

Digitálna transformácia a environmentálne zdravie: Úloha inovácií v podpore udržateľného rozvoja miest

MUDr. Ihsan Al Khouri, PhD.

Shams Orthopaedic Clinic

Cesta k nemocnici 1, 974 01, Banská Bystrica

khouri@shamsclinic.sk

Ing. Barbora Iannaccone, PhD.*

Technická univerzita v Košiciach

Ústav zemských zdrojov

Oddelenie geo a montánneho turizmu

Letná 9, 042 00, Košice

barbora.iannaccone@tuke.sk

Abstrakt

Digitálna transformácia sa stáva kľúčovým katalyzátorom trvalo udržateľného rozvoja miest, pričom jej potenciál spočíva v synergickom prepojení technologických inovácií, environmentálnej zodpovednosti a sociálnej inklúzie. Predkladaná prehľadová štúdia analyzuje úlohu digitálnej transformácie pri podpore environmentálneho zdravia a trvalo udržateľného rozvoja miest. Vychádza z rámcov TOE (Technology–Organization–Environment) a teórie dynamických schopností, ktoré umožňujú systematickú analýzu technologických, organizačných a environmentálnych faktorov digitalizácie. Na základe sekundárnej analýzy vedeckej literatúry identifikuje štyri tematické oblasti: pokročilé technológie (AI, IoT, big data), digitálne mestské plánovanie, zelené inovácie a environmentálny manažment. Štúdia zároveň poukazuje na regionálne rozdiely v dopadoch digitalizácie, ktoré sú ovplyvnené inštitucionálnou pripravenosťou a regulačným kontextom. Výsledky poukazujú na to, že digitálna transformácia má potenciál podporovať rovnováhu medzi technologickým pokrokom, ekologickou modernizáciou a sociálnou udržateľnosťou, pokiaľ je implementovaná v rámci strategického, viacúrovňového a participatívneho prístupu.

Kľúčové slová

Digitálna transformácia, environmentálne zdravie, udržateľné mestá, inteligentné technológie, zelené inovácie

1. Úvod

Digitálna transformácia sa v poslednom desaťročí etablovala ako kľúčový fenomén so zásadným dopadom na formovanie udržateľných a odolných miest. V ére narastajúcej urbanizácie, klimatických výziev a rastúceho tlaku na efektívne využívanie zdrojov predstavujú digitálne technológie strategický nástroj pre mestské samosprávy, podniky aj širšiu spoločnosť. Integrácia technológií ako umelá inteligencia, internet vecí (IoT), big data či digitálne dvojčatá do oblasti mestského plánovania a správy vytvára predpoklady pre rozvoj inteligentných, inkluzívnych a environmentálne zodpovedných mestských ekosystémov.

Súčasný empirický výskumy ukazujú, že digitálna transformácia prispieva k optimalizácii mestských procesov, znižovaniu environmentálnej záťaže, posilňovaniu zelenej ekonomiky a zlepšovaniu kvality života obyvateľov. Ako ukazujú štúdie autorov ako Wang a Zhang (2025), Zhen et al. (2025) či Long, Liu a Yang (2024), účinnosť týchto procesov je výrazne ovplyvnená technologickou vyspelosťou, organizačnou pripravenosťou a environmentálnou dynamikou. V tomto kontexte sa model TOE (Technology–Organization–Environment) a teória dynamických schopností profilujú ako vhodné teoretické rámce na uchopenie komplexnosti digitálnych premien v mestskom a podnikovom prostredí.

Okrem technologickej dimenzie však digitalizácia výrazne zasahuje aj do oblasti verejnej politiky, participácie, rovnosti prístupu a etického rámcovania technologických inovácií. Výskumy ako He a Chen (2024), ElMassah a Mohieldin (2020) či Robertson a Lapiņa (2023) poukazujú na význam efektívneho spravovania údajov, vertikálnej a horizontálnej integrácie politík, ako aj na potrebu lokalizovaného prístupu k cieľom udržateľného rozvoja (SDGs), založeného na medziodvetvovej spolupráci.

Predkladaná štúdia si kladie za cieľ analyzovať prepojenia medzi digitálnou transformáciou a environmentálnym zdravím v mestskom kontexte, s osobitným dôrazom na úlohu inovácií ako nástroja podpory trvalo udržateľného rozvoja. Východiskom je systematická syntéza vybranej vedeckej literatúry, ktorá umožňuje identifikovať kľúčové mechanizmy, rozdiely a výzvy v aplikácii digitálnych riešení v rozličných geografických a sektorových kontextoch. Publikácia sa zároveň zameriava na komparatívnu analýzu vplyvov digitalizácie v mestských a regionálnych prostrediach, pričom zohľadňuje prahové efekty, inštitucionálnu pripravenosť a sociálno-environmentálne faktory ovplyvňujúce úspešnosť digitálnych transformácií. V tomto rámci je cieľom publikácie prispieť k prehĺbeniu teoretického i praktického porozumenia digitálnym inováciám ako integračnému nástroju rozvoja miest, ktorý môže – pri zodpovednej implementácii – synergicky prepájať technologický pokrok, ekologickú zodpovednosť a sociálnu inklúziu.

2. Teoretické východiská digitálnej transformácie udržateľných miest

V súčasnej akademickej diskusii nadobúda digitálna transformácia čoraz väčší význam ako systémový nástroj podpory environmentálnej udržateľnosti a inovačnej výkonnosti, osobitne v mestskom a podnikovom prostredí. Vzhľadom na narastajúce nároky urbanizácie a klimatických výziev sa digitalizácia javí ako integrálny prvok ekologickej modernizácie, ktorý umožňuje optimalizáciu zdrojového hospodárenia, zníženie environmentálnej záťaže a rozvoj nízkouhlíkovej infraštruktúry. V rámci teoretických rámcov sa etablovali najmä model TOE (Technology–Organization–Environment) a teória dynamických schopností ako nástroje na analýzu faktorov ovplyvňujúcich úspešnosť digitálnej transformácie (Wang a Zhang, 2025; Zhen et al., 2025). Tieto prístupy poukazujú na rozhodujúci význam technologickej pripravenosti, organizačnej adaptability a environmentálnej dynamiky ako prediktorov pre implementáciu udržateľných inovácií. Súčasne sa ukazuje, že digitálne technológie, ako umelá inteligencia, IoT, digitálne dvojčatá či big data, výrazne ovplyvňujú schopnosť miest a podnikov reagovať na ekologické a spoločenské výzvy. Ako konštatujú Shi, Zhang a Jiang (2023), digitalizácia posilňuje štyri dimenzie mestskej odolnosti – sociálnu, ekonomickú, ekologickú a infraštruktúrnú – najmä ak je podporená inovačnými politikami a dostatočnou infraštruktúrou. Práve koncept inteligentného mesta, ako ho formulovali Zheng a kol. (2019), prepája digitálne technológie s cieľmi Agendy 2030 a poukazuje na nevyhnutnosť vertikálnej a horizontálnej integrácie politík, participácie občanov a merateľnosti výkonnosti.

Dôležitým rozmerom je aj schopnosť lokalizovať ciele trvalo udržateľného rozvoja prostredníctvom e-governmentu a systémového využívania dát, ako ukazujú ElMassah a Mohieldin (2020). Táto lokalizácia si vyžaduje synergickú spoluprácu medzi verejnou správou, podnikateľským sektorom a občianskou

spoločnosťou, ako aj investície do ľudského kapitálu a digitálnej infraštruktúry. Význam organizačných a regulačných kapacít potvrdzujú aj Feroz, Zo a Chiravuri (2021), ktorí identifikujú štyri hlavné oblasti prieniku digitalizácie a environmentálnej výkonnosti – znečistenie, odpadové hospodárstvo, zelenú výrobu a mestskú udržateľnosť. Viaceré empirické štúdie (napr. Long, Liu a Yang, 2024; Robertson a Lapiņa, 2023; Lin a Mao, 2023) zdôrazňujú, že digitálna transformácia podporuje nielen technologické inovácie, ale aj strategické procesy a otvorené inovačné modely, ktoré generujú nové formy spolupráce a efektívne reakcie na environmentálne výzvy. Ich účinnosť však závisí od kontextových faktorov, vrátane regulačného rámca, inštitucionálnej stability a prahových hodnôt technologickej a organizačnej pripravenosti (Gu et al., 2023; Liu, Zhao a Liu, 2025). Zároveň sa objavujú nové výskumné výzvy v oblasti hodnotenia environmentálnych dopadov digitalizácie a etického rámcovania umelej inteligencie v mestskom plánovaní (He a Chen, 2024). Digitálna transformácia tak predstavuje nie iba technologickú inováciu, ale komplexný, viacúrovňový proces strategického rozvoja, ktorý pri správnom usmernení dokáže synergicky prepájať ekologické, ekonomické a sociálne dimenzie udržateľnosti.

2.1 Kľúčové tematické oblasti prepojenia digitálnej transformácie a udržateľnosti

V prehľadovej analýze literatúry možno identifikovať viacero tematických oblastí, v ktorých sa digitálna transformácia výrazne prelína s environmentálnou udržateľnosťou a prispieva k zlepšeniu environmentálneho zdravia miest. Tieto oblasti reprezentujú technologické, plánovacie, inovačné aj sektorové dimenzie, ktoré tvoria nosnú štruktúru súčasného výskumu.

Jednou z dominantných oblastí je aplikácia pokročilých digitálnych technológií, akými sú umelá inteligencia (AI), internet vecí (IoT) a big data analytika, ktoré výrazne menia spôsoby environmentálneho manažmentu a mestského riadenia. Bibri a kol. (2024) ukazujú, že práve prepojenie AI a IoT v podobe umelej inteligencie vecí (AIoT), ako aj využívanie digitálnych dvojčiat miest (urban digital twins), ponúka transformačný potenciál pre presné, dátovo riadené plánovanie a rozhodovanie v oblasti udržateľného rozvoja. Tieto technológie umožňujú modelovať vplyvy rozhodnutí na životné prostredie, predikovať environmentálne riziká a optimalizovať využívanie zdrojov v reálnom čase. Aziz et al. (2025) zároveň upozorňujú na praktické využitie digitálnych mapovacích technológií, ktoré v mestskom plánovaní umožňujú efektívnejšiu lokalizáciu SDG 9, podporujúceho odolnú infraštruktúru, industrializáciu a inovácie.

Druhou tematickou oblasťou je prepojenie digitálnej transformácie s mestským plánovaním a správou. Výskum Jiang a kol. (2023) demonštruje, že digitálne iniciatívy v rámci konceptu smart cities významne prispievajú k zvyšovaniu udržateľnosti mestských zdrojov, pričom efekt týchto iniciatív je výraznejší v menej industrializovaných a východných regiónoch. Das (2024) navyše poukazuje na to, že digitálna transformácia, ak je integrovaná s kvalitnou infraštruktúrou a efektívnym riadením, podporuje nielen technologickú adaptabilitu, ale aj kvalitu služieb pre obyvateľov, čím sa stáva nástrojom harmonizácie technologického pokroku a cieľov trvalo udržateľného rozvoja.

Zásadný význam v rámci prepojenia digitálnych procesov s udržateľnosťou zohráva aj oblasť zelených inovácií a ekologickej modernizácie. Long a kol., (2024) identifikujú tri kľúčové mechanizmy, prostredníctvom ktorých digitalizácia podnikov podporuje nízkouhlíkový rozvoj miest: inováciu zelených technológií, posilnenie investícií do zelených riešení a transformáciu priemyselnej štruktúry. Tieto procesy sú posilňované vládnu podporou a rozvojom fintech technológií. Robertson a Lapiņa (2023) zas zdôrazňujú úlohu digitálnej transformácie ako katalyzátora otvorených inovácií, ktoré vytvárajú nové formy spolupráce zamerané na udržateľnosť. Ich koncepčný rámec upozorňuje na potenciál synergických efektov medzi technologickým rozvojom a ekologickou transformáciou, pri súčasnom zohľadnení možných environmentálnych rizík digitalizácie.

Štvrtou oblasťou prepojenia je energetická efektívnosť, odpadové hospodárstvo a optimalizácia verejných služieb, ktoré patria medzi základné zložky environmentálneho zdravia miest. Feroz a kol., (2021) identifikovali tieto oblasti ako kľúčové z hľadiska prínosu digitálnych technológií k udržateľnosti. Ich systematická literárna analýza poukazuje na možnosti využitia digitálnych riešení pri znižovaní emisií, efektívnej správe odpadu, zlepšovaní procesov udržateľnej výroby a zvyšovaní kvality mestského prostredia. Tieto zistenia podporujú víziu digitálne transformovaných miest ako dynamických a adaptabilných systémov, ktoré integrujú technologický pokrok s environmentálnymi cieľmi v rámci komplexného a systémového riadenia.

Všetky uvedené tematické oblasti zároveň potvrdzujú, že digitálna transformácia nie je izolovaným fenoménom, ale integračným procesom, ktorý zasahuje do viacerých sektorov a politík a má potenciál zásadne prispieť k budovaniu inkluzívnych, inteligentných a environmentálne udržateľných miest.

2.2 Analýza rozdielov v dopadoch digitalizácie na mestské a regionálne prostredia

Dopady digitálnej transformácie na rozvojové procesy nie sú homogénne naprieč geografickými a inštitucionálnymi kontextmi, čo vedie k rastúcej potrebe analyzovať regionálne disparity a špecifiká jej implementácie. Empirické zistenia ukazujú, že digitalizácia môže pôsobiť ako nástroj prekonávania štrukturálnych slabín v menej rozvinutých oblastiach, no zároveň existuje riziko prehlbovania digitálnej priepasti medzi metropolitnými centrami a perifériami.

Long a kol., (2024) a Li a Xu (2024) na príklade čínskych miest preukázali, že pozitívne efekty digitálnej transformácie – ako podpora zelených technológií, zvýšenie ekologických investícií a transformácia priemyselnej štruktúry – sú najmarkantnejšie v menej industrializovaných regiónoch, kde digitalizácia plní kompenzačnú a stimulačnú funkciu. Rovnako Jiang a kol. (2023) potvrdzujú, že dopady smart city iniciatív na energetickú efektívnosť a udržateľnosť sú výraznejšie vo východných a rozvojovo menej rozvinutých oblastiach. Tento trend možno vysvetliť synergickým pôsobením verejných investícií, cieľenej vládnej podpory a nižšej počiatočnej úrovne digitalizačnej saturácie, ktorá umožňuje rýchlejší marginálny zisk z technologických inovácií (Guo a kol., 2023). Na druhej strane, vo vyspelejších mestských prostrediach, kde už existuje etablovaná digitálna infraštruktúra, sa transformácia presúva do kvalitatívnej roviny – dôraz sa kladie na efektívnosť verejných služieb, participáciu občanov a dátovo riadené rozhodovanie. He a Chen (2024) poukazujú na to, že v týchto prostrediach sa implementujú sofistikovanejšie riešenia založené na umelej inteligencii, prediktívnej analytike a digitálnych dvojčatách, ktoré slúžia na optimalizáciu urbanistického plánovania a geopriestorového riadenia.

Významný rozdiel sa prejavuje aj v inštitucionálnych kapacitách a regulačnom zázemí. Štúdie ElMassah a Mohieldin (2020) a Li a Xu (2024) ukazujú, že efektívna lokalizácia digitálnych stratégií na podporu SDGs je výrazne ovplyvnená úrovňou digitálnej správy, transparentnosti a schopnosti verejnej správy implementovať dátovo orientované nástroje plánovania. V mestskom kontexte je preto digitalizácia často previazaná s pokročilou správou údajov a vertikálnou integráciou politík, zatiaľ čo v regiónoch zohráva kľúčovú úlohu dostupnosť základnej infraštruktúry a podpora komunitného zapojenia. Asif a kol., (2024) identifikujú inovačné kapacity ako sprostredkujúci článok medzi digitálnou transformáciou, vedením podniku a udržateľným výkonom, pričom súčasne zdôrazňujú význam environmentálnej dynamiky ako modifikujúceho faktora, ktorý podmieňuje potrebu strategického riadenia digitalizácie vo firemnej praxi.

Z analýzy vyplýva, že digitalizácia má potenciál redukovat' rozvojové disparity, ak je implementovaná ako súčasť inkluzívneho a diferencovaného prístupu zohľadňujúceho lokálne potreby a špecifiká. Zároveň je však nevyhnutné zabezpečiť politickú a organizačnú adaptabilitu, ktorá umožní rovnomerné rozdelenie výhod digitálnych riešení medzi metropolitné a menej rozvinuté regióny. Bez takéhoto prístupu môže digitalizácia

paradoxne prispieť k reprodukcii existujúcich nerovností v prístupe k inováciám, ekologickým technológiám a verejným službám.

3. Metodológia

Predkladaná štúdia využíva kvalitatívnu výskumnú stratégiu, založenú na systematickej sekundárnej analýze vedeckej literatúry s cieľom identifikovať mechanizmy, prostredníctvom ktorých digitálna transformácia ovplyvňuje environmentálne zdravie a trvalo udržateľný rozvoj miest. Vychádza z konceptuálnej integrácie modelu TOE (Technology–Organization–Environment) a teórie dynamických schopností, ktoré umožňujú analytické uchopenie technologických, organizačných a environmentálnych determinantov digitalizačných procesov. Tieto rámce boli zvolené vzhľadom na ich osvedčené aplikácie v relevantných empirických výskumoch, napr. Wang a Zhang (2025), Zhen et al. (2025), pričom slúžia na identifikáciu faktorov ovplyvňujúcich úspešnosť digitalizačných iniciatív v mestskom aj podnikovom prostredí.

Výskumný dizajn bol postavený na tematickej syntéze poznatkov z publikácií publikovaných v recenzovaných vedeckých časopisoch, ktoré sa explicitne venujú vzťahu medzi digitalizáciou a udržateľnosťou. Kritériami pre výber literatúry boli: (1) dôraz na digitálnu transformáciu v kontexte environmentálnych a sociálnych cieľov, (2) prítomnosť teoretického ukotvenia v rámci TOE alebo príbuzných konceptov (smart cities, zelené inovácie, verejná politika), (3) sektorová a geografická diverzita s cieľom zabezpečiť komparatívny pohľad. Zahnuté štúdie pokrývajú široké spektrum prípadov – od MSP a mestských samospráv po poľnohospodárske a priemyselné regióny.

Analytický prístup pozostával z tematickej kategorizácie a následnej syntézy zistení podľa identifikovaných dimenzií: technologické nástroje (napr. AI, IoT, big data), organizačné kapacity a inštitucionálne rámce, environmentálne indikátory (zelené inovácie, odpadové hospodárstvo, udržateľná infraštruktúra) a priestorové disparity. Osobitná pozornosť bola venovaná prahovým efektom a faktorom, ktoré sprostredkujú alebo modifikujú vplyv digitálnej transformácie na mestské a regionálne prostredia.

Vzhľadom na povahu štúdie je dôležité uviesť aj isté limitácie. Výsledky vychádzajú zo sekundárnych zdrojov, prevažne z empirických štúdií realizovaných v čínskom prostredí, čo môže do istej miery obmedziť ich generalizovateľnosť v inom kontexte. Napriek tomu aplikovaný analytický rámec poskytuje robustný základ pre interpretáciu komplexných vzťahov medzi digitalizáciou a udržateľnosťou a vytvára priestor pre formulovanie odporúčaní relevantných aj pre európsky alebo globálny kontext.

4. Výsledky a diskusia

Výsledky prípadovej štúdie poukazujú na významnú rolu digitálnej transformácie ako mnohorozmerného faktora ovplyvňujúceho environmentálne zdravie a udržateľný rozvoj miest. Na základe analýzy vybraných empirických výskumov je možné identifikovať viacero mechanizmov a kontextových determinantov, ktoré formujú efektivitu digitálnych riešení v mestskom a podnikateľskom prostredí.

Kľúčovým zistením je, že digitálne technológie – najmä umelá inteligencia, internet vecí, digitálne dvojčatá a big data – predstavujú základný inovačný nástroj zvyšovania efektivity v správe mestských zdrojov, v poskytovaní verejných služieb a v implementácii ekologických riešení (Yin, 2024). Zároveň sa ukazuje, že ich efektívne využitie je možné len vtedy, ak sú tieto technológie integrované do širšieho rámca politickej koordinácie, inštitucionálnej kapacity a participatívneho riadenia. Významný vplyv digitalizácie bol zaznamenaný najmä v oblastiach s nižšou mierou industrializácie, kde môže digitálna transformácia prispievať k vyrovnávaniu regionálnych disparít a podporovať zelené investície (Yin a kol., 2022; Gu et al., 2023; Long, Liu a Yang, 2024).

Diskusia poukazuje aj na význam organizačných a manažérskych kapacít, ktoré zohrávajú sprostredkujúcu úlohu medzi zavádzaním digitálnych nástrojov a dosahovaním environmentálnych cieľov. Štúdie ukazujú, že úspešná digitálna transformácia v mestskom či podnikateľskom prostredí si vyžaduje nielen technologickú pripravenosť, ale aj schopnosť adaptácie, vhodné stimulačné mechanizmy a priaznivé regulačné prostredie (Wang a Zhang, 2025; Liu, Zhao a Liu, 2025). Zvlášť dôležitá je tiež úloha verejnej politiky a digitálnej správy, ktorá môže vytvárať inkluzívne rámce pre zapojenie rôznych aktérov, znižovať transakčné náklady a urýchliť lokalizáciu cieľov SDGs (ElMassah a Mohieldin, 2020). Ďalším významným výstupom analýzy je identifikácia tzv. prahových efektov, podľa ktorých pozitívny vplyv digitalizácie na zelený rozvoj narastá po dosiahnutí určitej úrovne technologickej zrelosti a kolaboratívnej inovačnej spolupráce (Gu et al., 2023). Tieto zistenia naznačujú, že včasné a koordinované investície do infraštruktúry, ľudského kapitálu a dátového riadenia sú predpokladom pre maximalizáciu prínosov digitálnej transformácie.

Na záver možno konštatovať, že digitálna transformácia má potenciál plniť synergickú funkciu medzi technologickým pokrokom, ekologickou zodpovednosťou a sociálnou inklúziou. Výsledky naznačujú, že integračné rámce ako „zdravé udržateľné mesto“ (Crane et al., 2021) či koncept inteligentného mesta (Zheng et al., 2019) môžu slúžiť ako strategické platformy pre zosúladenie rôznorodých politických, technologických a environmentálnych cieľov. Udržateľná digitálna transformácia preto nepredstavuje len technickú výzvu, ale vyžaduje systémový a participatívny prístup, ktorý reflektuje miestne špecifiká a globálne záväzky. V dostupnej literatúre abscentuje jednotný rámec hodnotenia dlhodobých dopadov digitalizácie na ekologickú výkonnosť miest, ako aj hlbšia analýza sociálnych a regionálnych disparít v prístupe k digitálnym inováciám. Z tohto dôvodu je nevyhnutné, aby budúci výskum smeroval k viacúrovňovej, interdisciplinárnej analýze, ktorá zohľadní technologické, organizačné aj spoločensko-environmentálne faktory súčasne.

5. Záver

Digitálna transformácia predstavuje zásadný nástroj podpory environmentálnej udržateľnosti a inovačnej výkonnosti v mestskom aj regionálnom prostredí. Výsledky prehľadovej štúdie potvrdzujú, že jej účinnosť je podmienená synergickým pôsobením technologických inovácií, organizačných kapacít a inštitucionálneho rámca. Využitie konceptuálnych prístupov, ako sú TOE model a teória dynamických schopností, umožnilo identifikovať a systematizovať kľúčové faktory ovplyvňujúce úspešnosť digitalizačných procesov – od implementácie zelených technológií až po strategické plánovanie smart cities. Zároveň sa ukazuje, že dopady digitalizácie nie sú priestorovo homogénne: pozitívne efekty sa často koncentrujú v menej rozvinutých regiónoch, kde plní digitálna transformácia funkciu rozvojového akcelérатора. Táto asymetria podčiarkuje potrebu cielenej podpory digitalizačných iniciatív prispôbených úrovni technologickej, organizačnej a inštitucionálnej pripravenosti konkrétnych území. Odporúča sa preto vytvárať adaptívne rámce verejných politík, ktoré zohľadnia regionálne rozdiely a prahové efekty absorpčnej kapacity. Kľúčové zistenia zároveň naznačujú, že úspešná implementácia digitálnej transformácie si vyžaduje koordinované úsilie naprieč sektormi a úrovňami správy. Politiky by mali podporovať viacúrovňové a medzirezortné integračné prístupy, ktoré explicitne prepájajú digitalizáciu s klimatickými a environmentálnymi cieľmi. Rovnako dôležité je posilniť digitálnu infraštruktúru a zabezpečiť interoperabilitu dátových systémov, najmä v oblasti verejného plánovania, environmentálneho manažmentu a poskytovania služieb. Osobitnú pozornosť si zasluhuje rozvoj otvorených inovácií a podpora spolupráce medzi verejnou správou, výskumnými inštitúciami, súkromným sektorom a občianskou spoločnosťou, ktorá je nevyhnutná pre vznik inkluzívnych a udržateľných mestských ekosystémov. Digitalizácia pritom musí byť sprevádzaná robustnými etickými a environmentálnymi

regulačnými rámcami, ktoré minimalizujú potenciálne negatívne externality a zabezpečia ekologickú zodpovednosť technologických riešení.

Záverom možno konštatovať, že digitálna transformácia – ak je ukotvená v dôkazmi podloženej politike, posilnenej inštitucionálnou pripravenosťou, adekvátnymi regulačnými nástrojmi a strategickou víziou – má potenciál výrazne prispieť k ekologickej modernizácii miest, posilneniu environmentálneho zdravia a dlhodobej spoločenskej odolnosti. Pre budúci výskum a aplikáciu sa zároveň otvára priestor pre hlbšiu analýzu interakcií medzi digitálnou politikou, environmentálnymi inováciami a regionálnymi špecifikami, ako aj pre rozpracovanie modelov hodnotenia účinnosti digitálnych intervencií v udržateľnom urbánnom rozvoji.

Zoznam bibliografických odkazov

1. Asif, M., Yang, L., & Hashim, M. (2024). The Role of Digital Transformation, Corporate Culture, and Leadership in Enhancing Corporate Sustainable Performance in the Manufacturing Sector of China. *Sustainability*, 16(7), 2651. <https://doi.org/10.3390/su16072651>
2. Aziz, K. M. A., Daoud, A. O., Singh, A. K., & Alhusban, M. (2025). Integrating digital mapping technologies in urban development: Advancing sustainable and resilient infrastructure for SDG 9 achievement – a systematic review. *Alexandria Engineering Journal*, 116, 512–524. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.12.078>
3. Bibri, S. E., Huang, J., Jagatheesaperumal, S. K., & Krogstie, J. (2024). The synergistic interplay of artificial intelligence and digital twin in environmentally planning sustainable smart cities: A comprehensive systematic review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 20, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.esec.2024.100433>
4. Crane, M., Lloyd, S., Haines, A., Ding, D., Hutchinson, E., Belesova, K., Davies, M., Osrin, D., Zimmermann, N., Capon, A., Wilkinson, P., & Turcu, C. (2021). Transforming cities for sustainability: A health perspective. *Environment International*, 147, 106366. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106366>
5. Das, D. K. (2024). Exploring the Symbiotic Relationship between Digital Transformation, Infrastructure, Service Delivery, and Governance for Smart Sustainable Cities. *Smart Cities*, 7(2), 806–835. <https://doi.org/10.3390/smartcities7020034>
6. ElMassah, S., & Mohieldin, M. (2020). Digital transformation and localizing the Sustainable Development Goals (SDGs). *Ecological Economics*, 169, 106490. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106490>
7. Feroz, A. K., Zo, H., & Chiravuri, A. (2021). Digital Transformation and Environmental Sustainability: A Review and Research Agenda. *Sustainability*, 13(3), 1530. <https://doi.org/10.3390/su13031530>
8. Gu, R., Li, C., Yang, Y., & Zhang, J. (2023). The Impact of Industrial Digital Transformation on Green Development Efficiency, Considering the Threshold Effect of Regional Collaborative Innovation: Evidence from the Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration in China. *Journal of Cleaner Production*, 420, 138345. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138345>

9. Guo, Q., Yao, N., Ouyang, Z., & Wang, Y. (2023). Digital development and innovation for environmental sustainability: The role of government support and government intervention. *Sustainable Development*, 32(4), 3389–3404. <https://doi.org/10.1002/sd.2854>
10. He, W., & Chen, M. (2024). Advancing Urban Life: A Systematic Review of Emerging Technologies and Artificial Intelligence in Urban Design and Planning. *Buildings*, 14(3), 835. <https://doi.org/10.3390/buildings14030835>
11. Jiang, Z., Zhang, X., Zhao, Y., Li, C., & Wang, Z. (2023). The impact of urban digital transformation on resource sustainability: Evidence from a quasi-natural experiment in China. *Resources Policy*, 85, 103784. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103784>
12. Li, H., & Xu, J. (2024). Impact of Digital Government on Digital Transformation of Enterprises from the Perspective of Urban Economic Sustainable Development. *Sustainability*, 16(7), 2667. <https://doi.org/10.3390/su16072667>
13. Lin, J., & Mao, M. (2023). How does digital transformation affect sustainable innovation performance? The pivotal roles of digital technology-business alignment and environmental uncertainty. *Sustainable Development*, 32(4), 3163–3181. <https://doi.org/10.1002/sd.2830>
14. Liu, M., Zhao, J., & Liu, H. (2025). Digital transformation, employee and executive compensation, and sustained green innovation. *International Review of Financial Analysis*, 97, 103873. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103873>
15. Long, Y., Liu, L., & Yang, B. (2024). The effects of enterprise digital transformation on low-carbon urban development: Empirical evidence from China. *Technological Forecasting and Social Change*, 201, 123259. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123259>
16. Robertsons, G., & Lapiņa, I. (2023). Digital transformation as a catalyst for sustainability and open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(1), 100017. <https://doi.org/10.1016/j.ioitmc.2023.100017>
17. Shi, Y., Zhang, T., & Jiang, Y. (2023). Digital Economy, Technological Innovation and Urban Resilience. *Sustainability*, 15(12), 9250. <https://doi.org/10.3390/su15129250>
18. Wang, S., & Zhang, H. (2025). Enhancing SMEs sustainable innovation and performance through digital transformation: Insights from strategic technology, organizational dynamics, and environmental adaptation. *Socio-Economic Planning Sciences*, 98, 102124. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2024.102124>
19. Yin, S. (2024). Digital transformation for sustainable development. *Sustainable Social Development*, 2(5), 2802. <https://doi.org/10.54517/ssd2802>
20. Yin, S., Dong, T., Li, B., & Gao, S. (2022). Developing a Conceptual Partner Selection Framework: Digital Green Innovation Management of Prefabricated Construction Enterprises for Sustainable Urban Development. *Buildings*, 12(6) 721. <https://doi.org/10.3390/buildings12060721>
21. Zhen, Z., Chen, J., Zhang, Y., & Qin, J. (2025). Navigating Urban Transformation: The Impact of Green Innovation on Sustainable Development Performance. *Sustainability*, 17(2), 576. <https://doi.org/10.3390/su17020576>

22. Zheng, L., Kwok, W.-M., Aquaro, V., & Qi, X. (2019). Digital Government, Smart Cities and Sustainable Development. Proceedings of the 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance, 291–301. ICEGOV2019: 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance. <https://doi.org/10.1145/3326365.3326403>