Predikcia vplyvu digitalizácie na energetický sektor v krajinách EÚ

Predikcia vplyvu digitalizácie na energetický sektor v krajinách EÚ

Marián BRONTVAJ, Lenka KUHNOVÁ

Abstrakt

Digitalizácia v transformácii energetického sektora v krajinách EÚ je dnes horúcou témou a podľa najnovších štúdií sa ukazuje ako žiaduci prechod k efektívnym riešeniam pre budúcnosť. Tento článok sa zameriava na potenciálny vplyv digitálnych technológií na energetickú efektívnosť, riadenie zdrojov a udržateľnosť. Hlavným cieľom je predpovedať, ako môžu digitálne inovácie, ako sú informačné a komunikačné technológie (IKT), inteligentné siete, internet vecí (IoT), umelá inteligencia (AI) a veľké dáta, zvýšiť prevádzkovú efektívnosť a environmentálnu výkonnosť energetického sektora. Štúdia identifikuje kľúčové výzvy, vrátane bezpečnosti údajov, nákladov na infraštruktúru a regulačných rámcov, a zároveň zdôrazňuje výhody digitálnych riešení pre energetickú transformáciu a klimatické ciele. Výsledky poskytujú pohľad na budúci rozvoj energetického sektora v kontexte agendy EÚ v oblasti udržateľného rozvoja.

Kľúčové slová:
digitalizácia, vplyv technológií, energetická efektívnosť, udržateľnosť

Úvod

Energetický sektor prešiel v ostatných desaťročiach významnými zmenami, ktoré boli spôsobené predovšetkým digitalizáciou. Zavedenie IKT, IoT, AI a veľkých dát do výroby, distribúcie a spotreby energie vytvára nový ekosystém, ktorý je efektívnejší, flexibilnejší a udržateľnejší. Digitalizácia nie je len

zmenou technickej infraštruktúry energetického sektora, ale má aj zásadný vplyv na jeho ekonomické, sociálne a environmentálne aspekty.

Jedným z najdôležitejších prínosov digitalizácie v energetickom sektore je zvýšenie energetickej efektívnosti. Chinie (2019) vo svojej štúdii zdôrazňuje, že IKT významne prispievajú k zlepšeniu energetickej produktivity tým, že umožňujú presnejšie monitorovanie a riadenie spotreby energie. Inteligentné siete umožňujú optimalizáciu tokov energie medzi výrobcami a spotrebiteľmi v reálnom čase, čím sa znižujú energetické straty a zvyšuje efektívnosť celého systému.

Podobne Ha (2022a) poukazuje na to, že digitálne verejné služby a platformy zohrávajú kľúčovú úlohu pri zlepšovaní energetickej bezpečnosti. Implementáciou digitálnych nástrojov na riadenie energetických tokov môžu krajiny účinnejšie monitorovať svoju energetickú infraštruktúru, rýchlejšie reagovať na prerušenia dodávok a znížiť riziko výpadkov. Tento efekt je obzvlášť dôležitý v kontexte prechodu na obnoviteľné zdroje energie, ktoré sú často závislé od prerušovaných zdrojov, ako je veterná a solárna energia. Tieto štúdie ukazujú, že digitalizácia nie je len technologickým vylepšením, ale aj systémovým riešením, ktoré umožňuje dynamickejšie a efektívnejšie riadenie komplexných energetických sietí. Bez týchto nástrojov by prechod na decentralizované zdroje energie a obnoviteľné zdroje energie nebol možný v takom rozsahu, ako ho vidíme dnes.

Potenciál digitalizácie v energetickom sektore

Digitálna transformácia prispieva k dekarbonizácii dodávok energie tým, že znižuje závislosť od fosílnych palív a podporuje prijatie a integráciu obnoviteľných zdrojov energie do európskeho energetického systému, čím zvyšuje udržateľnosť. Podľa Kasianenka a kol. (2024) digitalizácia nielen zlepšuje prevádzkovú efektívnosť, ale aj podporuje vznik nových odvetví, segmentov alebo profesií, otvára nové príležitosti pre európske podniky a podporuje vývoj bezpečných technológií. Okrem toho umožňuje občanom, spotrebiteľom a komunitám aktívne sa podieľať na energetickom trhu. V energetickom sektore spoločnosti čoraz viac využívajú digitálne technológie na optimalizáciu prevádzky. Napríklad spoločnosť British Petroleum využíva riešenia IoT na monitorovanie stavu svojich vrtov, zatiaľ čo spoločnosť Shell používa systém Sensabot – diaľkovo ovládaného robota schopného fungovať v nebezpečných prostrediach. Podľa Ukrajinského inštitútu budúcnosti bude do roku 2030 až 60 % pridanej hodnoty Ukrajiny pochádzať z high-tech odvetví, ako sú umelá inteligencia, robotika, bioinžinierstvo, 3D tlač a nanomedicína.

Vplyv digitalizácie sa meria pridanou hodnotou, ktorú generuje v jednotlivých hospodárskych odvetviach na makroúrovni alebo pre jednotlivé produkty a služby na mikroúrovni. Primárnym výsledkom digitalizácie je transformácia hodnotových reťazcov, premena obchodných procesov a dynamika trhu.

Táto transformácia už prebieha, pričom viaceré politiky EÚ sa zameriavajú na kľúčové oblasti inovácií, ako je zabezpečenie efektívnej a bezpečnej výmeny údajov a zavádzanie inteligentných meracích zariadení. Na základe týchto politík akčný plán Európskej komisie položí základy pre integrovaný energetický systém, ktorý podporuje zvyšovanie prepojenosti trhov a posilňuje spoluprácu medzi digitálnymi a energetickými hodnotovými reťazcami. Štúdia Kwilinskiho a kol. (2023) ukazuje, že efektívnejšie energetické systémy môžu prispieť k zníženiu sociálnych nerovností. Digitalizácia môže zlepšiť prístup k energetickým zdrojom aj vo vzdialenejších oblastiach a znížiť náklady na energiu pre domácnosti a malé podniky.

Zaujímavý pohľad ponúka aj štúdia Kara et al. (2024), ktorá sa zaoberá digitalizáciou v Čiernej Hore. Výskum ukazuje, ako môže digitalizácia prispieť k modernizácii energetickej infraštruktúry v menších krajinách a tým podporiť hospodársky rozvoj. V prípade Čiernej Hory digitalizácia zlepšila riadenie verejných služieb, vrátane energetiky, a umožnila efektívnejšie plánovanie a distribúciu energetických zdrojov.

Digitalizácia v energetike má potenciál stať sa významným nástrojom na podporu sociálneho začlenenia. Vďaka inteligentným riešeniam môžu mať znevýhodnené skupiny lepší prístup k energii, čo je dôležitým krokom k energetickej spravodlivosti. Prechod na obnoviteľné zdroje energie je jednou z hlavných priorít súčasného energetického sektora. Štúdia Thanh et al. (2023) analyzuje, ako digitalizácia ovplyvňuje energetickú bezpečnosť v Európe, a zdôrazňuje, že inteligentné siete umožňujú efektívnejšiu integráciu obnoviteľných zdrojov energie, ako je solárna a veterná energia, do existujúcich distribučných systémov. Nham et al. (2023) sa zameriavajú na využívanie morských zdrojov a význam digitalizácie pre ich efektívne riadenie. Digitálne nástroje umožňujú presnejšie monitorovanie a riadenie morských energetických zdrojov, čím prispievajú k udržateľnému využívaniu týchto potenciálne bohatých energetických oblastí.

Nasadenie inteligentných technológií je nevyhnutné pre úspešnú integráciu obnoviteľných zdrojov energie do energetických sietí. Digitálne platformy môžu riadiť tok energie z decentralizovaných zdrojov, monitorovať ponuku a dopyt a optimalizovať distribúciu s cieľom minimalizovať straty a zabezpečiť stabilitu siete.

Hoci digitalizácia prináša mnoho výhod, existujú aj výzvy, ktoré je potrebné riešiť. Najväčšou výzvou je kyberbezpečnosť. S rastom počtu digitálnych nástrojov a prepojených zariadení v energetických sieťach rastie aj riziko kybernetických útokov, ktoré by mohli spôsobiť rozsiahle výpadky elektrickej energie. Ciechanowska (2020) skúma, ako program Horizont Európa podporuje transformáciu energetického sektora prostredníctvom financovania inovatívnych technológií. Štúdia zdôrazňuje význam digitalizácie pri prechode na obnoviteľné zdroje energie, inteligentné siete a energetickú efektívnosť. Program poskytuje príležitosti na vývoj digitálnych riešení na monitorovanie a optimalizáciu tokov energie. Ďalšou výzvou je zabezpečenie rovnakého prístupu k digitálnym technológiám. Nie všetky regióny majú rovnakú infraštruktúru a prístup k moderným technológiám, čo môže prehĺbiť rozdiely medzi krajinami a regiónmi.

Metodika

Tento výskum využíva kombinovaný prístup na preskúmanie vzťahu medzi digitalizáciou a energetickou efektívnosťou v krajinách EÚ-27. Analýza je založená na kvantitatívnej analýze údajov a prehľade relevantnej literatúry, aby poskytla komplexné pochopenie témy. Primárne údaje pre analýzu boli zhromaždené z databázy Eurostatu (2024), ktorá obsahuje štatistiky o miere digitalizácie a indexoch energetickej efektívnosti pre členské štáty EÚ-27. Ďalšie zdroje údajov zahŕňali správy Medzinárodnej energetickej agentúry (IEA) a vedecké články, ktoré slúžili na overenie a doplnenie zistení.

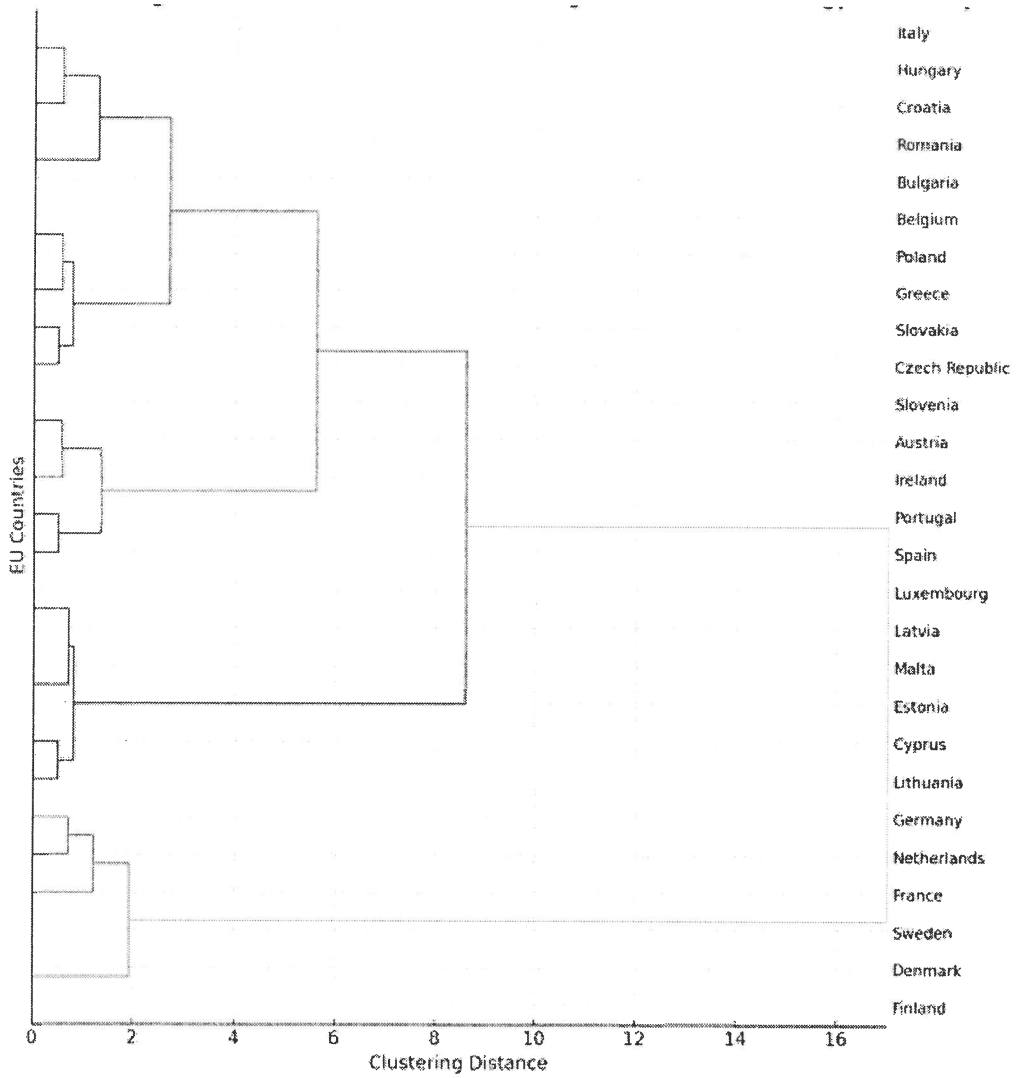
Vzorka zahŕňa všetkých 27 členských štátov EÚ, aby bolo zabezpečené reprezentatívne porovnanie. Obdobie analýzy sa zameriava na najnovšie dostupné údaje za rok 2022. Krajiny boli na základe ich energetickej efektívnosti, ako je uvedené v dendrogramu, rozdelené do skupín s vysokou, strednou a nízkou efektívnosťou. Táto klasifikácia umožnila podrobné preskúmanie rozdielov medzi krajinami. Boli použité dve hlavné analytické techniky:

1. Regresná analýza: Vzťah medzi digitalizáciou a energetickou efektívnosťou bol modelovaný pomocou polynomiálnej regresie a regresie Random Forest, aby sa zachytili potenciálne nelinearity.
2. Komparatívna analýza: Komparatívny prístup bol použitý na analýzu sociálno-ekonomických a politických kontextov krajín v rôznych kategóriách efektívnosti.

Štúdia uznáva obmedzenia v dostupnosti údajov a potenciál nepozorovaných premenných, ktoré by mohli ovplyvniť vzťah medzi digitalizáciou a energetickou efektívnosťou. Tento kombinovaný prístup poskytuje vyvážený a robustný rámec pre pochopenie komplexného vzťahu medzi digitalizáciou a energetickou efektívnosťou v EÚ-27.

Výsledky

Prepojenie digitalizácie a energetiky predstavuje významný krok smerom k udržateľným mestám budúcnosti a transformácii energetických systémov. Inteligentné budovy nielen minimalizujú svoju ekologickú stopu, ale môžu sa stať aj aktívnymi účastníkmi energetických sietí, schopnými vyrábať energiu (napr. prostredníctvom solárnych panelov) a zdieľať ju s inými budovami. Digitalizácia energetického sektora má nielen technické, ale aj významné socioekonomické dôsledky.



Obr. č. 1 Energetická efektívnosť krajín EU-27

Zdroj: Vlastný výskum

Dendrogram krajín EÚ-27 založený na digitalizácii a energetickej efektívnosti (obr. č. 1) ukazuje, že krajiny možno na základe efektívnosti využívania energie rozdeliť do troch hlavných skupín.

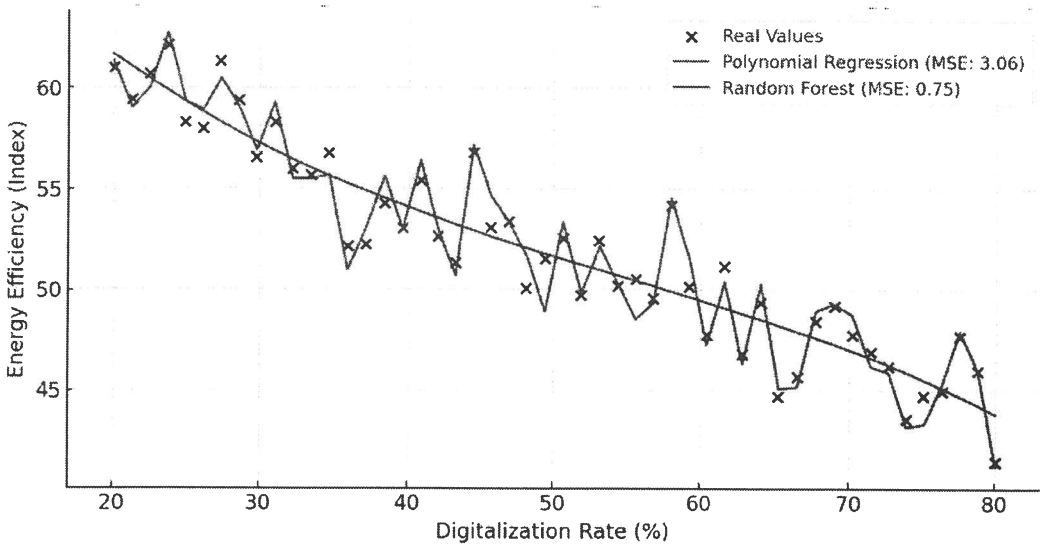
Medzi najefektívnejšie krajiny, ktoré slúžia ako vzor pre ostatné členské štáty, patria Dánsko, Holandsko (investuje do inovatívnych solárnych technológií), Nemecko (európsky líder v oblasti obnoviteľných zdrojov energie, kde dominujú veterné elektrárne), Francúzsko, Švédsko a Fínsko (využívajú veľké množstvo bioenergie) (Igliński et. al, 2024). Ich priemysel je vysoko digitalizovaný a efektívny, pričom inteligentné siete a moderné technológie zohrávajú významnú úlohu v úsporách energie.

a znižovanie závislosti od dovozu fosílnych palív. Prísne predpisy a rozsiahle investície do výskumu a inovácií im pomáhajú udržiavať nízku spotrebu energie na jednotku HDP.

Medzi krajiny so strednou energetickou efektívnosťou patria Španielsko, Portugalsko, Rakúsko, Slovinsko, Írsko, Česká republika, Slovensko, Poľsko a Maďarsko. Tieto krajiny sa nachádzajú v prechodnej fáze, v ktorej kombinujú tradičné zdroje energie s rastúcim využívaním energie z obnoviteľných zdrojov. Napríklad Španielsko a Portugalsko už veľkú časť svojej elektrickej energie vyrábajú zo slnečnej a veternej energie, ale stále sú do určitej miery závislé od fosílnych palív. Stredoeurópske krajiny, ako je Česká republika, Slovensko, Poľsko a Maďarsko, majú vyššiu energetickú náročnosť v dôsledku silného priemyselného sektora a postupne sa snažia modernizovať svoju infraštruktúru. Na transformáciu energetického sektora dostávajú finančné prostriedky z fondov EÚ, čo im pomáha znižovať spotrebu energie a zlepšovať celkovú efektívnosť (Crnčec et al., 2023).

Menej efektívne krajiny, ako sú Bulharsko, Rumunsko, Chorvátsko a Grécko, čelia vyššej energetickej náročnosti, čo je spôsobené viacerými faktormi. Ich infraštruktúra je často zastaraná, s vysokým podielom uhoľných elektrární a nedostatočnou modernizáciou energetickej siete. Tieto krajiny majú tiež nižšie investície do obnoviteľných zdrojov energie a menej prísne regulačné opatrenia, čo ich robí viac závislými od tradičných fosílnych palív. Hospodárske obmedzenia a nižšie verejné financie komplikujú zavádzanie energeticky efektívnych technológií, čo vedie k vyššej spotrebe energie na jednotku HDP. Prechod na udržateľnejšie zdroje energie bude pre tieto krajiny nevyhnutný, aby splnili klimatické ciele EÚ a zároveň znížili svoju hospodársku zraniteľnosť voči kolísaniu cien energie (Siksnelyte-Butkiene et al., 2022).

Vzťah medzi digitalizáciou a energetickou efektívnosťou je zložitý a kontroverzný. Niektoré štúdie dokonca uvádzajú, že je ťažké vyvodiť záver vzhľadom na rôzne digitálne vplyvy na spotrebu energie (Lin – Zhu, 2021, Bansal et al., 2022).



Obr. č. 2 Porovnanie regresných modelov: digitalizácia vs. energetická efektívnosť

Zdroj: Vlastný výskum podľa Eurostatu (2024)

Obr. č. 2 porovnáva dva regresné modely – polynomiálnu regresiu a náhodný les – pri predpovedaní vzťahu medzi mierou digitalizácie a energetickou účinnosťou.

Os x znázorňuje mieru digitalizácie (%), zatiaľ čo os y znázorňuje energetickú efektívnosť (index). Modré krížiky predstavujú skutočné hodnoty, zelená krivka znázorňuje predpovede polynomiálnej regresie a červená čiara znázorňuje predpovede náhodného lesa.

Pri porovnaní presnosti modelov je zrejmé, že Random Forest má nižšiu strednú kvadratickú chybu (MSE: 0,75) v porovnaní s polynomiálnou regresiou (MSE: 3,06), čo naznačuje, že lepšie zachytáva variabilitu údajov a je presnejší v predikcii. Random Forest sa lepšie prispôsobuje lokálnym výkyvom a dokáže zachytiť nelineárne vzťahy medzi digitalizáciou a energetickou efektívnosťou, zatiaľ čo polynomiálna regresia vytvára hladšiu krivku, ktorá nedokáže plne odzrkadliť variabilitu reálnych údajov. Všeobecne sa predpokladá, že čím viac spoločností alebo krajín implementuje digitálne technológie, tým menej efektívne spravujú energiu. Táto hypotéza však nie je všeobecne platná. Ako ukazuje graf 1, krajiny ako Dánsko, Holandsko, Nemecko, Francúzsko, Švédsko a Fínsko dokázali skombinovať vysokú úroveň digitalizácie s energetickou efektívnosťou. Tento úspech je výsledkom cielených investícií do inteligentných sietí,

automatizovaných systémov riadenia dopytu a modernizácie infraštruktúry, čo potvrdzuje výskum Lin a Huang (2023).

Napriek týmto pozitívnym príkladom je počet krajín s takouto vyváženou kombináciou stále relatívne nízky, čo sa odráža v teoretických modeloch a štatistických výsledkoch, ktoré naznačujú negatívnu koreláciu medzi digitalizáciou a energetickou efektívnosťou. Vzhľadom na tieto nejednoznačné vzťahy autori analyzovali model dvojitého účinku a do modelu pridali kvadratický člen hlavnej vysvetľujúcej premennej, aby preskúmali nelineárnu povahu tohto vzťahu. Táto analýza sa zamerala na tri hlavné aspekty: povahu národného hospodárstva, dostupnosť energetických zdrojov a úroveň elektrifikácie.

Podľa Langeho a kol. (2020) celkový vzťah medzi digitalizáciou a spotrebou energie ovplyvňujú štyri kľúčové faktory: priame vplyvy digitalizácie, zmeny v energetickej účinnosti, vplyvy na hospodársky rast a štrukturálne zmeny v odvetviach. Tieto faktory môžu vysvetľovať, prečo digitálne technológie prispievajú k zníženiu energetickej náročnosti v niektorých krajinách, zatiaľ čo v iných môžu viesť k jej zvýšeniu.

Ak by existovala negatívna korelácia medzi digitalizáciou a energetickou efektívnosťou, znamenalo by to, že vyššia úroveň digitalizácie by neprispievala k zlepšeniu efektívnosti, ale naopak by ju znižovala. Takýto scenár by mohol naznačovať, že digitálne technológie spotrebúvajú viac energie, ako dokážu ušetriť, čo by mohlo byť dôsledkom vysokej spotreby serverov a dátových centier. Menej digitalizované krajiny by mohli využívať tradičné, ale efektívnejšie metódy riadenia energie. Implementácia digitálnych riešení by mohla byť neefektívna, ak by nebola riadne optimalizovaná. V praxi však často pozorujeme pozitívnu koreláciu, pretože digitalizácia zvyčajne zvyšuje efektívnosť riadenia energie a umožňuje optimalizáciu spotreby. Napríklad štúdia Lin a Xie (2023) potvrdila, že zavedenie a využívanie prvkov digitalizácie má pozitívny vplyv na efektívnosť podnikov v energetickom priemysle. Je dôležité poznamenať, že vnímanie digitalizácie ako nástroja na zlepšenie energetickej efektívnosti podporuje mnoho odborníkov a organizácií. Napríklad Medzinárodná energetická agentúra (IEA) vo svojej správe zdôrazňuje, že digitálne technológie môžu transformovať energetické systémy, čím sa stanú prepojenejšími, spoľahlivejšími a udržateľnejšími. Pohodlné digitálne služby zvyšujú dopyt po energii, zatiaľ čo využívanie digitálnych technológií môže spôsobiť rebound efekt, ktorý paradoxne vedie k vyššej celkovej spotrebe energie (Røpke – Christensen, 2012, Lin – Zhu, 2021).

Zhrnuté, hoci teoreticky by negatívna korelácia medzi digitalizáciou a energetickou efektívnosťou mohla naznačovať, že digitalizačné technológie

spotrebúvajú viac energie, ako dokážu ušetriť, empirické dôkazy a odborné analýzy často poukazujú na pozitívny vplyv digitalizácie na energetickú efektívnosť.

Záver

Budúcnosť energetiky bude nevyhnutne digitálna. Kľúčom k úspechu však bude schopnosť kombinovať technologický pokrok so zameraním na udržateľnosť, sociálnu spravodlivosť a bezpečnosť. Prioritou bude vytvorenie robustných a bezpečných digitálnych platforiem pre energetické systémy, ako aj vzdelávanie odborníkov a verejnosti o príležitostiach a rizikách spojených s digitálnou transformáciou.

Digitalizácia zásadným spôsobom mení energetický sektor. Umožňuje efektívnejšie riadenie výroby a spotreby energie, zlepšuje energetickú efektívnosť, podporuje integráciu obnoviteľných zdrojov a prispieva k sociálno-ekonomickému rozvoju. Prináša však aj nové výzvy, ako je zabezpečenie kybernetickej bezpečnosti a rovnakého prístupu k digitálnym technológiám. Spoločné údaje a digitálna infraštruktúra sú kľúčové pre koordináciu celého energetického systému. Hrajú rozhodujúcu úlohu pri riadení jeho rastúcej zložitosti a zároveň minimalizujú náklady spotrebiteľov. Vylepšená kvalita údajov a plynulá výmena údajov umožnia efektívnejšie plánovanie a prevádzku energetickej infraštruktúry, optimalizáciu výkonu a alokáciu zdrojov (Kasianenko et al., 2024).

Zdôrazňuje sa význam digitalizácie ako nástroja na integráciu migrantov na trh práce a optimalizáciu pracovných procesov v energetickom sektore. Digitalizácia tiež umožňuje lepšie plánovanie pracovných zdrojov a zvyšovanie efektívnosti energetických projektov (But et al., 2023). Budúcnosť energetiky bude neoddeliteľne spojená s digitalizáciou. Úspešný prechod na udržateľný, efektívny a spravodlivý energetický systém bude závisieť od schopnosti využiť potenciál moderných technológií a zároveň chrániť záujmy spoločnosti a životného prostredia.

Poďakovanie

Tento výskum bol podporený Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky v rámci výskumného projektu ***VEGA 1/0713/24 Digitálna ekonomika ako kľúčová výzva pre transformáciu podnikov na Slovensku.***

Literatúra

1. BANSAL, S., SINGH, S., & NANGIA, P. (2022). Hodnotenie úlohy využívania prírodných zdrojov pri dosahovaní vybraných cieľov udržateľného rozvoja v ére digitalizácie. *Resources politiky*, 79, 103040. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103040.
2. BUT, T., PULINA, T., & JOUKL, M. (2023). Vplyv pracovného potenciálu ukrajinskej populácie migrujúcej do krajín EÚ počas vojny. *Academy Review*, *1*, 220–230. DOI: https://doi.org/10.32342/2074-5354-2023-1-58-16.
3. CIECHANOWSKA, M. (2020). Rámcový program Horizont Európa ako faktor podporujúci energetickú transformáciu krajiny. *NAFTA-GAZ*, *11*, 870–874. DOI: https://doi.org/10.18668/NG.2020.11.13
4. CRNČEC, D., PENCA, J., & LOVEC, M. (2023). Pandémia COVID-19 a EÚ: Od udržateľnej energetickej transformácie k zelenej transformácii? *Energetická politika*, 175, 113453. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113453.
5. EUROSTAT (2024). Energetická efektívnosť [online]. [cit. 2025-2-14]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_eff/default/table?lang=en.
6. HA, L. (2022a). Sú digitálne podnikanie a digitálne verejné služby hnacou silou lepšej energetickej bezpečnosti? Dôkazy z európskej vzorky. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(18), 27232–27256. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-021-17843-2.
7. HA, L. (2022b). Socioekonomické vplyvy a vplyvy digitálnych verejných služieb na efektívnosť využívania zdrojov. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(55), 83839–83859. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-022-21408-2.
8. HA, L. (2023). Vyšetrovanie významu digitálnej integrácie pre inteligentné a udržateľné poľnohospodárstvo v európskom regióne. *Politika zdrojov*, *86*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104158.
9. HA, L. (2024). Prechod k udržateľným morským živým zdrojom: Prečo je digitálna transformácia dôležitá? *Technologické prognózy a sociálne zmeny*, *203*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123336.

10. CHINIE, A. (2019). Hodnotenie vplyvu informačných a komunikačných technológií na energetickú produktivitu. *Bukureštská univerzita ekonomických štúdií*, *13*(1), 515–527. DOI: https://doi.org/10.2478/picbe-2019-0045.
11. IGLIŃSKI, B., KIEŁKOWSKA, U., MAZUREK, K., DRUŻYŃSKI, S., PIETRZAK, M. B., KUMAR, G., ... & PIECHOTA, G. (2024). Obnoviteľná prechod na obnoviteľné zdroje energie v Európe v kontexte procesov prechodu na obnoviteľné zdroje energie vo svete. Prehľad. *Heliyon*, 10(24). DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40997.
12. KARA, P., OGNJANOVIC, I., HÖLSCHER, D., SCEKIC, L., KOVACEVIC, P., MANTAS, J., SENDELJ, R., LAKOVIC, L., MAKSIMOVIC, A., RAKOCEVIC, N., ROGANOVIC, M., REICH, C., SIMON, A., & BOKOR, L. (2024). Digitalizácia zameraná na človeka v Čiernej Hore: Pokrok za 17 rokov národnej nezávislosti a budúce trendy. *Elektronika*, *13*(13). DOI: https://doi.org/10.3390/electronics13132460.
13. KASIANENKO, V. O., FEDOTOV, V. H., & HARKUSHA, V. V. (2024). Digitalizácia a transformácia sektora udržateľnej energetiky: analýza kľúčových trendov. *Ekonomická udržateľnosť a obchodné praktiky, 1(1), 48-55*. DOI: https://doi.org/10.21272/1817-9215.2024.3-06
14. KWILINSKI, A., LYULYOV, O., & PIMONENKO, T. (2023). Inkluzívny hospodársky rast: Vzťah medzi energetickou a správnou efektívnosťou. *Energies*, *16*(6). DOI: https://doi.org/10.3390/en16062511.
15. LANGE, S., POHL, J., & SANTARIUS, T. (2020). Digitalizácia a spotreba energie. Znižujú IKT dopyt po energii? *Ecological Economics*, *176*, 106760. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106760.
16. LIN, B., & HUANG, C. (2023). Nelineárny vzťah medzi digitalizáciou a energetickou účinnosťou: Dôkazy z nadnárodných panelových údajov. *Energy*, *276*, 127601. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127601.
17. LIN, B., & XIE, Y. (2023). Vplyv digitálnej transformácie na inováciu zelených technológií v podnikoch: Hrajú charakteristiky predstavenstva nejakú úlohu? *Corporate*

Sociálna zodpovednosť a environmentálny manažment, *31*(3), 1741-1755. DOI: https://doi.org/10.1002/csr.2653.

18. LIN, B., & ZHU, P. (2021). Meranie priameho rebound efektu spotreby elektrickej energie v domácnostiach: Empirická štúdia založená na čínskych panelových štúdiách rodín. *Applied Energy*, *301*, 117409. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117409.
19. NHAM, N., HOA, T., & HA, L. (2023). Vplyv digitalizácie na udržateľnosť morských nerastov: Cesta k udržateľnej modrej ekonomike. *Ocean & Coastal Management*, *239*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106589.
20. RØPKE, I., & CHRISTENSEN, T. H. (2012). Vplyv IKT na energetiku – pohľad z perspektívy každodenného života. *Telematika a informatika*, *29*(4), 348-361. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tele.2012.02.001.
21. SIKSNELYTE-BUTKIENE, I., KARPAVICIUS, T., STREIMIKIENE, D., & BALEZENTIS, T. (2022). Úspechy politiky v oblasti zmeny klímy a energetiky v Európskej únii. *Energies*, 15(14), 5128. DOI: https://doi.org/10.3390/en15145128.
22. THANH, T., HA, L., DUNG, H., & HUONG, T. (2023). Vplyv digitalizácie na energetickú bezpečnosť: Dôkazy z európskych krajín. *Environment Development and Sustainability*, *25*(10), 11599–11644. DOI: https://doi.org/10.1007/s10668-022-02545-7.

Adresy autorov:

Mgr. Marián Brontvaj
Ekonomická univerzita v Bratislave
Fakulta podnikového hospodárstva so sídlom v Košiciach
Katedra kvantitatívnych metód
Tajovského 13, 041 30 Košice
e-mail: marian.brontvaj@euba.sk

Doc. Ing. Lenka Kuhnová, PhD., MBA

Ekonomická univerzita v Bratislave
Fakulta podnikového hospodárstva so sídlom v Košiciach
Katedra ekonómie a manažmentu Tajovského 13, 041 30
Košice
e-mail: lenka.kuhnova@euba.sk