

Integrace ESG do konceptu chytrého města se zaměřením na dopravu

Petr Dovolil, Miroslav Svítek

Abstrakt— Tento dokument obhazuje integraci ESG (environmentální, sociální a správní) kritérií do konceptu chytrého města. Analýza indikátorů udržitelnosti, jako jsou uhlíková stopa, odolnost vůči změnám klimatu, cirkulární ekonomika, biodiverzita a vybraná sociální aktiva (například místní komunity a jejich bezpečnost a ochrana), může poskytnout užitečná data a informace o udržitelnosti, rizicích a příležitostech napříč aktivy v zastavěném prostředí. Taxonomie EU a evropské standardy pro vykazování udržitelnosti poskytují základ pro konzistentní a detailní shromažďování informací. Tyto informace lze začlenit do digitálních dvojčat, která mohou sloužit jako víceúčelová platforma pro data o udržitelnosti. Digitální dvojčata ESG by proto mohla být účinným nástrojem pro řešení výzev v oblasti udržitelnosti a odolnosti. Nabízejí také významný potenciál pro to, aby na základě neustálého zlepšování přispívala k silným udržitelným sociálním, environmentálním a ekonomickým výsledkům.

Hesla — Zastavěné prostředí, ESG (environmentální, sociální a správní kritéria), chytré město, udržitelnost, změna klimatu, taxonomie EU, nefinanční (týkající se udržitelnosti) vykazování, ESRS (evropské standardy pro vykazování udržitelnosti), emise skleníkových plynů, digitální dvojče městské čtvrti, digitální dvojče dopravy, veřejné blaho.

I. ÚVOD

Sektor finančních investic prochází jedním z nejzásadnějších milníků ve své historii. Jedná se o paradigmatickou změnu ve velké části mezinárodních politických, průmyslových a finančních kruhů směrem k jasně definovaným ESG (environmentálním, sociálním a správním) investicím. V důsledku toho se do rámců pro navrhování aktiv a řízení projektového cyklu integrují nové aspekty investic, jako jsou uhlíková stopa (emise skleníkových plynů), odolnost (zejména odolnost vůči změně klimatu), oběhové hospodářství, biologická rozmanitost, přírodní kapitál, lidská práva, rovnost, nepřipustnost diskriminace, rizika a příležitosti.

Pokud jsou tyto charakteristiky správně a spolehlivě měřeny, mohou poskytnout širší a podrobnější údaje o udržitelnosti a informace o výkonnosti investic a aktiv. Pokud jsou začleněny do systémových nástrojů, jako je Building Information Modeling (BIM) a Digital Twins, mohou také vytvořit

robustní a silné datové platformy pro průběžnou konceptualizaci, sledování, plánování a správu širšího zastavěného prostředí prostřednictvím integrovaných ESG datových sad. To platí zejména tehdy, je-li to usnadněno umělou inteligencí a strojovým učením.

S tím, jak se udržitelnost, která zahrnuje i odolnost, stává novou převládající orientací moderních společností, se do centra této transformace dostává zastavěné prostředí a město. Města spotřebovávají 78 procent světové energie a produkuje více než 60 procent emisí skleníkových plynů, přestože pokrývají méně než 2 procenta povrchu Země. Zjednodušeně řečeno, „výzvy v oblasti změny klimatu a udržitelnosti lidstvo vyhraje nebo prohraje ve městech“. Koncept inteligentního města je klíčový pro přechod k lépe fungujícím komunitám, životnímu prostředí a ekonomikám po celém světě. Má potenciál poskytnout měřitelný a transparentní ekosystém pro správu dat o udržitelnosti, který může usnadnit důvěryhodné, na datech založené akce a inteligentní rozhodování ve městech [1] a pomoci tak dosáhnout silných sociálních, environmentálních a ekonomických výsledků.



Obr. 1. Historie investic

II. TAXONOMIE EU, UDRŽITELNÉ FINANCOVÁNÍ A VYKAZOVÁNÍ UDRŽITELNOSTI

A. Udržitelnost a změna klimatu = měnící se DNA kapitalismu

Udržitelnost a změna klimatu jsou hnací silou dnešní politické agendy. Rámcová úmluva Organizace spojených národů o změně klimatu z roku 1992¹ (UNFCCC), Pařížská dohoda z roku 2015² a Globální rámec pro biologickou rozmanitost z Kunmingu a Montrealu z roku 2022³ (GBF) jsou jen některé z významných

P. Dovolil is with the PwC Czech Republic, Hvězdova 1734/2c, Prague 4, 140 00 (e-mail: petr.dovolil@pwc.com).

M. Svítek is with the Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Konviktská 20, Prague 1, 110 00, Czech Republic (e-mail: svitek@fd.cvut.cz).

¹ www.ipcc.ch

² www.unfccc.int

³ www.undp.org

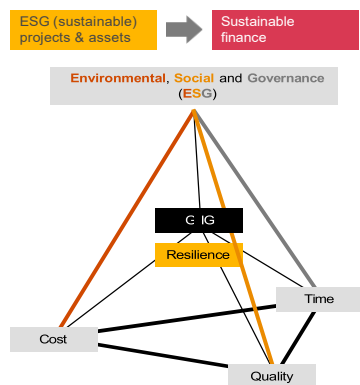
⁴ www.fsb-tcfd.org

mezinárodních smluv, které dosud poháněly globální politická opatření v oblasti udržitelnosti. Stejná konvergence v oblasti udržitelnosti je patrná i ve finančních a investičních komunitách prostřednictvím iniciativ, jako je Pracovní skupina pro zveřejňování informací souvisejících s klimatem⁴ (TCFD), Pracovní skupina pro zveřejňování informací souvisejících s přírodou⁵ (TNFD), Pakt OSN⁶, Koalice Net Zero⁷ a Race to Zero a Skupina institucionálních investorů pro změnu klimatu⁸ (IIGCC).

Poslední roky se vyznačují rozmachem opatření v oblasti udržitelnosti a změny klimatu a rostoucím uznáním a podporou jak ve veřejném, tak v soukromém sektoru. V historii investic nikdy nedošlo k situaci, kdy by byla běžná životnost aktiv, jako jsou budovy, infrastruktura a technologické jednotky, tak problematická a různorodá.

Hnacími silami tohoto jevu jsou klimatické změny, zhoršování životního prostředí, ztráta biologické rozmanitosti a negativní sociální dopady, jako je migrace, chudoba a pandemie. To vše má potenciál učinit život na Zemi stále náročnějším, zejména pro zranitelné komunity. V zásadě vždy stačilo investovat s ohledem na stávající klimatické a přírodní podmínky (viz obr. 1). Pokud nedošlo k neočekávané technické poruše, náhodné události způsobené člověkem, jako je válka nebo dobrovolná obnova majetku, nebo přírodní katastrofě, fyzická aktiva dosáhla víceméně své předpokládané životnosti. Tento přístup k investicím však již není životaschopný vzhledem k rozsahu potenciálně rušivých trendů, které již probíhají a budou se dále vyvíjet na globální, regionální, národní i místní úrovni.

Zatímco v prvních dvou desetiletích 21. století se témata udržitelnosti diskutovala převážně v oblasti public relations, ve třetím desetiletí došlo k hlubokému přehodnocení. To se týká zejména tradičního trojúhelníku projektového řízení, který tvoří činnost, čas a náklady. Tento přístup již nedokáže věrohodně zachytit nefinanční (udržitelné) aspekty investic, které nelze komplexně zachytit technickými, časovými a finančními parametry (viz obr. 2). V důsledku toho se jako nový investiční model prosazuje investování do projektů, u nichž lze provést komplexní posouzení rizik nad rámec klasických parametrů projektového řízení, které mají potenciál marginalizovat udržitelnost.



Obr. 2. Role ESG v aktualizovaném trojúhelníku projektového řízení

Tento nový přístup se řídí kapitalistickou logikou, podle níž jsou náklady na kapitál funkcí bezrizikové sazby trhu plus prémie za riziko spojené s investicí. V důsledku toho ESG investice znamenají, ceteris paribus, lepší přístup k financování a nižší náklady na kapitál, protože poskytují mnohem větší transparentnost ohledně rizik a příležitostí v oblasti udržitelnosti [2].

B. . Rámce, standardy a taxonomie ESG = od obecných cílů udržitelnosti k nefinančnímu vykazování v EU i mimo ni

V soukromém sektoru je obecným trendem, že organizace se snaží rychle integrovat témata udržitelnosti zaváděním ESG pravidel a kritérií na všech úrovních podniku, včetně správních a dozorčích orgánů a vedení, strategií a procesů. Kromě toho v poslední době zrychlilo dobrovolné vykazování. Vznik rámců ESG, jako jsou cíle udržitelného rozvoje OSN, standardy jako CDP⁹, Global Reporting Initiative¹⁰ (GRI), International Financial Reporting Standards Foundation¹¹ (IFRS Foundation) a taxonomie, jako je EU Taxonomy¹² a UK Green Taxonomy¹³, umožňuje jednotná měřítka a kritéria prostřednictvím vytvoření společných ontologií udržitelnosti a klasifikačních systémů.

Trend také jednoznačně směřuje k tomu, aby nefinanční (udržitelnosti se týkající) vykazování bylo na stejné úrovni jako finanční vykazování a bylo integrováno do hlavního textu výročních zpráv společností. Tato změna byla v EU zaznamenána zveřejněním směrnice o podávání zpráv o udržitelnosti podniků¹⁴ (CSRD) v prosinci 2022. Směrnice uloží všem velkým společnostem v EU, tedy přibližně 50 000 firem, povinnost zahrnout zprávu o udržitelnosti do svých zpráv o hospodaření jako součásti účetních uzávěrek. CSRD se do určité míry vztahuje i na hodnotové řetězce společností pro finanční rok 2025. Největší společnosti jsou dokonce povinny podávat zprávy již ve finančním roce 2024. V roce 2028 bude CSRD povinná i pro zahraniční subjekty s významným obchodováním v rámci EU.

Podobná regulace již platí pro finanční instituce na základě nařízení o zveřejňování informací o udržitelnosti z roku 2019 (SFDR)¹⁵. Lhůty stanovené v tomto nařízení se postupně stávají závaznými pro finanční sektor EU. SFDR je evropské nařízení zavedené za účelem zvýšení transparentnosti na trhu s udržitelnými investičními produkty. Jeho cílem je zabránit „greenwashingu“ a zvýšit transparentnost tvrzení o udržitelnosti ze strany účastníků finančního trhu, jako jsou banky, pojišťovny a účastníci finančního trhu nabízející kótované cenné papíry.

Kromě toho celý ekosystém udržitelnosti v EU rychle dozrává, a to díky novým pravidlům týkajícím se ekologických značek (např. ekodesign), zabraňování greenwashingu a nepodloženým tvrzením o ekologické šetrnosti, evropské normě pro zelené dluhopisy založené na taxonomii EU přijaté na konci roku 2023 [3] a ratingům ESG.

⁵ www.tnfd.global

⁶ www.unglobalcompact.org

⁷ www.un.org

⁸ www.iigcc.org

⁹ www.cdp.net

¹⁰ www.globalreporting.org

¹¹ www.ifrs.org

¹² finance.ec.europa.eu

¹³ www.greenfinanceinstitute.co.uk

¹⁴ finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en

¹⁵ finance.ec.europa.eu/regulation-and-supervision/financial-services-legislation/implementing-and-delegated-acts/sustainable-finance-disclosures-regulation_en

Ve veřejném sektoru je proces v EU složitější. Určité ESG aspekty se odrážejí ve víceletém finančním rámci na období 2021–2027, evropských strukturálních a investičních fondech a fondech NextGenerationEU. Ve veřejném sektoru však dosud neexistuje závazný povinný režim sestavování rozpočtu a podávání zpráv. Pouze dobrovolné iniciativy, jako je referenční rámec pro zelené rozpočtování (GBRF), ukazují cestu vpřed pro vykazování udržitelnosti ve veřejném sektoru¹⁶.

C. Taxonomie EU = jednotný systém klasifikace udržitelnosti

Taxonomie EU neboli taxonomie EU pro udržitelné ekonomické činnosti je v současné době nejpodrobnější a nejdůkladnější holistický systém klasifikace udržitelných ekonomických činností platný na celém světě. Představuje jednotný, technologicky neutrální a vědecky podložený systém klasifikace EU pro určování toho, které ekonomické činnosti, tj. projekty, aktiva nebo jejich složky, prostřednictvím kterých jsou tyto ekonomické činnosti prováděny, jsou „environmentálně udržitelné“ („zelené“). Základní právní předpis o taxonomii EU byl přijat již v červnu 2020 prostřednictvím nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/852 [14] ze dne 18. června 2020 o vytvoření rámce pro usnadnění udržitelných investic a o změně nařízení (EU) 2019/2088. V souladu s tímto nařízením [15] má být taxonomie EU po svém dokončení založena na následujícím základním legislativním a regulačním balíčku:

- minimálně šest delegovaných aktů Evropské komise vydaných podle článku 19 nařízení o taxonomii EU, které stanoví tzv. technická kritéria pro posuzování environmentální udržitelnosti. Ta musí zahrnovat podrobné technické požadavky na soulad s taxonomií EU pro každou ekonomickou činnost v rámci všech šesti environmentálních cílů EU pro dvě kvalitativní úrovně „podstatný přínos“ a „nezpůsobit významnou škodu“, a to [4]:
 - zmírňování změny klimatu,
 - adaptace na změnu klimatu,
 - udržitelné využívání a ochrana vodních a mořských zdrojů;
 - přechod na oběhové hospodářství;
 - prevence a kontrola znečištění; a
 - ochrana a obnova biologické rozmanitosti a ekosystémů.
- metodiky pro stanovení podílu udržitelných ekonomických činností na základě nařízení EU z července 2021 [5];
- další delegovaná prováděcí nařízení, která by měla být vydána v souladu s nařízením o taxonomii EU.

V červnu 2023 byla přijata první zbývající prováděcí nařízení, která definují technická kritéria pro screening čtyř neklimatických environmentálních cílů EU, a která vstoupila v platnost dne 1. ledna 2024 [6].

Za účelem stanovení míry environmentální udržitelnosti investice se hospodářská činnost považuje za environmentálně udržitelnou, pokud:

- (a) podstatně přispívá k jednomu nebo více ze šesti environmentálních cílů EU [7],
- (b) významně nepoškozuje žádný ze šesti environmentálních cílů EU;
- (c) je prováděna v souladu s minimálními zárukami stanovenými v článku 18 nařízení; a
- (d) splňuje technická kritéria screeningu.

Jelikož taxonomie EU a její technická kritéria prověřování představují univerzální kodex udržitelnosti v EU, je logické začlenit její přístup do koncepce inteligentních měst.

D. Evropské standardy pro udržitelnost (ESRS) = nové standardy pro nefinanční vykazování v EU

Pro mnoho velkých evropských společností se povinnost nefinančního vykazování podle CSRD stala realitou v roce 2024 a v roce 2025 se bude vztahovat na řadu dalších. Příslušné technické standardy pro tento účel připravila Evropská poradní skupina pro finanční vykazování (EFRAG). Dne 31. srpna 2023 Komise na základě návrhu EFRAG vydala první obecný soubor 12 odvětvově neutrálních ESRS [8], který vstoupil v platnost na konci roku 2023. Skládá se z následujících dvanácti standardů pro vykazování udržitelnosti (dvou horizontálních a deseti tematických):

- dvě obecné normy:
 - Obecné požadavky (ESRS 1),
 - Obecné zveřejňování informací (ESRS 2);
- pět environmentálních norem:
 - Změna klimatu (ESRS E1),
 - Znečištění (ESRS E2),
 - Vodní a mořské zdroje (ESRS E3),
 - Biodiverzita a ekosystémy (ESRS E4)
 - Využívání zdrojů a oběhové hospodářství (ESRS E5);
- čtyři sociální normy:
 - Vlastní zaměstnanci (ESRS S1),
 - Zaměstnanci v hodnotovém řetězci (ESRS S2),
 - Dotčené komunity (ESRS S3),
 - Spotřebitelé a koncoví uživatelé (ESRS S4);
- jedna norma týkající se správy a řízení: Obchodní chování (ESRS G1).

Furthermore, it is envisaged that they will be complemented gradually by 41 sector-specific standards ranging from agriculture and farming to recreation and leisure by June 2026 at the latest.

Dále se předpokládá, že budou postupně doplněny o 41 odvětvových norem, které se budou týkat oblastí od zemědělství a chovu hospodářských zvířat až po rekreaci a volný čas, a to nejpozději do června 2026. Ačkoli nefinanční vykazování bude převážně doménou velkých společností v EU, tyto společnosti budou shromažďovat nezbytné nebo užitečné údaje a informace ESG ze svých hodnotových řetězců. Totéž platí pro účastníky finančního trhu, kteří budou získávat podobné údaje a informace ze svých hodnotových řetězců. V důsledku toho tyto povinnosti dříve či později vyvolají potřebu robustní a spolehlivé správy údajů. Ta musí být ověřitelná pomocí zavedených norem kvality, jako jsou příslušné normy ISO. Tyto přístupy ke správě údajů by mohly být také integrovány do řízení udržitelnosti městských oblastí,

¹⁶ economy-finance.ec.europa.eu

kde by mohly hrát roli při podávání zpráv a zveřejňování údajů o metrikách a cílech. Mohly by také usnadnit řešení závažných problémů udržitelnosti na systémové úrovni. To může zahrnovat strategické a nouzové plánování, intervence, zajištění budoucnosti a operativní řízení v reálném čase, zejména v digitálních dvojčatech městských čtvrtí. To je hodnota kurátorovaných veřejných dat a jejich robustního federovaného řízení, které se jeví jako klíčový pozitivní disruptor pro řešení výzev v oblasti udržitelnosti, který dříve nebyl k dispozici.

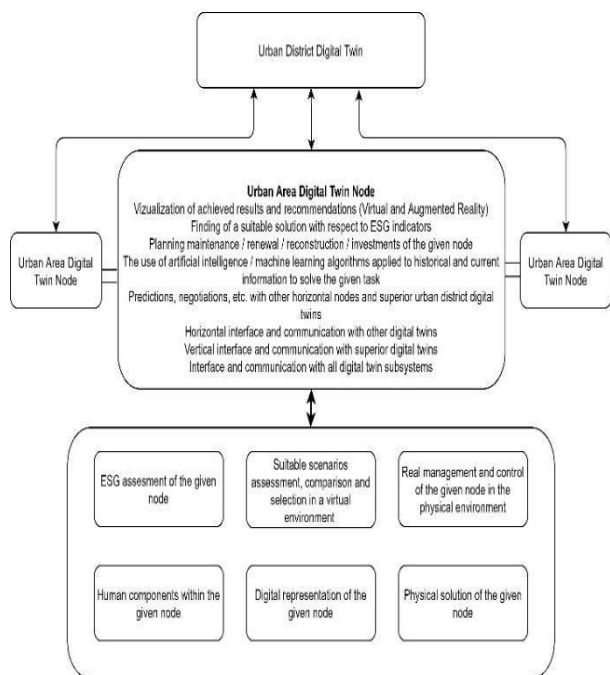
III. DIGITÁLNÍ DVOJČE MĚSTSKÉ ČTVRTI

A. Model systému

Architektura systému navrhovaného řešení je znázorněna na obr. 3. V první řadě se jedná o vytvoření digitálního dvojčete celé městské čtvrti nebo sousedství, které propojuje jednotlivé uzly městské oblasti. Digitální dvojčete čtvrti umožňuje koordinaci/správu celé čtvrti ve spolupráci s jednotlivými uzly digitálního dvojčete města.

Digitální dvojčete městského uzlu propojuje fyzický svět, jeho virtuální model a lidské prvky, jako jsou lidé interagující s digitálním dvojčetem, obyvatelé a uživatelé městského uzlu. Datové soubory jsou řízeny taxonomií EU a environmentálními a sociálními charakteristikami ESRS (tj. ukazateli a datovými body), aby bylo možné flexibilně definovat primární a sekundární oblasti dopadu pro měření dopadů jednotlivých operací.

Na úrovni městského uzlu jsou informace o rizicích, příležitostech a dopadech (historické události a online data) zpracovávány tak, aby bylo možné vytvořit různé scénáře pro provozní řízení. Používají se také pro další vývoj, strategické plánování a modelování a zajištění budoucnosti intervencí, zejména pokud jde o komplexní kombinované účinky a dopady. Tyto scénáře jsou vyhodnocovány tak, aby bylo možné co nejlépe řešit ESG parametry.



Obr. 3. Digitální dvojčete městské čtvrti

Digitální dvojčete navíc generuje nesčetné množství datově podložených poznatků, které lze využít při budoucích zásazích v podobných městských prostředích, a tím usnadňuje žádoucí proces robustního zlepšování.

Jedním z klíčových souborů ESG informací, z nichž lze vycházet při navrhování digitálního dvojčete městské čtvrti, mohou být data a informace o souladu fyzických aktiv a vybraných charakteristik s taxonomií EU, jako například:

- energetická účinnost konkrétních budov s využitím certifikátů energetické účinnosti a doplňujících informací¹⁷;
- zranitelnost vůči změně klimatu, adaptační charakteristiky a adaptační plán na úrovni čtvrti;
- vybraná environmentální data odvozená z ESRS E2 – ESRS 5; a
- vybrané sociální údaje, včetně údajů o bezpečnosti a ochraně, odvozené z ESRS S3 – ESRS S4, zejména robustní sociální základní údaje.

Hodnota takových digitálních dvojčat může být mnohostranná a může poskytovat veřejné statky pro různé zainteresované strany, například prostřednictvím následujících činností:

- (1) Možnost rychlé, multikriteriální analýzy systémů systémů kritických stavů a tlaků na udržitelnost a odolnost okresu. To by zahrnovalo identifikaci klíčových rizik, příležitostí, závislostí a vzájemných souvislostí na základě spolehlivých údajů ze všech kategorií infrastruktury a aktiv, sektorů služeb a vlastníků/uživatelů aktiv v rámci okresu. Zahrnovalo by to také klíčové vnější faktory mimo okres (vnější souvislosti).
- (2) Zjednodušené informované a na faktech založené zapojení zainteresovaných stran a tvorba politik, rozhodování o udržitelných a odolných intervencích v okrese a jejich ekonomických, sociálních a environmentálních dopadech prostřednictvím aplikace taxonomie EU příslušnými plánovacími a stavebními orgány, včetně plánování scénářů, prostřednictvím vizuálně působivých a datově bohatých prezentačních výstupů napříč více kritérii, které ukazují souvislosti a synergie.
- (3) Lepší porozumění přesným výchozím stavům a dopadům různých zásahů, měnícím se klimatickým podmínkám a vzorcům chování uživatelů v dané oblasti. To by mělo vycházet zejména z průběžné analýzy trendů, vzorců chování a měnících se podmínek v dané oblasti. To je zvláště důležité pro firmy, které podléhají povinnosti podávat zprávy o udržitelnosti, aby mohly zdůvodnit zásahy související s jejich místními operacemi. Ty mohou vycházet ze spolehlivých a ověřitelných údajů o environmentálních a sociálních aspektech. Mohou usnadnit sladění s probíhajícími nebo plánovanými aktivitami jiných místních aktérů.
- (4) Lepší přístup k udržitelnému financování pro vlastníky aktiv v dané oblasti díky poskytování spolehlivých údajů o ukazatelích udržitelnosti a klíčových rizicích, včetně těch, která souvisejí s odolností, s cílem přilákat investice a zvýšit atraktivitu dané lokality.

¹⁷ digitaltwinhub.co.uk/credo

- (5) Poskytování spolehlivých důkazů o dosahování cílů Evropské zelené dohody v dané oblasti. To by mohlo zahrnovat cíl nulových čistých emisí uhlíku do roku 2050 a systémový přístup prostřednictvím průběžného sledování intervencí v dané oblasti, jejich charakteristik a dopadů s využitím taxonomie EU a dalších relevantních referenčních rámců.
- (6) Zvyšování schopností a dovedností příslušné správy dané oblasti a dalších klíčových zúčastněných stran, včetně soukromého sektoru, v oblasti udržitelného řízení jejich aktiv a odolnosti měst s využitím inteligentních, digitálních a nízkouhlíkových nebo bezuhlíkových řešení.
- (7) Porozumění klíčovým omezením/rizikům v reálném čase prostřednictvím pozitivní zpětné vazby od obyvatel a návštěvníků dané čtvrti pomocí digitálního dvojčete v mobilních aplikacích. Toho lze dosáhnout pomocí sítě senzorů monitorujících například online znečištění ovzduší, dopravní zácpy, teploty vzduchu v ulicích, dopravní nehody nebo jiné nehody v infrastruktuře a další, včetně příležitostí pro marketing služeb a produktů v dané čtvrti.
- (8) Získání poznatků a porozumění klíčovým omezením/rizikům nebo pozitivní zpětné vazbě v dané oblasti v reálném čase ze strany veřejných orgánů, vlastníků infrastruktury a poskytovatelů služeb, aby mohli poskytovat své služby na základě skutečných podmínek a dosáhnout nové efektivity, včetně efektivního řízení mimořádných situací.
- (9) Podpora výzkumu a hodnocení různých témat založených na datech prostřednictvím přístupu ke komplexním datovým sadám.
- (10) Poskytnutí ověřeného digitálního dvojčete, které bude v budoucnu potenciálně rozšířeno na celé území obce a dále.

Nejvhodnější metodou se jeví technologie multiagentů (MAT), kde každý městský uzel je reprezentován svým softwarovým agentem [9], který vyjednává s ostatními uzly a s nadřazeným agentem městské čtvrti, aby našel nejlepší řešení pro celou městskou oblast. Výsledkem vyjednávání jsou konkrétní řídicí příkazy, které musí být použity k řízení fyzických komponent městských uzlů.

Funkce digitálního dvojčete zahrnuje také vyhodnocení zvoleného řešení, posouzení výkonnostních parametrů [10] a poučení se z minulých chyb. Historické události, reakce na ně a úspěch těchto reakcí jsou součástí využití historických údajů pro budoucí rozhodování. V současné době se prostřednictvím digitálního stavebního deníku [11] vytváří spolehlivý standardizovaný rámec pro městská digitální dvojčata v EU.

V tomto ohledu by model Triple Access¹⁸ mohl být inspirací pro vývoj takového digitálního dvojčete, protože zohledňuje fyzickou mobilitu, prostorovou blízkost a digitální konektivitu v rámci nového rámce přístupnosti. Tento model se odlišuje od tradičních paradigmat „předpovídat a poskytovat“ tím, že přijímá vizí vedený přístup „rozhodovat a poskytovat“. Využívá umělou inteligenci k předpovídání a přizpůsobování se nejistotám v rozvoji měst, čímž zajišťuje, že plány mobility odolají různým budoucím scénářům. Jednou z hodnot modelu je budování odolnosti vůči různým hrozbám, pokud jde o

schopnost místního systému absorbovat šoky, přizpůsobit se jim a transformovat se, aby se stal odolnějším.

V praxi spočívá propojení modelu Triple Access s ESG vykazováním v komplexním přístupu k dostupnosti, který se v posledních letech díky digitálním technologiím dramaticky mění. Nepřímo přispívá k cílům udržitelnosti obsaženým v ESG kritériích tím, že rozděluje problém dostupnosti do tří složek, které je třeba rozvíjet jako jeden vnitřně konzistentní a vzájemně se doplňující ekosystém, podporující inteligentní rozhodnutí uživatelů v oblasti mobility.

Podporou udržitelnějšího, přístupnějšího a efektivněji řízeného systému městské mobility model Triple Access přirozeně podporuje dosažení širších ESG cílů na úrovni aktiv, sítí a systémů a poskytuje strukturovaný přístup k měření, vykazování a zlepšování udržitelnosti městských dopravních systémů. Takový systém by mohl být, pokud by byl založen na federovaném přístupu a jemné kontrole záznamů v rámci digitálního dvojčete, propojen s generativním chatbotem umělé inteligence (AI) a poskytovat rychlé a spolehlivé informace pro více veřejných a soukromých uživatelů.

B. Digitální, simulační a modelovací nástroje

Nástroje pro digitální dvojčata jsou založeny na digitálních mapách (GIS – geografický informační systém), pasech fyzických komponent, modelech infrastrukturních prvků (BIM – Building Information Modeling).

Velmi důležitou oblastí je samozřejmě sběr, přenos a zpracování různých dat, včetně ověřování úplnosti a správnosti dat, fúze dat, využití datové platformy města (Golemio v Praze), ontologií, znalostních grafů a Business Intelligence (BI).

Data jsou vstupem pro pokročilé modelování a mikrosimulace. Je možné kombinovat různé simulační nástroje z různých oblastí.

Software pro simulaci města (CSS) umožňuje simulaci a hodnocení různých strategií inteligentního města na jedné webové platformě [16], která poskytuje doplňkový přehled o aktuální situaci. Software pro simulaci měst (CSS) pracuje s heterogenními daty (ekonomickými, environmentálními, dopravními, energetickými, stavebními, sociálními atd.) z různých informačních zdrojů a poskytuje jejich integraci do matematického nástroje, který umožňuje simulovat možné strategie a vypočítat vhodnou sadu klíčových indikátorů výkonnosti (KPI), jako jsou indikátory environmentálního a sociálního stavu nebo tlaku.

Pomocí kombinace matematických modelů z různých oblastí, jako je doprava, energetika a životní prostředí, je možné simulovat scénáře dopadů „co by, kdyby“ zahrnující různé nepředvídatelné události. Software pro simulaci měst (CSS) tak může pomoci implementovat „rámec odolnosti podle návrhu“ a odpovědět na otázku, jak zvýšit odolnost a udržitelnost měst a poskytovat na míru šité pohotovostní služby v kritických situacích.

Lze prozkoumat použití metaverse pro jednoduché modely, protože poskytuje komplexní interaktivní virtuální prostředí, které integruje a synchronizuje různé digitální technologie a služby, kde mohou uživatelé interagovat s digitálním obsahem nebo mezi sebou ve sdíleném virtuálním prostoru pomocí

¹⁸ www.tapforuncertainty.eu

pokročilých gadgetů virtuální reality, jako jsou náhlavní soupravy virtuální reality (VR).

Vytvoření metaverse pomocí konceptu digitálního dvojčete dopravy je proces, který bude využívat popsané dopravní simulace různých scénářů. To bude dále propojeno s rozšířenou/virtuální realitou (AR/VR), případně s algoritmy umělé inteligence nebo internetem věcí (IoT). Výsledkem bude vytvoření podrobného 3D modelu konkrétní městské jednotky s jejími službami pro různé typy uživatelů, který by umožnil simulaci a testování různých zásahů příslušných zúčastněných stran, aby byly připraveny na budoucnost.

Nakonec by to mělo vést ke snížení jejich rizikového profilu a negativních dopadů a k integraci dalších vylepšení (pozitivní program) za účelem dosažení vyšší udržitelnosti a odolnosti.

C. Dopravně-logistický řetězec a ESG = příklad odvětvově specifického digitálního dvojčete integrujícího ESG aspekty

Nejslibnější oblasti, kde by mohla být udržitelnost přijata s velmi hmatatelnými výsledky. Dopravní operace spotřebovávají třetinu veškeré energie v EU a představují přibližně 23 % celkových přímých emisí skleníkových plynů v Unii. Dekarbonizace dopravního parku a infrastruktury proto může hrát ústřední roli při zmírňování změny klimatu.

Kromě toho může lepší řízení dopravy a mobility (obr. 4) přinést významné sociální a environmentální výsledky. Tyto vysoké společenské hodnoty jsou cílem strategie EU pro udržitelnou a inteligentní mobilitu.

Cílem digitálního dvojčete v dopravě zaměřeného na ESG by bylo generovat, porovnávat a vybírat vhodné scénáře pro řízení dopravně-logistických procesů ve virtuálním prostředí (modely „co by, kdyby“), určovat kritéria, zaznamenávat různé ESG údaje a informace, vypočítávat ukazatele ESG a vybírat vhodné řešení odpovídající oblasti přijatelnosti [12].

Obr. 5 ukazuje všechny dotčené složky dopravně-logistického řetězce po zavedení metodiky ESG do praxe. Je zřejmé, že tento přístup ovlivňuje všechny procesy. Tato rozmanitost složek proto představuje pádný argument pro použití digitálního dvojčete v dopravě a integraci ontologie ESG do něj.

Obecně je význam dvojí zelené a digitální agendy pro dekarbonizaci zdůrazněn v nedávné metodice aktualizace národních energetických a klimatických plánů¹⁹ (NECP) z prosince 2022. Členské státy jsou zejména „vyzývány, aby hledaly synergie mezi NECP a národními strategickými plány pro digitální dekádu předloženými v rámci programu politiky pro digitální dekádu 2030 (DDPP), aby zajistily, že digitální infrastruktura a technologie přispívají k udržitelnému oběhovému a klimaticky neutrálnímu hospodářství a společnosti v souladu s Evropskou zelenou dohodou. Členské státy jsou vyzvány, aby zvážily, jak využijí proces a nástroje digitální dekády, a zejména projekty zahrnující více zemí, k urychlení zelené transformace“.

Ekonomická hodnota v budoucnu poroste, protože náklady na uhlík v dopravě by se zvýšily prostřednictvím ekologických daní nebo zahrnutím silniční dopravy do systému EU pro

obchodování s emisemi (EU ETS), jak se v současné době předpokládá v rámci novely směrnice EU ETS.

A. Transport-logistics layer (MOBILITY LOGISTICS MANAGEMENT): - Modeling of mobility demand (passengers and cargo) within territorial units (synthetic population, passenger decision-making) - Cargo logistics (city logistics, last mile logistics, servicing of territorial units) - SUMP (Sustainable Urban Mobility Plans) of cities and regions - MaaS (Mobility as a Service) and its quality guarantee – reliability, comfort, integration of public and non-public services - Business models of sustainable mobility and logistics (shared mobility and logistics, transport economy, crowdsourcing, mobility operator, payment for one trip, for a package of mobility services or monthly or annual subscription, loyalty programs, ESG evaluation)	
B. Cyber-information layer (ITS AND TRAFFIC MANAGEMENT): - Interface for mutual communication of individual participants and actors (interoperability, digitization, HMI) - Integration of available information and knowledge about all transport processes (digital transportation twin) - Control of transport systems (distributed control, control on highways, control in tunnels, control of transport routes and terminals) - Cooperative and automated systems (C-ITS, V2X communication, navigation systems, autonomous systems) - Optimization of transport processes (offering variants of possible solutions for different users regarding the state of the transport infrastructure, available means of transport, traffic operation) - Solving critical situations / crisis management / maintenance / ensuring the sustainability and resilience of the entire transport system	
C. Operational, safety and environmental-energy layer (TRAFFIC OPERATION): - Traffic modeling and simulation (SUMO, VISSIM, AimSun) - Modeling the energy demands and environmental impacts of transport (categories of vehicles, pollution / noise) - Monitoring the safety and flow of traffic (analysis of traffic accidents, modeling of congestion, traffic measures, etc.)	
D. Transport-telematics layer (TRANSPORT INFRASTRUCTURE): - Transport routes (road, rail, etc.) - Vehicles (vehicles with alternative drives, OBU – On-Board Units, etc.) - Transport terminals (logistics centers, airports, railway stations, HUB - interchanges, parking lots) - Infrastructure of charging / recharging / filling stations / telematic devices on the infrastructure (Road-Side Equipment)	

Obr. 4 Model přepravních a zasilatelských procesů

Kromě toho digitální taxonomie EU a návrh seznamu datových bodů ESRS – prováděcí pokyny, které v současné době vypracovává EFRAG, poskytují úplné standardizované seznamy údajů a informací o relevantních souborech dat ESG EU v MS Excel, aby bylo možné začít zkoumat proveditelnost jejich integrace do digitálních dvojčat s cílem využít a zužitkovat údaje o udržitelnosti pro hospodářské subjekty, regulační orgány a veřejné blaho.

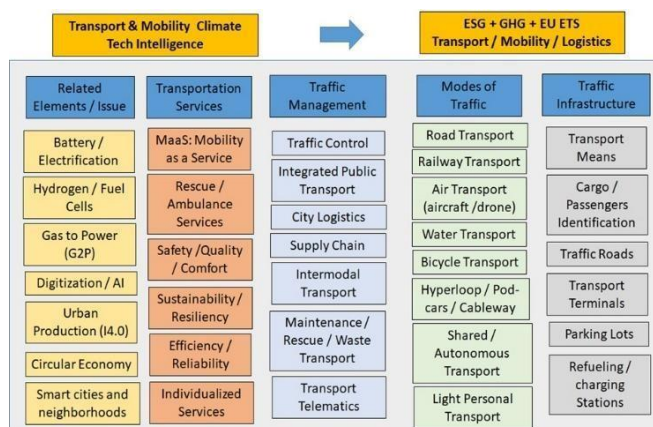


Fig. 5 Dopad ESG indikátorů na dopravní a logistický řetězec

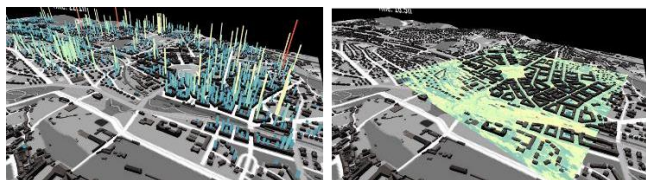
D. Evropská Avenue jako pražská digitální testovací platforma

Dosud byl simulační software City (CSS) používán v Evropské Avenue²⁰ v Praze. Jedná se o velmi komplikovanou městskou oblast zahrnující výjezd z tunelu Blanka, dojíždějící pracovníky ze středočeského regionu, spojení s letištěm, univerzitní kampus a komplikovaný kruhový objezd na Vítězném náměstí.

Obrázek vlevo na obr. 6 ukazuje sociologická data a vpravo environmentální parametry. Díky CSS je možné ve virtuálním prostředí ověřit, zda tyto nové budovy v budoucnu nezpůsobí problémy v dané městské oblasti. Bohužel po schválení realizace již nebude možné ji změnit a ekonomické a společenské důsledky by mohly být enormní.

²⁰ www.gatetoeurope.eu

¹⁹ www.ifrs.org



Obr. 6. Grafické výstupy softwaru City Simulation Software (CSS) do prostředí virtuální reality (VR).

IV. ZÁVĚR

Závěrem lze říci, že nastupující posun směrem k ESG investicím a přijetí konceptů inteligentních měst představuje významný milník v historii investic a urbanistického plánování. Užitečné údaje a informace mohou poskytnout aspekty udržitelnosti, jako jsou uhlíková stopa, odolnost vůči změnám klimatu, oběhové hospodářství, biologická rozmanitost a vybraná sociální aktiva. Tyto údaje mohou využít různí aktéři k posouzení udržitelnosti, rizik a příležitostí v rámci zastavěného prostředí, a to jak na úrovni aktiv, sítí, tak i systémů.

Taxonomie EU a ESRS poskytují konzistentní a detailní koncepty pro měření udržitelnosti, aby bylo možné rozvíjet a spravovat městské oblasti a jejich složky inteligentním způsobem. V důsledku toho se ESG digitální dvojčata mohou stát klíčovým nástrojem pro realizaci dvojího zeleného a digitálního přechodu a snížení rizik pro naši budoucnost. V tomto ohledu mají potenciál sloužit jako významné veřejné blaho.

Digitální dvojčete jako metaverse může mimo jiné fungovat jako ESG platforma pro veřejné konzultace, kde mohou obyvatelé virtuálně poskytovat zpětnou vazbu k plánovaným dopravním projektům, dopravním problémům nebo navrhovaným politikám. To může zvýšit transparentnost a veřejné přijetí iniciativ v oblasti udržitelné městské mobility a zvažovaných zásahů.

Kontinuální sběr dat a ESG zpětná vazba z metaverse umožní neustálé zlepšování digitálního dvojčete dopravy, což povede k lepšímu porozumění a řízení dané městské entity a společnému vytváření silnějších sociálních, environmentálních a ekonomických výsledků [13, 17].

Tato zpětná vazba podporuje inovace a neustálé zlepšování městského celku prostřednictvím digitálních simulací, virtuálních experimentů a pokročilého zapojení zainteresovaných stran.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla spolufinancována Evropskou unií v rámci projektu Robotika a pokročilá průmyslová výroba (reg. č. CZ.02.01.01/00/22_008/0004590). Autoři děkují za podporu Tonymu McLaughlinovi z PwC (CZ) za revizi a korekturu tohoto článku a za poskytnutí podnětných komentářů a návrhů.

REFERENCE

- [1] Benes, Viktor ; Svitek Miroslav. 2022. Knowledge graphs for Smart Cities; Conference: 2022 Smart City Symposium Prague (SCSP); DOI: [10.1109/SCSP54748.2022.9792541](https://doi.org/10.1109/SCSP54748.2022.9792541).
- [2] Shannon P Pratt, Roger J Grabowski: Cost of Capital, John Wiley & Sons, 2014, DOI: [10.1002/9781118846780.ch06](https://doi.org/10.1002/9781118846780.ch06).
- [3] Regulation of the European Parliament and of the Council, 2023/2631, EU, 2023.

- [4] Commission Delegated Regulation 2021/2139, EU, 2021.
- [5] Commission Delegated Regulation 2021/2178, EU, 2021.
- [6] Commission Delegated Regulation 2023/2486, EU, 2023.
- [7] Commission Delegated Regulation, 2023/2772, EU, 2023.
- [8] New Leipzig Chapter – The Transformative power of cities for the common good, Informal Ministerial Meeting on Urban Matters, 2020.
- [9] Rzevski G., Kozhevnikov S., Svitek M.: Smart City as an Urban Ecosystem, 2020 Smart City Symposium Prague (SCSP), 2020, pp. 1-7, DOI: [10.1109/SCSP49987.2020.9133849](https://doi.org/10.1109/SCSP49987.2020.9133849).
- [10] Svitek M., Novovičová J.: Performance Parameters Definition and Processing, Neural Network World 6/2005, pp. 567-577, 2005, ISSN 1210-0552.
- [11] Study on the development of a European Union framework for digital building logbooks, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2826/659006>.
- [12] Svitek M.: Applying Wave Probabilistic Functions for Dynamic System Modeling, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS, PART C-APPLICATIONS AND REVIEWS, Volume: 41, Issue: 5, pp. 674-681, 2011.
- [13] Svitek M.: Wave probabilistic information power, In: Neural Network World 2011, vol. 21, no.3, p. 269-276, ISSN 1210-0552, DOI: [10.14311/NNW.2011.21.016](https://doi.org/10.14311/NNW.2011.21.016).
- [14] Regulation of the European Parliament and of the Council, 2020/852, EU, 2020.
- [15] Regulation of the European Parliament and of the Council, 2019/2088, EU, 2019.
- [16] Daniel M., Dostál R., Kozhevnikov S., Matysková A., Moudrá K., Reteira A. M., Příbyl O: City Simulation Software: Perspective of Mobility Modelling, Smart Cities Symposium Prague (SCSP), 2021, DOI: [10.1109/SCSP52043.2021.9447384](https://doi.org/10.1109/SCSP52043.2021.9447384).
- [17] Benes V., Svitek M., Michalíková A., Melichercik M.: Situation Model of the Transport, Transport Emissions and Meteorological Conditions, Neural Network World 1/2024, pp. 27-36, 2024, DOI: [10.14311/NNW.2024.34.002](https://doi.org/10.14311/NNW.2024.34.002).