. kerülete, a Veszprémi, az Enyingi és az Esztergomi járás tartozik.

### 2.3. A száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek térbeli elhelyezkedésének magyarázata

Vizsgálatunk folytatásaként a száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek számának heterogenitási, illetve dependenciamutatóit számítottuk ki. Utóbbi esetében itt is Moran  $I$ -indexet számoltunk, míg előbbinél a Theil  $L$ -indexet (6. képlet) (Ren *et al.*, 2018).

$$T_L = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log \left( \frac{x_i}{\mu} \right), \quad (6)$$

ahol  $\mu$  a száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek átlagát jelenti.

Mind heterogenitás, mind pedig dependencia tekintetében a legnagyobb értékeket Közép-Magyarország, míg a legkisebbet Dunántúl esetén láthatjuk.

3. táblázat

**A háztartási méretű napelemes rendszerek száz háztartásra jutó számának  
Theil *L*- és Moran *I*-mutatói hazánk nagyrégióiban, 2023**

*Theil L and Moran I indicators of the number of household-scale solar PV systems per hundred households in the major regions of our country, 2023*

Nagyrégiók	Theil <i>L</i>	Moran <i>I</i>
Közép-Magyarország	0,240	0,537
Alföld és Észak	0,057	0,371
Dunántúl	0,033	0,314
Magyarország	0,082	0,453

Forrás: saját számítás.

A következő vizsgálatban a száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek számát próbáltuk megmagyarázni térökonometriai modell segítségével.

Az előzőekben kiderült, hogy a háztartási méretű napelemes rendszerek száma tekintetében a térbeli függőség létezik. Amennyiben viszont a száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek esetén nézzük meg a területi dependenciát, akkor jóval magasabb értékeket kapunk, mint az abszolútértékek térbeli eloszlásánál (Moran  $I = 0,453$ ). Emiatt a háztartási méretű napelemes rendszerek fajlagos értékeit becsülő modelleknél a földrajzi elhelyezkedés befolyásolja a tényleges összefüggéseket, s így a hagyományos ökonometriai becslések torzítottak lesznek.

A vizsgálatba bevonni kívánt mutatók kiválasztásánál figyelembe vettük az áttekintett szakirodalmi eredményeket (1. táblázat), és a már korábban szignifikánsnak bizonyult változók listájából indultunk ki. A kiválasztott mutatók hat területet ölelnek fel: a településeken lévő háztartások gazdasági és társadalmi jellemzőit; az épített környezetet; az energetikai jellemzőket; a beruházást és a megtérülést befolyásoló környezeti adottságokat, valamint a településszerkezet jellemzőit (4. táblázat).

4. táblázat

**A vizsgálatba bevont változók**  
*Indicators*

Változócsoport	Változó	Év
Gazdasági jellemzők	egy lakosra jutó, a személyi jövedelemadó alapját képező jövedelem	2023
Társadalmi jellemzők	érettségivel, illetve felsőoktatási végzettséggel rendelkezők aránya	2022
Épített környezet	2000 óta épített lakások aránya a lakott lakásokhoz viszonyítva	2022
	100 négyzetméteres és ennél nagyobb alapterületű lakások aránya	2022
Energetikai jellemzők	vezetékes földgázra kapcsolódott háztartások száma	2023
	egy háztartásra jutó villamosenergia-felhasználás	2023
Környezeti adottságok	globálsugárzás évi összege	2023
Településszerkezet jellemzői	járások települései belterületének aránya a közigazgatási területhez viszonyítva	2022
	járások népessége	2023
	járások népsűrűsége	2023

Forrás: saját szerkesztés.

A vizsgálat megkezdése előtt az volt a hipotézisünk, hogy a száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek arányát alapvetően megmagyarázzák a jövedelmek, vagyis minél magasabb az egy lakosra jutó, a személyi jövedelemadó alapját képező jövedelem, annál több a háztartási méretű napelemes rendszer is. Bár némileg a jövedelmi helyzettel is összefügghet, mégis fontosnak tartottuk a képzettség vizsgálatát is. Vagyis minél magasabb az érettségivel vagy diplomával rendelkezők aránya, annál nagyobb a háztartási méretű napelemes rendszerek aránya is.

Fontos kérdésnek tekintettük az épületek milyenségét, úgy gondoltuk, hogy minél több az újonnan (2000 után) épített lakás, annál nagyobb a háztartási méretű napelemes rendszerek aránya is. Hipotézisünk szerint a lakások jellege nagyban befolyásolja a háztartási méretű napelemes rendszerek arányát, vagyis ahol nagyobb a családi házak aránya (amelyet a 100 négyzetméteres és annál nagyobb alapterületű lakások arányával mértünk), ott nagyobb a háztartási méretű napelemes rendszerek aránya is. Úgy véltük továbbá, hogy a háztartások vezetékes földgázhoz való kapcsolódása, illetve az egy fogyasztóra jutó villamosenergia-felhasználás pozitívan hat a háztartási méretű napelemes rendszerek arányára.

Azt gondoltuk, érdemes lenne vizsgálnunk a klíma hatását a háztartási méretű napelemes rendszerek telepítésére. Ezzel kapcsolatban a globálsugárzást vettük figyelembe. Úgy véltük, az olyan járásokban, ahol a globálsugárzás mértéke viszonylag nagy, ott a lakosok jóval motiváltabbak a mitigációra, így a háztartási

méretű napelemes rendszerek aránya is magasabb. Végül, de nem utolsósorban a járások népességét, illetve népsűrűségét is figyelembe vettük, azt feltételezve, e két mutató minél magasabb, annál magasabb a háztartási méretű napelemes rendszerek aránya is.

A járások beépítettségét is fontos dimenzióként tekintettük, vagyis a települések belterülete minél kisebb a közigazgatási területhez képest, annál magasabbra vártuk a háztartási méretű napelemes rendszerek arányát.

Előzetes vizsgálataink a hipotéziseinket csak részben igazolták. Voltak olyan mutatók, amelyek esetében nem tapasztaltunk szignifikáns hatást (egy lakosra jutó jövedelem, globálsugárzás, vezetékes földgázra kapcsolódott háztartások aránya). Ebből a legfontosabbnak azt véltük, hogy a jövedelmek növelése szignifikánsan nem befolyásolja a napelemek arányát. Ez egyébként megerősíti *Pintér és szerzőtársai (2020)* eredményeit is. Más esetekben viszont azt tapasztaltuk (lásd népsűrűség, villamosenergia-felhasználás), hogy a különböző változók bevonása csak a modell multikollinearitását növeli (hiszen azok magyarázóerejének döntő részét más mutató már betölti), így azok nem használhatók.

Végül úgy döntöttünk, hogy modellünkben öt magyarázóváltozót hagyunk: érettségivel, illetve felsőoktatási végzettséggel rendelkezők aránya; 100 négyzetméteres és annál nagyobb alapterületű lakások aránya; járások települései belterületének aránya a közigazgatási területhez viszonyítva; 2000 óta épített lakások aránya a lakott lakásokhoz viszonyítva; és a népesség.

A többváltozós lineáris regressziós modell illeszkedése közepesen erős (korrigált  $R^2 = 0,669$ ), s mind az öt mutató kapcsolata a magyarázóval szignifikáns volt. A napelemek aránya térben elkülönülő, illetve térbeli klaszterekkel jellemezhető (lásd globális Moran  $I$ -eredmények). A térbeli függőséget így szükségesnek éreztük tovább vizsgálni. Ezt megerősítette a normalitási és a heteroszkedaszticitási tesztek eredménye, amelyek szignifikánsak, vagyis a mutatóink térbeli függést mutatnak, így kijelenthetjük, hogy szükség van az ilyen jellemzőkre figyelő térbeli modellt készíteni!

## 2.4. Felhasznált térbeli modellek

A térbeli elemzések végzésekor alkalmazzák a késleltetés (lag) koncepcióját. A térbeli késleltetés általános modellje a következőképpen írható fel (7. képlet):

$$y = \rho W y + \beta X + \varepsilon, \quad (7)$$

ahol  $y$  az eredményváltozó értékeinek vektora,  $\rho$  a térben késleltetett eredményváltozó együtthatója (azaz a térbeli autoregressziós paraméter),  $W$  a sorstandardizált súlymátrix,  $\beta$  az exogén magyarázóváltozók paramétervektora,  $X$  az exogén



magyarázóváltozók mátrixa,  $\varepsilon$  a hibatag értékeinek vektora (Varga, 2002; Anselin–Rey, 2014).

A térökonometriai modellezés másik gyakori formája a térbeli hiba-autokorrelációs modell (error) alkalmazása. E modell általános képletét az alábbi (8. és 9. képlet) egyenletek szemléltetik:

$$y = \beta X + \varepsilon \quad (8)$$

és

$$\varepsilon = \lambda W_\varepsilon + \xi, \quad (9)$$

ahol  $\varepsilon$  az autoregresszív hibatagok vektora,  $\lambda$  az autoregresszív hibatagok térben késleltetett paraméteregyütthatója, és  $\xi$  az egymástól független, azonos eloszlású, nulla várható értékű hibatagok vektora (9. képlet) (Varga, 2002). Térbeli függőségre utalhat, ha  $\lambda$  szignifikáns, hiszen ilyenkor az egymáshoz közeli területi egységek közötti interakciók a hibatag értékeiben jelentkeznek.

Létezik a két fentiekben bemutatott térökonometriai modell kombinációja is, amely kombinált modellben mind a térbeli késleltetés, mind a térbeli hiba-autokorreláció megjelenik.

Számításainkat a GeoDaSpace szoftver segítségével végeztük királynőszomszédság<sup>3</sup> alkalmazásával. A heteroszkedaszticitással kapcsolatosan a White-féle standard hibát használtuk. Modellünk multikollinearitása 23,1, amely megfelel az elvárásoknak. A Lagrange-féle multiplierteszt a térbeli hiba modell tekintetében volt szignifikáns, így a számítást e modellel végeztük.

5. táblázat

**Az alkalmazott modellek eredményei**  
*Results of the applied models*

Megnevezés	OLS	Térbeli hiba
Konstans	–3,201***	–6,113***
2000 óta épített lakások aránya a lakott lakásokhoz viszonyítva	0,211***	0,164***
Érettségivel, illetve felsőoktatási végzettséggel rendelkezők aránya	0,168***	0,170***
100 négyzetméteres és ennél nagyobb alapterületű lakások aránya	0,093***	0,159***
Népesség	0,000***	0,000***
Járások települései belterületének aránya a közigazgatási területhez viszonyítva	–0,093***	–0,036***
Lambda	–	0,852***
Korrigált $R^2$	0,669	0,839

Megjegyzés: OLS: Ordinary Least Squares, azaz a legkisebb négyzetek módszere; \*\*\*  $p < 0,001$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*  $p < 0,1$ .

Forrás: saját számítás.

<sup>3</sup> Többfajta szomszédsági mátrixszal is elvégeztük a modellezést (pl. bástya- és másod-, illetve harmadfokú királynőszomszédság stb.), de a modell illeszkedése minden esetben romlott.

A térbeli modellek magyarázóereje a hagyományos OLS-hez képest javult, a korrigált  $R^2 = 0,839$ .

A legnagyobb hatása a térbeli hiba változónak van. Ez azt jelenti, a hibatagok nem követnek normális eloszlást, a változók között nem lineáris kapcsolatok jellemzők. Ennek több oka lehet. Egyrészt kevés és nem megfelelő a bevont regresszor változók köre. Gond lehetne az is, hogy a használt térbeli súlymátrix nem megfelelő, de ezt igyekeztünk kivédeni azzal, hogy más súlymátrixon is elvégeztük a vizsgálatot, de az eredmény nem változott. Véleményünk szerint a jelenség magyarázata az lehet, hogy Magyarországon 2022. október 31-ével a közcélú hálózatba történő betáplálás lehetőségét ideiglenesen felfüggesztették a 413/2022. (X. 26.) Korm. rendelettel (betáplálási stop), amelyet 2024. január 1-jével oldottak fel a 461/2023. (X. 5.) Korm. rendelettel. Ugyanakkor a 2022. október 31-ét megelőzően tett igénybejelentések alapján megvalósított háztartási méretű kiserőművekre ez nem vonatkozott. A moratórium jelentősen befolyásolhatja a térbeli eloszlást, illetve feltételezhető, hogy a betáplálási stop kapcsán a településeken élők a szomszédait követő magatartást mutattak. Ez megfelel a *Luc Anselin (2001)* által a gazdasági szereplők egymást utánzó magatartásáról megfogalmazott véleményével, amely okkal a sajátos térbeli mintázat kialakulását magyarázza.

A napelemes rendszerek arányára a második legnagyobb hatást az érettségivel, illetve felsőoktatási végzettséggel rendelkezők aránya gyakorolja, pozitív előjellel. Tehát a napelemek arányának növekedése a magasabb képzettség függvénye. Harmadik a sorban a 2000 óta épített lakások aránya a lakott lakásokhoz viszonyítva, azaz a viszonylag új lakások magas aránya magas napelemaránytal is együtt jár. Nem marad el ettől jelentősen a 100 négyzetméteres és annál nagyobb alapterületű lakások aránya. A nagy alapterületű, alapvetően családi házas jellegű lakások magas aránya a napelemek arányának növekedését eredményezi. Fontos a beépítettség is, vagyis minél nagyobb a járások települései belterületének aránya a közigazgatási területhez viszonyítva, annál kisebb a napelemek aránya. Végül a legkisebb szerepe a népességnek van, amelynek növekedése együtt jár a napelemek arányának gyarapodásával.

Az Függelék F4. ábrán a száz lakásra jutó napelemek számát, a Függelék F5. ábrán az azt becsülő modell értékeit, míg a Függelék F6. ábrán a modell reziduáljait mutatjuk be.

### 3. Következtetés és konklúzió

A háztartási méretű napelemes rendszerek terjedése 2010 után gyorsult fel, 2019 és 2023 között számuk több mint megháromszorozódott. Tanulmányunkban ezen rendszerek térbeli jellemzőire fókuszáltunk. Eredményeink szerint a legtöbb háztartási méretű napelemes rendszer Budapesten, annak agglomerációjában, a megyei jogú városok járásaiban, illetve a Balaton körül található. A háztartások számához viszonyítva az adatokat még három járás – amelyek egyben fontos üdülőterületek is – emelkedik ki, nevezetesen a Bólyi, a Gárdonyi és a Mórahalmi. A Moran-féle  $I$  statisztika értékei megerősítik a háztartási méretű napelemes rendszerek számának pozitív térbeli autokorrelációját, a Theil  $T$ -index pedig a heterogenitás növekedésére világít rá.

A Local Moran  $I$  segítségével 21, a Local Geary alapján pedig 32 olyan járást azonosítottunk, ahol mind a járás, mind a szomszédos járás magas értékekkel rendelkezik (magas–magas klaszter), vagyis a háztartási méretű napelemes rendszerek térben koncentrálnak. Nagy, összefüggő területek rajzolódnak ki, amelyek közül kiemelkedik Bács-Kiskun, Győr-Moson-Sopron, illetve Vas vármegye jelentős része. Az is érdekes, hogy hol nem jellemzőek a háztartási méretű napelemes rendszerek. Mindkét próba alapján Budapest 01., 05., 06., 07., 08., 09., 13. és 14. kerülete, az Edelényi, a Kazincbarcikai, az Ózdi, a Putnoki, a Salgótarjáni, a Mátészalkai, a Kunhegyesi, a Szolnoki és a Törökszentmiklósi járás az, ahol ezen rendszerek száma alacsonynak mondható, de a Local Geary alapján még az északkelet-magyarországi és a délnyugati periferikus járások is idesorolhatók.

Elemzésünk második felében a száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerekre fókuszáltunk. A Moran  $I$  értéke megerősíti a területi dependenciát. A térbeli hiba-autokorrelációs modell alapján a napelemes rendszerek arányát legjobban a járásban élők végzettsége, a lakott ingatlanok nagysága és az építési időszak, valamint a beépítettség és a lakónépesség befolyásolja. A térbeli hibák nem követnek normális eloszlást, a változók között nem lineáris kapcsolat jellemző. Ez valószínűleg az engedélyezésekkel, illetve a sokáig érvényben lévő moratóriummal áll összefüggésben, bár ennek igazolásához további elemzésekre lenne szükség.

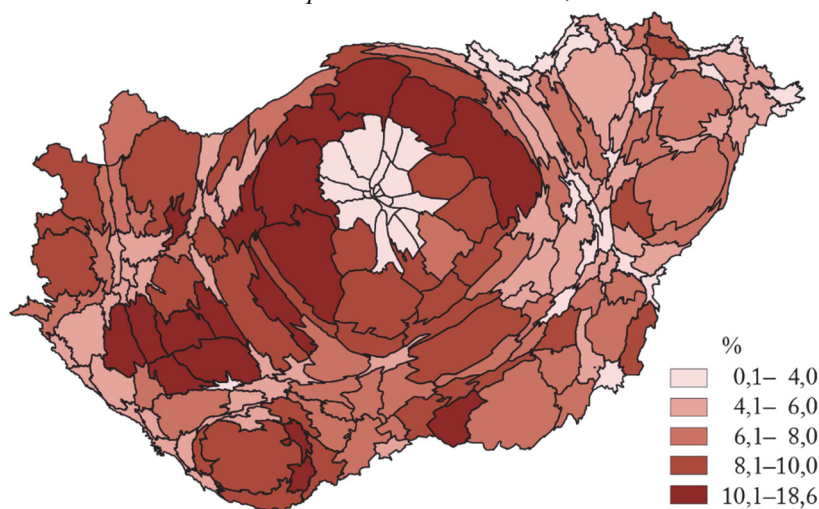
#### Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

## Függelék

F1. ábra

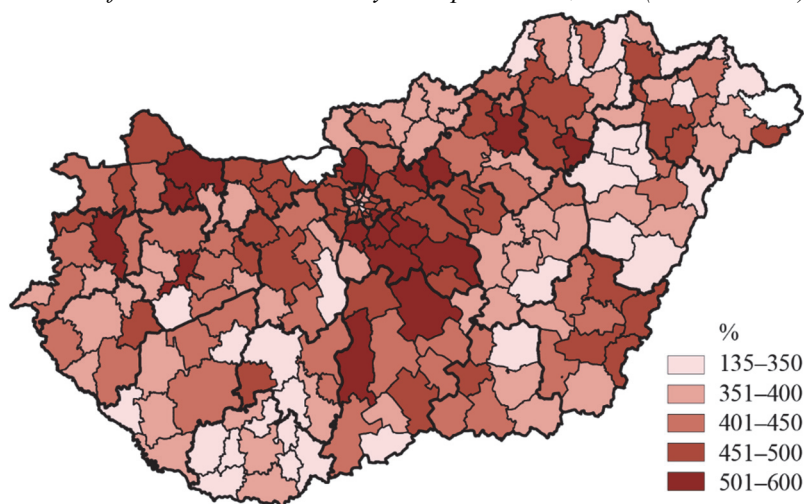
**A háztartási méretű napelemes rendszerek számának és száz háztartásra jutó arányának térbeli képe, 2023**  
*Spatial image of the number of household scale solar systems and their ratio per hundred households, 2023*



Forrás: saját szerkesztés.

F2. ábra

**Háztartási méretű napelemes rendszerek száma járásonként, 2023 (2019 = 100%)**  
*Number of household scale solar systems per district, 2023 (2019 = 100%)*

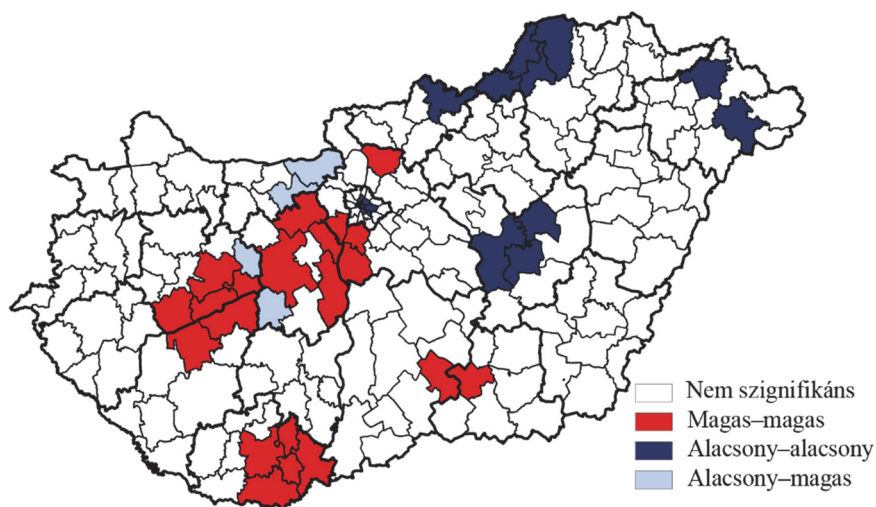


Forrás: saját szerkesztés.

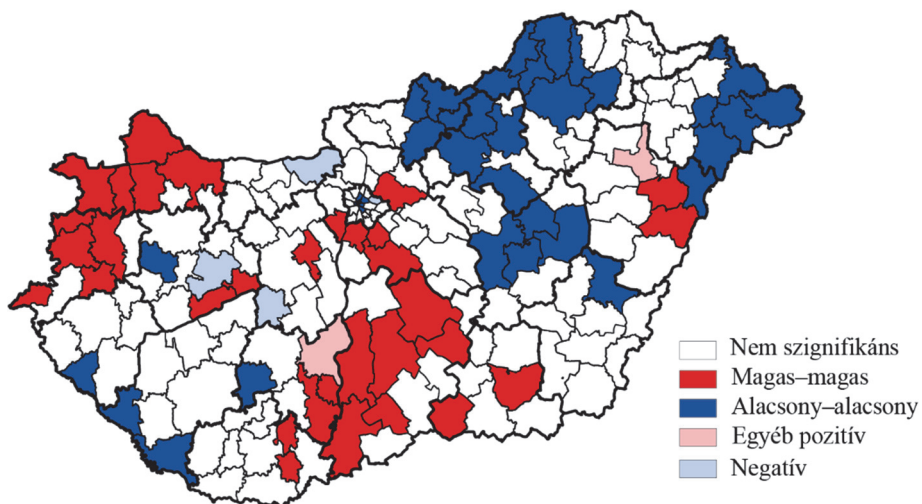
F3. ábra

**A háztartási méretű napelemes rendszerek arányának  
járási szintű térbeli klaszterei, 2023**  
*Spatial clusters of the proportion of household-scale solar PV systems  
at district level, 2023*

a) Local Moran I



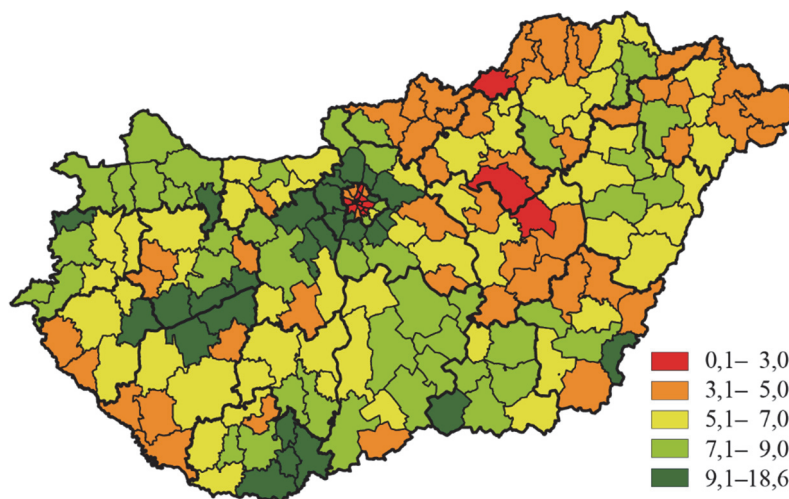
b) Local Geary



Forrás: saját szerkesztés.

F4. ábra

**A száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek száma, 2023**  
*Number of household-scale solar PV systems per hundred households, 2023*

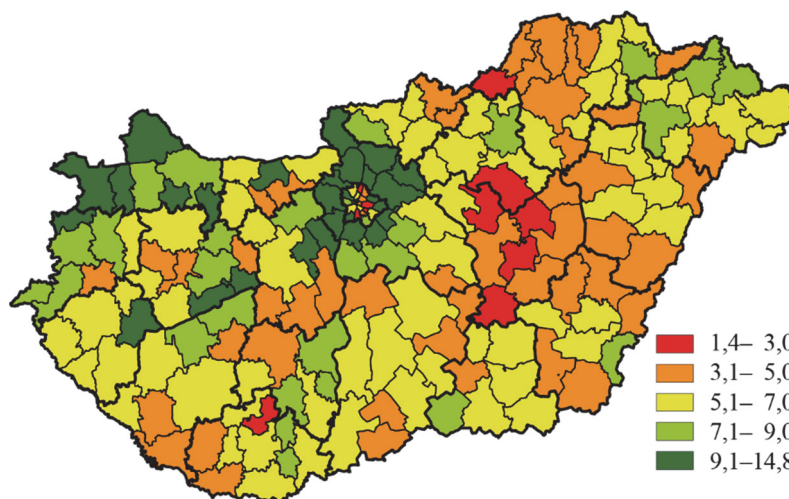


Forrás: saját szerkesztés.

F5. ábra

**A száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek számát becsülő térbeli hibamodell értékei, 2023**  
*Values of the spatial error model estimating the number of household-scale solar*

*PV systems per hundred households, 2023*

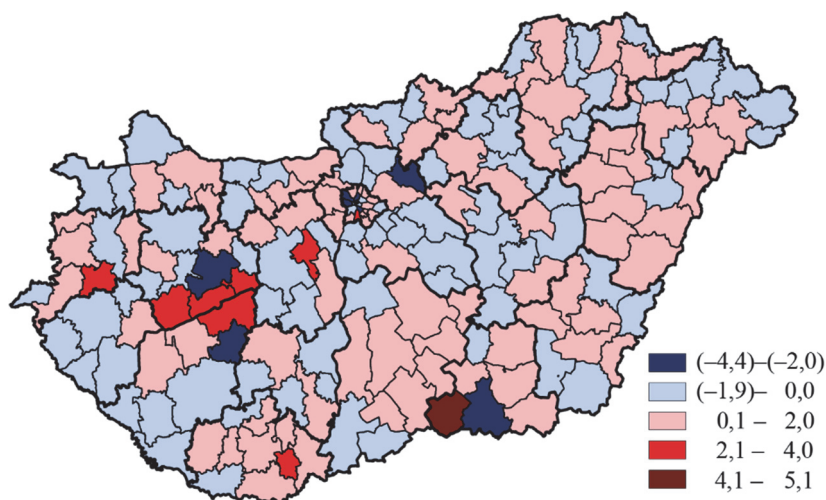


Forrás: saját szerkesztés.

F6. ábra

**A száz háztartásra jutó háztartási méretű napelemes rendszerek számát becslő  
térbeli hibamodell reziduáljai, 2023**

*Residuals of the spatial error model estimating the number of household-scale solar  
PV systems per hundred households, 2023*



Forrás: saját szerkesztés.

## Irodalom

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/944 irányelve (2019. június 5.) a villamos energia belső piacára vonatkozó közös szabályokról és a 2012/27/EU irányelv módosításáról (átdolgozás) (EGT-vonatkozású szöveg). *Európai Unió Hivatalos Lapja*, L158/125.

<http://data.europa.eu/eli/dir/2019/944/oj/hun>

Anselin, L. (1995): Local Indicators of Spatial Association – LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>

Anselin, L. – Rey, S. J. (2014): *Modern Spatial Econometrics in Practice: A Guide to GeoDa, GeoDaSpace and PySAL*. GeoDa Press LLC.

Anselin, L. (2019): A Local Indicator of Multivariate Spatial Association: Extending Geary's c. *Geographical Analysis*, 51(2), 133–150. <https://doi.org/10.1111/gean.12164>

Arányi, D. – Molnár, A. (2024). *Green light to wind energy! Facilitating wind power regulations in Hungary*.

<https://www.twobirds.com/en/insights/2024/hungary/green-light-to-wind-energy-facilitating-wind-power-regulations-in-hungary>

Berisha, E. – Meszaros, J. (2018): Household Debt, Consumption, and Income Inequality. *International Economic Journal*, 32(2), 161–176. <https://doi.org/10.1080/10168737.2018.1481874>

Blazquez, J. – Fuentes-Bracamontes, R. – Manzano, B. (2019): A road map to navigate the energy transition. *The Oxford Institute for Energy Studies*, p. 18.

<https://www.oxfordenergy.org/publications/a-road-map-to-navigate-the-energy-transition/>

- Brown, C. (2004): Does income distribution matter for effective demand? Evidence from the United States. *Review of Political Economy*, 16(3), 291–307.  
<https://doi.org/10.1080/0953825042000225607>
- Dharshing, S. (2017): Household dynamics of technology adoption: A spatial econometric analysis of residential solar photovoltaic (PV) systems in Germany. *Energy Research & Social Science*, 23, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.10.012>
- Duncan, I. K. – Tingsheng, S. – Perrault, S. T. – Gastner, M. T. (2021): Task-Based Effectiveness of Interconnected Area Cartograms. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(3), 2136–2152. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*.  
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3041745>
- Duran, H. E. – Karahasan, B. C. (2022): Heterogenous responses to monetary policy regimes: A regional analysis for Turkey, 2009–2019. *Regional Statistics*, 12(4), 56–91.  
<https://doi.org/10.15196/RS120403>
- Dusek T. (2004): *A területi elemzések alapjai*. ELTE Regionális Földrajzi Tanszék – MTA–ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport.
- Dusek T. – Szalkai G. (2007): Területi adatok ábrázolási lehetőségei speciális kartogramokkal. *Területi Statisztika*, 47(1), 3–19.  
[https://www.ksh.hu/statszemle\\_archive/terstat/2007/2007\\_01/ts2007\\_01\\_01.pdf](https://www.ksh.hu/statszemle_archive/terstat/2007/2007_01/ts2007_01_01.pdf)
- Energiaügyi Minisztérium [EM] (2024): *Nemzeti Energia- és Klímaterv. 2024. évi aktualizált változat*. [https://commission.europa.eu/publications/hungary-final-updated-necp-2021-2030-submitted-2024\\_en](https://commission.europa.eu/publications/hungary-final-updated-necp-2021-2030-submitted-2024_en)
- European Commission [EC] (2024): *Solar energy*.  
[https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/solar-energy\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/solar-energy_en)
- Eurostat (2024): *Database – Eurostat*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
- Fouquet, R. (2016): Historical energy transitions: Speed, prices and system transformation. *Energy Research & Social Science*, 22, 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.08.014>
- Gastner, M. T. – Seguy, V. – More, P. (2018): Fast flow-based algorithm for creating density-equalizing map projections. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(10), E2156–E2164. <https://doi.org/10.1073/pnas.1712674115>
- Geary, R. C. (1954): The Contiguity Ratio and Statistical Mapping. *The Incorporated Statistician*, 5(3), 115–146. <https://doi.org/10.2307/2986645>
- Graziano, M. – Gillingham, K. (2015): Spatial patterns of solar photovoltaic system adoption: The influence of neighbors and the built environment. *Journal of Economic Geography*, 15(4), 815–839.  
<https://doi.org/10.1093/jeg/lbu036>
- Győri, T. (2023): Categorisation of regions in the European Union based on smart and inclusive growth indicators for the Europe 2020 strategy. *Regional Statistics*, 13(2), 299–323.  
<https://doi.org/10.15196/RS130205>
- Hajdú, D. – Koncz, G. (2022): Employment data of participants in supported adult training for jobseekers and their territorial pattern in Hungary, 2010–2020. *Regional Statistics*, 12(2), 117–148.  
<https://doi.org/10.15196/RS120205>
- Hassan, Q. – Nassar, A. K. – Al-Jiboory, A. K. – Viktor, P. – Telba, A. A. – Awwad, E. M. – Amjad, A. – Fakhrudeen, H. F. – Algburi, S. – Mashkoo, S. C. – Jaszczur, M. – Sameen, A. Z. – Barakat, M. (2024): Mapping Europe renewable energy landscape: Insights into solar, wind, hydro, and green hydrogen production. *Technology in Society*, 77, 102535.  
<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102535>



- Horváth P. J. – Tóth T. – Somossy É. S. (2021): A háztartási napelem-telepítéseket meghatározó tényezők nemzetközi és hazai vizsgálata [Factors influencing household solar panel investments in Hungary and abroad]. *Tér és társadalom*, 35(3), 209–233.  
<https://real.mtak.hu/132709/1/20210309.pdf>
- IEA (2024): *Renewables 2023 – Analysis* (p. 143).  
<https://www.iea.org/reports/renewables-2023>
- Innovációs és Technológiai Minisztérium [ITM] (2020): *Nemzeti Energiastratégia 2030* (132. o.).  
Innovációs és Technológiai Minisztérium [ITM] (2020): *Magyarország Nemzeti Energia- és Klíma-terve* (293. o.).
- IRENA (2023): *Renewable Power Generation Costs in 2023* (p. 211). International Renewable Energy Agency.  
<https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>
- Jayaweera, N. – Jayasinghe, C. L. – Weerasinghe, S. N. (2018): Local factors affecting the spatial diffusion of residential photovoltaic adoption in Sri Lanka. *Energy Policy*, 119, 59–67.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.017>
- Kincses Á. (2019): A Magyarországon élő külföldi kötődésű népesség területi jellegzetességei, 2011–2017 [Spatial characteristics of the foreign population living in Hungary, 2011–2017]. *Területi Statisztika*, 59(5), 463–497. <https://doi.org/10.15196/TS590502>
- Kincses Á. – Tóth G. (2020): A szomszédos országokban született népesség területi mintázata Magyarországon, 2011, 2017. *Területi Statisztika*, 60(2), 155–178.  
<https://doi.org/10.15196/TS600203>
- Kosugi, T. – Shimoda, Y. – Tashiro, T. (2019): Neighborhood influences on the diffusion of residential photovoltaic systems in Kyoto City, Japan. *Environmental Economics and Policy Studies*, 21(4), 477–505. <https://doi.org/10.1007/s10018-019-00239-5>
- Központi Statisztikai Hivatal [KSH] (2022): *Népszámlálási adatbázis*. Központi Statisztikai Hivatal.  
<https://nepszamlalas2022.ksh.hu/adatbazis/>
- LaBelle, M. – Szép, T. – Tóth, G. (2024): Why Neighbors Matter in the Energy Transition: The diffusion of social practices, technologies, and knowledge between municipalities. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, (under review).
- Marzouk, M. A. – Salheen, M. A. – Fischer, L. K. (2024): Towards sustainable urbanization in new cities: Social acceptance and preferences of agricultural and solar energy systems. *Technology in Society*, 77, 102561. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102561>
- Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal [MEKH] (2024): *Hivatalos statisztika*.  
<http://www.mekh.hu/hivatalos-statisztika>
- Moran, P. A. P. (1948): The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 10(2), 243–251.  
<https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x>
- MVM (2024): *Háztartási méretű kiserőművek*.  
<https://www.mvmnext.hu/aram/pages/aloldal.jsp?id=12796452>
- MVM Hálózat (2024): *Háztartási méretű kiserőművek*.  
<https://www.mvmhalozat.hu/aram/oldalak/1644>
- Novotný, J. (2007): On the measurement of regional inequality: Does spatial dimension of income inequality matter? *The Annals of Regional Science*, 41(3), 563–580.  
<https://doi.org/10.1007/s00168-007-0113-y>
- Öhrlund, I. – Stikvoort, B. – Schultzberg, M. – Bartusch, C. (2020): Rising with the sun? Encouraging solar electricity self-consumption among apartment owners in Sweden. *Energy Research & Social Science*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101424>

- Pintér, G. – Zsiborács, H. – Hegedűsné Baranyai, N. – Vincze, A. – Birkner, Z. (2020): The Economic and Geographical Aspects of the Status of Small-Scale Photovoltaic Systems in Hungary – A Case Study. *Energies*, 13(13), 3489. <https://doi.org/10.3390/en13133489>
- Pronti, A. – Zoboli, R. (2024): Something new under the sun. A spatial econometric analysis of the adoption of photovoltaic systems in Italy. *Energy Economics*, 134(C). <https://ideas.repec.org/a/eee/eneco/v134y2024ics0140988324002901.html>
- Ren, Z. – Song, P. – Chang, X. – Wang, J. – An, L. (2018): Inequality of obstetric and gynaecological workforce distribution in China. *International Journal for Equity in Health*, 17(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s12939-017-0716-6>
- Rey, S. J. (2001): Spatial Analysis of Regional Income Inequality. *Urban/Regional*, Article 0110002. <https://ideas.repec.org/p/wpa/wuwpur/0110002.html>
- Stern, D. I. (2010): Energy quality. *Ecological Economics*, 69(7), 1471–1478. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.02.005>
- Tóth G. – Kincses Á. – Kovács M. (2024): A termékenység térbelisége Magyarországon, 2021. *Térségi Statisztika*, 64(1), 30–50. <https://doi.org/10.15196/TS640102>
- Varga A. (2002): Térökonometria. *Statisztikai Szemle*, 80(4), 354–370.
- Varga, K. – Bartek-Lesi, M. – Diallo, A. – Dézsi, B. (2024): The changing regulatory landscape of household self-consumption (p. 81). REKK. [https://rekk.hu/downloads/events/ECF%20Self-consumption%20study%20REKK\\_final.pdf](https://rekk.hu/downloads/events/ECF%20Self-consumption%20study%20REKK_final.pdf)
- World Energy Council (2024): *World Energy Trilemma Framework*. <https://www.worldenergy.org/transition-toolkit/world-energy-trilemma-framework>
- Yadav, P. – Davies, P. J. – Asumadu-Sarkodie, S. (2021): Fuel choice and tradition: Why fuel stacking and the energy ladder are out of step? *Solar Energy*, 214, 491–501. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.11.077>
- Zagel, H. – Breen, R. (2019): Family demography and income inequality in West Germany and the United States. *Acta Sociologica*, 62(2), 174–192. <https://doi.org/10.1177/0001699318759404>
- Zhang, J. – Ballas, D. – Liu, X. (2023): Neighbourhood-level spatial determinants of residential solar photovoltaic adoption in the Netherlands. *Renewable Energy*, 206, 1239–1248. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.118>
- Zsiborács, H. – Vincze, A. – Háber, I. – Pintér, G. – Hegedűsné Baranyai, N. (2023): Challenges of Establishing Solar Power Stations in Hungary. *Energies*, 16(1), 530. <https://doi.org/10.3390/en16010530>