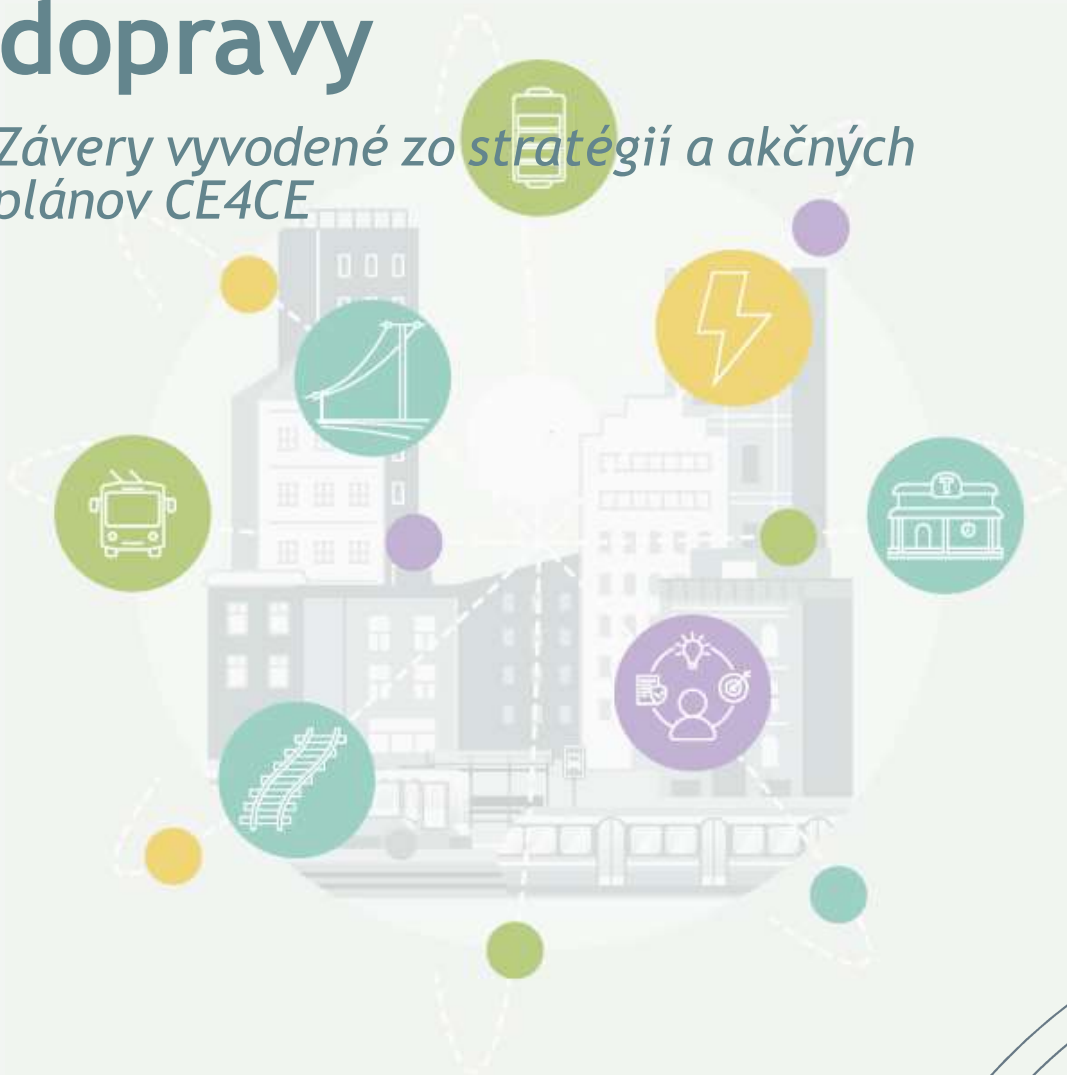


Usmernenia pre vypracovanie stratégií obehového hospodárstva v sektore verejnej dopravy

Závery vyvodené zo *stratégií a akčných
plánov CE4CE*



Tlačové údaje

Projekt

CE0100250 CE4CE - Infraštruktúra verejnej dopravy v strednej Európe - uľahčenie prechodu na cirkulárnu ekonomiku

Kontakt

Leipzig Public Transport Company

Adresa: Georgiring 3, 04103 Lipsko, Nemecko

Web: <https://www.l.de/verkehrsbetriebe/>

E-mail: CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de

Financovanie

Program Interreg Stredná Európa: <https://www.interreg-central.eu/>

Autori a spolupracovníci

Leventcan Er, Laura López, Ana-Maria Baston, Marcelian Handoko (Rupprecht Consult, Nemecko), Stefan Röhl, Conrad Jentzsch (Leipzig Public Transport Company, Nemecko), Jan Röhl (Kruch Railways, Rakúsko), Liliana Donato, Sara Biffi (ATB Bergamo, Taliansko), Gabriele Grea, Anja Seyfert (Redmint Impresa Sociale srl, Taliansko), Dominika Kowalkowska (PKA Gdynia, Poľsko), Agnieszka Szmelter-Jarosz, Marcin Wolek (Univerzita v Gdansku, Poľsko), Mitja Klemencic (mesto Maribor), Danijel Hojski (Univerzita v Maribore), Alexandra Scharzenberger, Marta Woronowicz (združenie trolley:motion, Rakúsko), Németh Zoltán Ádám, Gábor Jéga-Szabó (SZKT Szeged, Maďarsko), Nikolett Csörgő (Mobilissimus Kft, Maďarsko)

Rozloženie a dizajn

Danaja Dvornik (@_studio_kai_) a Marcelian Handoko (Rupprecht Consult)

Dátum publikácie

marec 2026

Autorské práva

Autorské práva k tejto publikácii vlastní konzorcium projektu CE4CE pod vedením spoločnosti Leipzig Public Transport Company. Všetky obrázky a textové prvky v tejto publikácii, pri ktorých je uvedený zdroj, sú majetkom uvedených organizácií alebo jednotlivcov.

Zoznam skratiek

Skratka	Definícia
AI	Umelá inteligencia
BESS	Systém ukladania energie v batériách
BSR	Oblasť Baltského mora
CCC	Zmluva o klimatickom meste
EN	Európska norma
eBRT	Rýchla mestská hromadná doprava elektrickými autobusmi
ESG	Environmentálne, sociálne a riadenie
EÚ	Európska únia
GIS	Geografický informačný systém
ISO	Medzinárodná organizácia pre normalizáciu
KPI	Kľúčový ukazovateľ výkonnosti
LCC	Náklady životného cyklu
MR.pro®	Softvér/systém na riadenie údržby používaný spoločnosťou LVB
PV	Fotovoltaika
SECAP	Plán pre udržateľnú energetiku a klimatické opatrenia
SMEA	Strategické hodnotenie údržby a inžinierstva (metodický odkaz súvisiaci s určením priorít/riadením rizík)
SUMP	Plánovanie udržateľnej mestskej mobility
ZEDAS	Softvérový systém pre údržbu železníc a správu majetku

Skratky partnerov

Skratka	Názov partnera
LVB	Leipzig Public Transport Company, Nemecko
PKA	Prevádzkovateľ verejnej autobusovej dopravy v Gdyni, Poľsko
UG	Univerzita v Gdańsku, Poľsko
SZKT	Dopravná spoločnosť Szeged, Maďarsko
Kruch	Kruch Railways Innovations, Rakúsko
MOM	Mesto Maribor, Slovinsko
UM	Univerzita v Maribore, Slovinsko
ATB	ATB Mobility Bergamo, Taliansko
Redmint	Sociálne podnik Redmint, Taliansko
Mobilissimus	Mobilissimus Ltd., Maďarsko
TM	združenie trolley:motion, Rakúsko
RUPPRECHT	Rupprecht Consult (consultant to LVB), Germany

Zoznam obrázkov

Obrázok 1. Rámec AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE). Zdroj: združenie trolley:motion	9
Obrázok 2. Štruktúra kompasu cirkulárnosti v energetickom sektore	11
Obrázok 3. Sektor infraštruktúry v štruktúre kompasu cirkulárnosti	16
Obrázok 4. Sektor koľajových vozidiel v štruktúre kompasu cirkulárnosti	20
Obrázok 5. Strategický rámec na podporu vízie verejnej dopravy v Maribore (SUMP).	25
Obrázok 6. Vízia a strategické ciele akčného plánu pre Maribor	26
Obrázok 7. Kľúčové opatrenia a harmonogram implementácie v Maribore	27
Obrázok 8. Workshop zainteresovaných strán o obehovom hospodárstve a energii vo verejnej doprave. Zdroj: Mesto Maribor, CE4CE	28
Obrázok 9. Hlavné závery pre Maribor	29
Obrázok 10. Vízia a strategické ciele akčného plánu LVB	30
Obrázok 11. Leipzig lúčové opatrenia	31
Obrázok 12. Hlavný výstup v Lipsku	34
Obrázok 13. Fotovoltaická elektráreň napájajúca trolejbusy v Gdynia v depu. Zdroj: CE4CE	35
Obrázok 14. Vízia a strategické ciele akčného plánu Gdynia	35
Obrázok 15. Kľúčové opatrenia a harmonogram implementácie v Gdyni	36
Obrázok 16. Hlavné závery z Gdyně	38
Obrázok 17. ATB Mobility Bergamo	39
Obrázok 18. Vízia a strategické ciele akčného plánu Bergamo	40
Obrázok 19. Kľúčové opatrenia v Bergame Hlavné závery z Bergama	40
Obrázok 20. Hlavné závery z Bergama	42

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1. Kľúčové faktory energetických stratégií vo verejnej doprave	14
Tabuľka 2. Kľúčové faktory stratégií v oblasti infraštruktúry verejnej dopravy	18
Tabuľka 3. Kľúčové faktory stratégií vozového parku vo verejnej doprave	23

Obsah

Zhrnutie	7
1. Úvod do projektu CE4CE	8
2. Stratégie na posilnenie cirkulárnosti v sektore verejnej dopravy	9
2.1. Stratégia na zachytávanie a optimalizáciu využívania odpadovej energie a zdrojov obnoviteľnej energie v nových hodnotových reťazcoch životného cyklu	11
2.2. Stratégia na pridanie a získanie hodnoty a optimalizáciu poskytovania infraštruktúry verejnej dopravy v rámci nových hodnotových reťazcov životného cyklu	16
2.3. Stratégia na pridanie a získanie hodnoty a optimalizáciu dodávok koľajových vozidiel/ vozidiel v rámci nových hodnotových reťazcov životného cyklu	20
3. Akčné plány na riešenie kľúčových výziev v sektore verejnej dopravy	25
3.1. Akčný plán na zachytávanie a využívanie odpadovej energie z vlakov a nabíjanie použitých batérií z obnoviteľných zdrojov energie v Maribore, Slovinsko	25
3.2. Akčný plán na optimalizáciu poskytovania infraštruktúry prostredníctvom minimálne invazívnych údržbových prác v Lipsku, Nemecko	30
3.3. Akčný plán na optimalizáciu poskytovania infraštruktúry prostredníctvom spolupráce a zdieľania medzi verejnými poskytovateľmi ako aktualizácia mestskej stratégie pre elektromobilitu v Gdyni, Poľsko	35
3.4. Akčný plán na zvýšenie hodnoty dodávateľského reťazca a optimalizáciu dodávok vozidiel prostredníctvom cirkulárneho obstarávania v Bergame, Taliansko	39
4. Získané skúsenosti a odporúčania	44
4.1. Získané skúsenosti z procesu vypracovania stratégií a akčných plánov	44
4.2. Odporúčania na implementáciu opatrení	44
5. Závery	46
6. Referencie	46

Zhrnutie

Projekt Interreg Central Europe CE4CE: Infraštruktúra verejnej dopravy v strednej Európe - uľahčenie prechodu na cirkulárnu ekonomiku¹, posilňuje systémové myslenie v oblasti cirkulárnej ekonomiky u aktérov verejnej dopravy zo stredoeurópskych krajín s cieľom znížiť množstvo odpadu a vytvárať hodnotu v rámci nových životných cyklov infraštruktúry a vozového parku. Na tento účel projekt CE4CE spoločne vyvinul riešenia, ktoré zvyšujú vedomosti a kapacity v tomto sektore, pomáhajú znižovať prekážky a náklady, a k tomu iniciujú rozvoj nových služieb a kvalifikovaných pracovných miest, ako aj stratégie a akčné plány, ktoré zlepšujú tvorbu politík, vzdelávanie a výmenu na regionálnej a nadnárodnej úrovni. Cieľom projektu CE4CE bolo zaviesť princípy obehového hospodárstva do sektora verejnej dopravy a tým znížiť množstvo odpadu, zvýšiť efektívnosť v tomto sektore a zlepšiť ekologickú stopu verejnej dopravy.

Okrem toho zainteresované strany z oblasti verejnej dopravy spolupracovali v rámci CE4CE na spoločnom vývoji a prispôbení procesov a riešení ako kľúčových faktorov pre integráciu princípov cirkulárnej ekonomiky, ako sú koncepcie zdieľania údajov, nové a inovatívne usmernenia pre obstarávanie, návrhy produktov a obchodných modelov, rozšírené posudzovanie životného cyklu a metodiky analýzy nákladov a prínosov.

Partnerstvo projektu CE4CE odzrkadľovalo celý hodnotový reťazec a systémovú perspektívu sektora dopravy, pričom zahŕňalo 11 projektových partnerov zo 6 stredoeurópskych krajín, od orgánov verejnej dopravy/prevádzkovateľov, priemyslu a výskumu až po záujmové skupiny. S cieľom rozšíriť túto spoluprácu sa strategicky zapojili pridružení partneri, ako sú medzinárodné siete ICLEI, UITP a EIT Urban Mobility, v úlohe poradcov, aby sa maximalizoval dosah komunikácie a prenos poznatkov z výsledkov projektu.

Jedným z kľúčových faktorov úspechu projektu bola spolupráca medzi partnermi projektu, pridruženými partnermi, externými odborníkmi a poradcami, ktorí spoločne vyvinuli výstupy založené na spoločnej tvorbe a vzájomných hodnoteniach na účely ich zavedenia v sektore verejnej dopravy v Európe, napr. pilotné akcie a riešenia, ako je nástroj sebahodnotenia CE4CE Circularity Compass pre verejnú dopravu, znalostná platforma CE4CE Circularity, internetový trh s použitým tovarom, stratégie a pilotné akcie na zvýšenie efektívnosti využívania zdrojov a pilotné projekty preukazujúce prístupy „viac používať, opätovne používať a recyklovať“ pre sektor verejnej dopravy. Každý partner prispel praktickými skúsenosťami, pilotnými aktivitami a technickými znalosťami v oblasti energetických systémov, infraštruktúry a vozového parku. Spoločne preskúmali prístupy založené na životnom cykle, ktoré zlepšujú efektívnosť využívania zdrojov, predlžujú životnosť majetku, optimalizujú využívanie energie a podporujú prechod k cirkulárnejším a udržateľnejším systémom verejnej dopravy.

¹ <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>

1. Úvod do projektu CE4CE

Projekt CE4CE, financovaný programom Interreg Stredná Európa, posilňuje systémové myslenie v oblasti cirkulárnej ekonomiky u aktérov verejnej dopravy zo stredoeurópskych krajín s cieľom znížiť množstvo odpadu a vytvárať hodnotu v rámci nových životných cyklov infraštruktúry a vozového parku. Cieľom projektu CE4CE bolo zaviesť princípy cirkulárnej ekonomiky do sektora verejnej dopravy a tým znížiť množstvo odpadu, zvýšiť efektívnosť v tomto sektore a zlepšiť ekologickú stopu verejnej dopravy. Na tento účel projekt CE4CE spoločne vyvinul riešenia, ktoré zvyšujú vedomosti a kapacity v tomto sektore, pomáhajú znižovať bariéry a náklady a iniciujú rozvoj nových služieb a kvalifikovaných pracovných miest, ako aj stratégie a akčné plány, ktoré zlepšujú tvorbu politik, vzdelávanie a výmenu na regionálnej a nadnárodnej úrovni.

Sektor verejnej dopravy v súčasnosti čelí rastúcim výzvam súvisiacim so starnutím infraštruktúry, prevádzkovou spoľahlivosťou, nákladovou efektívnosťou a prechodom k udržateľnejším a digitalizovaným postupom. V tomto kontexte boli aktivity CE4CE, konkrétne stratégie, akčné plány, pilotné projekty a riešenia, zamerané na riešenie cirkulárnosti ako celku a zahŕňali aspekty, ako je modernizácia procesov riadenia údržby prostredníctvom integrácie inovatívnych digitálnych nástrojov, prístupy prediktívnej údržby, metódy rozhodovania založené na údajoch, druhý život aktív a obstarávanie.

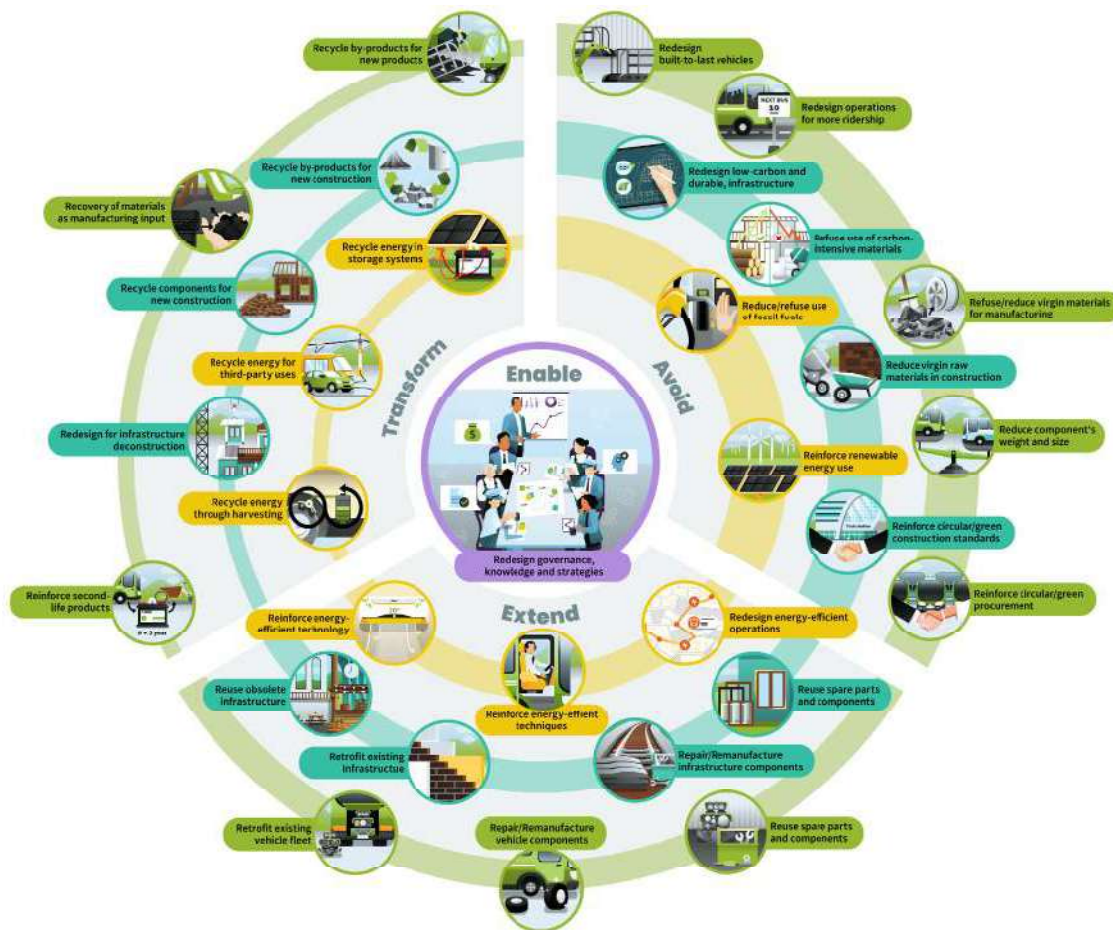
Táto príručka bola vypracovaná ako praktický referenčný dokument s cieľom pomôcť prevádzkovateľom dopravy, vedúcim údržby, technickým pracovníkom a zainteresovaným stranám projektu porozumieť a uplatňovať metodiky, nástroje a skúsenosti získané v priebehu projektu, aby sa princípy cirkulárnej ekonomiky premietli do logiky životného cyklu verejnej dopravy. Podporuje prenos poznatkov a replikáciu osvedčených postupov v iných systémoch verejnej dopravy a organizáciách, ktoré sa snažia zlepšiť efektívnosť, udržateľnosť a cirkulárnosť svojich procesov, vrátane plánovania, obstarávania, prevádzky, údržby a likvidácie. Pokrýva projektové stratégie a akčné plány vypracované spoločne partnermi projektu s príspevkom podporných aktérov a odborníkov.

Ďalšie informácie o pilotných projektoch a riešeniach uvedených v tomto dokumente sú uvedené v samostatnej príručke, ktorá je verejne dostupná na webovej stránke projektu CE4CE.



2. Stratégie na posilnenie cirkulárnosti v sektore verejnej dopravy

7 R-principles for circular public transport systems



© Trolley-Motion & Rupprecht Consult

Obrázok 1. Rámec AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE). Zdroj: združenie trolley:motion

Verejná doprava je všeobecne uznávaná ako základný kameň udržateľnej mobility. Hoci sú jej prevádzkové emisie vo všeobecnosti nižšie ako emisie súkromnej dopravy, v životných cykloch energetických systémov, infraštruktúry a vozového parku naďalej pretrvávajú významné environmentálne vplyvy. Patria sem nielen využívanie zdrojov a emisie počas prevádzkových činností, ale aj energia obsiahnutá v surovinách a emisie z ich spracovania, fosílnych palív a odpadu vznikajúceho počas fáz výroby, výstavby, údržby a konca životnosti. Najmä materiály ako oceľ, betón, meď a kritické suroviny používané v infraštruktúre, vozových parkoch a batériách predstavujú pre európske mestá a regióny environmentálne aj strategické výzvy.

Tradičné lineárne modely založené na logike „vziať - použiť - vyhodit“ už nie sú kompatibilné s cieľmi klimateckej neutrality, bezpečnosti zdrojov a dlhodobej cenovej dostupnosti systémov verejnej dopravy. Samotné recyklovanie, hoci je nevyhnutné, je nedostatočné a uplatňuje sa len na konci životného cyklu. Stratégie CE4CE preto prijímajú model životného cyklu „Vyhnúť sa - Predĺžiť - Transformovať - Umožniť“ (AETE) ako spoločný rámec pre integráciu princípov obehového hospodárstva do verejnej dopravy. Namiesto toho, aby sa zameriaval výlučne na nakladanie s odpadom, prístup AETE presadzuje systémový pohľad, ktorý sa snaží minimalizovať spotrebu zdrojov, maximalizovať využitie a životnosť aktív a vytvoriť podmienky pre cirkulárne postupy

v rámci plánovania, obstarávania, prevádzky a nakladania s vozidlami na konci ich životnosti. Prostredníctvom tohto rámca sa cirkulárnosť stáva strategickým princípom, ktorý riadi rozhodnutia počas celého životného cyklu systémov verejnej dopravy.

Stratégie CE4CE reagujú na túto výzvu premenou princípov cirkulárnej ekonomiky na konkrétne, sektorovo špecifické prístupy pre energetické systémy, infraštruktúru a vozový park verejnej dopravy. Ich cieľom je podporiť orgány verejnej dopravy a prevádzkovateľov pri prechode od izolovaných cirkulárnych opatrení k systémovým stratégiám založeným na životnom cykle, ktoré znižujú množstvo odpadu, optimalizujú zdroje a vytvárajú dlhodobú hodnotu.

Spoločný rámec: model životného cyklu AETE

Všetky tri stratégie CE4CE sú postavené na spoločnom analytickom a operačnom rámci: modeli životného cyklu AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE) pre zavádzanie cirkulárnej ekonomiky.

- Iniciatíva **AVOID** sa zameriava na prevenciu vzniku odpadu a emisií priamo pri zdroji, a to odmietaním zbytočného využívania zdrojov, znižovaním dopytu po materiáloch a energii a prijímaním informovaných rozhodnutí v oblasti projektovania a plánovania.
- **EXTEND** sa zameriava na zachovanie hodnoty predĺžením životnosti majetku prostredníctvom údržby, opráv, renovácie, opätovného použitia a aplikácií v druhom živote.
- **TRANSFORM** sa zaoberá fázami na konci životnosti tým, že umožňuje recykláciu, zhodnocovanie a zodpovednú likvidáciu, čím zabezpečuje, že sa materiály opäť začlenia do nových hodnotových reťazcov.
- **ENABLE** sa týka prierezových podmienok, ktoré umožňujú cirkulárnosť, vrátane rámcov riadenia, postupov verejného obstarávania, digitalizácie, noriem, zručností a spolupráce v rámci hodnotových reťazcov

Konzistentné uplatňovanie tohto rámca v oblasti energetiky, infraštruktúry a železničných vozidiel zabezpečuje súlad medzi stratégiami a umožňuje mestám identifikovať prieniky, vyhnúť sa kompromisom a uprednostniť opatrenia s najväčším systémovým vplyvom.

Celkové ciele stratégií CE4CE

V súhrne sa tri stratégie CE4CE zameriavajú na súbor spoločných nadradených cieľov:

- Znížiť environmentálne vplyvy spojené s prevádzkou a životným cyklom systémov verejnej dopravy.
- Optimalizovať využívanie zdrojov a minimalizovať odpad počas celého životného cyklu majetku.
- Predĺžiť životnosť a hodnotu majetku verejnej dopravy, čím sa znížia celkové náklady na vlastníctvo.
- Posilniť odolnosť a autonómiu znížením závislosti od nových a kritických surovín.
- Podporovať inovácie a nové hodnotové reťazce, vrátane trhov s opätovným použitím, renovačných služieb a digitálnych riešení.
- Podporovať mestá a regióny pri premene zásad obehového hospodárstva na realizovateľné a škálovateľné postupy.

Tieto ciele sa odrážajú v každej tematickej stratégii, pričom sa rešpektujú špecifické charakteristiky a výzvy energetických systémov, infraštruktúrnych aktív a železničných vozidiel.

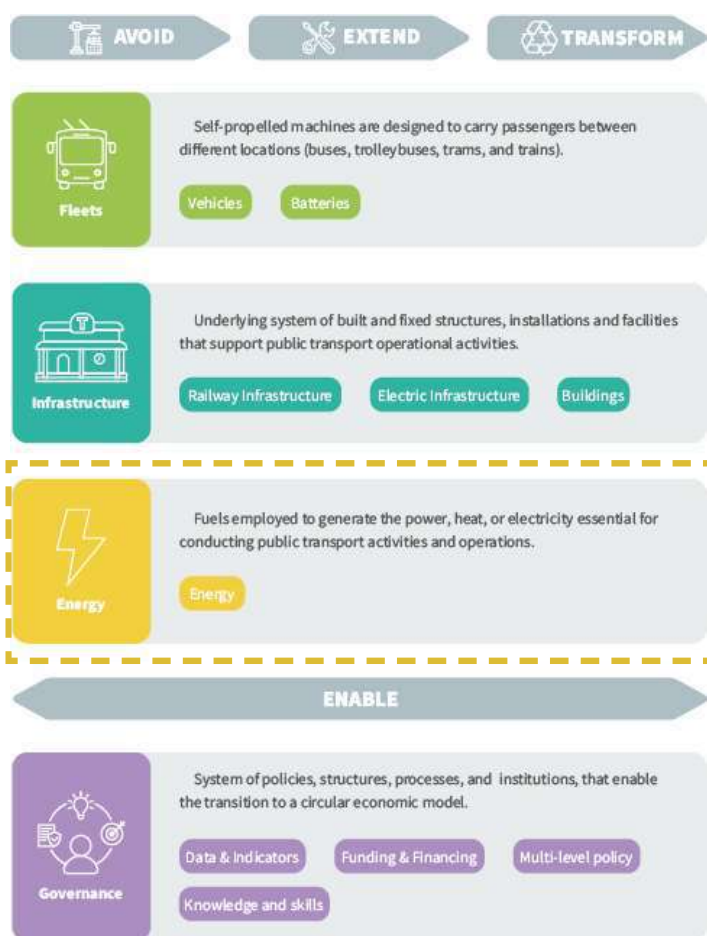
Regulačný rámec EÚ podporujúci cirkulárnosť a udržateľnosť

Stratégie CE4CE sú plne v súlade s vyvíjajúcou sa politikou a regulačným rámcom Európskej únie v oblasti udržateľnosti a obehového hospodárstva a sú nimi posilnené. Kľúčové politické hnacie sily zahŕňajú:

- Európska zelená dohoda, ktorá stanovuje všeobecný cieľ klimatickej neutrality.
- Akčný plán EÚ pre obehové hospodárstvo, ktorý podporuje uvažovanie v rámci životného cyklu, predchádzanie vzniku odpadu a zachovanie hodnoty.
- Smernica o čistých vozidlách (EÚ) 2019/1161, ktorá podporuje vozidlá verejnej dopravy s nízkymi a nulovými emisiami.
- Nariadenie EÚ o batériách, ktoré posilňuje požiadavky na udržateľnosť, vysledovateľnosť, opätovné použitie a recykláciu batérií.
- Pravidlá a usmernenia pre ekologické verejné obstarávanie (GPP), ktoré podporujú cirkulárne obstarávanie.

Within this context, CE4CE provides practical guidance to help public transport actors. V tomto kontexte poskytuje CE4CE praktické usmernenia, ktoré pomáhajú subjektom verejnej dopravy uvádzať do praxe ciele politiky EÚ, preklenúť medzery medzi reguláciou a implementáciou a zosúladiť miestne akčné plány s európskymi cieľmi udržateľnosti.

2.1. Stratégia na zachytávanie a optimalizáciu využívania odpadovej energie a zdrojov obnoviteľnej energie v nových hodnotových reťazcoch životného cyklu



Využitie energie je jedným z najkritickejších bodov pre zníženie environmentálnej stopy systémov verejnej dopravy. Hoci elektrifikácia vozového parku výrazne znižuje emisie výfukových plynov, celkové prínosy pre klímu a zdroje silne závisia od toho, ako sa energia získava, spravuje, opätovne využíva a zhodnocuje počas celého jej životného cyklu. Lineárny prístup k energii založený na centralizovanej elektrickej energii z fosílnych palív, neefektívnom nabíjaní a likvidácii energetických aktív riskuje presun emisií do predchádzajúcich fáz a uväznenie systémov verejnej dopravy v energeticky a zdrojovo-náročných procesoch.

Prístup založený na cirkulárnej ekonomike vníma energiu skôr ako tok hodnoty než ako spotrebný vstup. Uprednostňovaním obnoviteľných zdrojov energie (OZE), zachytávaním odpadovej energie, predĺžovaním životnosti energetických aktív (najmä

Obrázok 2. Štruktúra kompasu cirkulárnosti v energetickom sektore

batérií) a opätovným začleňovaním energetických tokov do systému môže verejná doprava výrazne znížiť prevádzkové emisie, zabudované emisie a dlhodobé náklady. Stratégia CE4CE vychádza z rámca životného cyklu „Avoid-Extend-Transform-Enable“ (AETE), aby sa zabezpečilo, že sa cirkulárnosť rieši od získavania energie až po nakladanie s odpadom na konci životnosti.

Konkrétnymi cieľmi stratégie sú:

- Znížiť závislosť od elektrickej energie vyrobenej z fosílnych palív a s vysokými emisiami uhlíka.
- Maximalizovať využívanie miestne vyrobenej energie z obnoviteľných zdrojov v prevádzke verejnej dopravy.
- Zachytávať a opätovne využívať odpadovú energiu (napr. rekuperačné brzdenie, prebytok energie z obnoviteľných zdrojov).
- Predĺžiť životnosť a hodnotu energetických aktív, ako sú batérie a nabíjacie zariadenia.
- Umožniť systémovú integráciu medzi aktérmi v oblasti energetiky, dopravy a mestskej infraštruktúry.

2.1.1 Prístupy

Tieto prístupy by mali premeniť energetickú stratégiu na konkrétne opatrenia, ktoré subjekty verejnej dopravy môžu uplatňovať v oblasti plánovania, obstarávania, prevádzky a nakladania s vozidlami na konci životnosti. Elektrifikácia vozového parku zostáva hlavným východiskovým bodom, nemala by sa však považovať za samostatné riešenie. Rozhodnutia týkajúce sa elektrických autobusov by mali byť od začiatku prepojené s umiestnením nabíjajúcich staníc, charakteristikami trasy, typom batérií, kapacitou siete a dostupnosťou energie z obnoviteľných zdrojov. Obstarávanie môže zohrávať kľúčovú úlohu tým, že bude vyžadovať efektívne nabíjacie systémy, kompatibilitu s otvorenými štandardmi, prístup k údajom o stave batérií, modulárne komponenty a jasné dojednania týkajúce sa spätného odberu, opätovného použitia alebo recyklácie batérií.

Infraštruktúra nabíjania by sa mala plánovať na základe skutočných prevádzkových potrieb, a nie sa uplatňovať jednotne v celej sieti. Nočné nabíjanie v depách môže byť vhodné tam, kde majú autobusy dostatočný dojazd a dlhšie doby státia, zatiaľ čo rýchle alebo príležitostné nabíjanie môže podporovať trasy s vysokou frekvenciou a krátkymi prestávkami. Pri výbere by sa malo zohľadniť špičkové odbory elektrickej energie, dostupná kapacita siete, obmedzenia mestského priestoru, kompatibilita nabíjačky s autobusom a vplyv nabíjajúcich vzorcov na životnosť batérií. Viacúčelové nabíjacie centrá môžu tiež zlepšiť efektívnosť infraštruktúry tým, že z rovnakého systému obsluhujú rôzne služby elektromobility, čím sa znižuje duplicita a lepšie sa využíva obmedzený mestský priestor.

Inteligentné nabíjanie a ukladanie energie by sa mali využívať na zníženie zaťaženia elektrickej siete a zlepšenie nákladovej efektívnosti prevádzky. Presunutím nabíjania do období mimo špičky, reguláciou intenzity nabíjania a využívaním stacionárneho ukladania energie počas špičkovej spotreby môžu prevádzkovatelia znížiť poplatky za sieť, vyhnúť sa špičkám v spotrebe a znížiť potrebu nákladných modernizácií siete. Systémy skladovania môžu tiež podporovať spoľahlivosť služieb tým, že fungujú ako vyrovnávací kapacita počas období vysokého dopytu alebo obmedzení siete. Tam, kde je to technicky a právne možné, môžu byť batérie z elektrických vozidiel po skončení ich životnosti znovu použité na stacionárne skladovanie v depách alebo na nabíjajúcich staniciach, čím sa pred recykláciou predĺži ich hodnota.

Integrácia energie z obnoviteľných zdrojov by mala mať prioritu v depách, nabíjaciach staniciach a iných vhodných zariadeniach verejnej dopravy. Solárna energia je obzvlášť relevantná, pretože ju možno inštalovať na existujúcich budovách alebo dopravnej infraštruktúre a kombinovať so skladovaním s cieľom zvýšiť využitie na mieste. Toto umožňuje skladovať prebytočnú elektrinu z obnoviteľných zdrojov a neskôr ju využiť na nabíjanie autobusov, čím sa zníži závislosť od centralizovanej elektriny z fosílnych palív. Pri návrhu systémov obnoviteľnej energie by sa mala zohľadniť dostupná plocha, miestne slnečné žiarenie, účinnosť meniča, tienenie, potreby údržby a súlad medzi vzormi výroby a dopytom po nabíjaní. Malo by sa preskúmať využitie odpadovej energie tam, kde existujúce dopravné systémy vytvárajú využiteľné toky energie. Regeneratívne brzdenie v železničných, tramvajových a metrových systémoch môže získať energiu, ktorá by inak bola stratená, a znovu ju využiť v rámci siete, uskladniť ju alebo potenciálne presmerovať na iné potreby nabíjania. Takéto riešenia sú najúčinnnejšie tam, kde technická infraštruktúra, skladovacia kapacita a regulačné podmienky umožňujú efektívne zachytávanie a redistribúciu získanej energie.

Správa na konci životnosti by sa mala napláňovať skôr, ako batérie a energetické zariadenia dosiahnu koniec svojej životnosti. Batérie, ktoré už nespĺňajú požiadavky na výkon vozidla, môžu byť stále vhodné pre menej náročné stacionárne aplikácie, ale to závisí od spoľahlivého posúdenia stavu, bezpečnostných kontrol a jasného rozdelenia zodpovedností medzi prevádzkovateľmi, výrobcami, recyklačnými spoločnosťami a spoločnosťami zaoberajúcimi sa odpadovým hospodárstvom. Ak opätovné použitie už nie je možné, recyklácia by mala získať cenné materiály a znížiť závislosť od nových kritických surovín. Digitálne pasy batérií, transparentné dohody o vlastníctve, štandardizované postupy a spolupráca v rámci celého hodnotového reťazca sú nevyhnutné na to, aby bolo opätovné použitie a recyklácia realizovateľné vo veľkom meradle.

Kľúčové faktory

Successfully implementing circular economy energy strategies in public transport depends not only on technical measures, but also on the presence of enabling conditions that support coordination, learning and long-term transformation. Across energy systems, infrastructure and rolling stock, the CE4CE strategies identify four mutually reinforcing enabler areas: digitalisation, governance, innovation and technology.

 Digitalizácia	 Správa	 Inovácie	 Technológie	 Ďalšie podporné faktory
Zavedenie systémov riadenia energie na monitorovanie, optimalizáciu a kontrolu tokov energie v depách, nabíjacej infraštruktúre a vozidlách.	Začlenenie cieľov v oblasti obnoviteľných zdrojov energie a cirkulárneho hospodárstva do stratégií v oblasti energetiky a dopravy na miestnej a regionálnej úrovni.	Pilotné projekty testujúce nové modely integrácie energie, ako je lokálna výroba energie z obnoviteľných zdrojov v kombinácii so skladovaním.	Zavádzanie technológií obnoviteľnej energie, najmä solárnych fotovoltaických systémov integrovaných do dep a nabíjaciach zariadení.	Budovanie kapacít v oblasti riadenia energie v rámci orgánov verejnej dopravy a prevádzkovateľov.

Využitie inteligentných riešení nabíjania na zosúladienie profilov nabíjania s dostupnosťou energie z obnoviteľných zdrojov, mimovrcholovými tarifami a obmedzeniami siete.	Využitie verejného obstarávania a politik v oblasti energetických zdrojov na uprednostňovanie elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov a nízkouhlíkových nosičov energie.	Experimentovanie s riešeniami v oblasti energetickej, zhodnocovania a opätovného využitia, vrátane rekuperatívneho brzdenia a stacionárneho skladovania.	Využitie systémov ukladania energie, vrátane stacionárneho ukladania a batérií s druhým životom.	Prístup k finančným prostriedkom a finančným nástrojom, ktoré podporujú investície do obnoviteľných zdrojov energie a skladovania.
Využitie monitorovania v reálnom čase a analýzy údajov na zvýšenie energetickej účinnosti a odhaľovanie strát.	Vytvorenie dlhodobých energetických partnerstiev s dodávateľmi energií a prevádzkovateľmi distribučných sietí.	Spolupráca s výskumnými inštitúciami, dodávateľmi energie a vývojármi technológií s cieľom testovať inovatívne riešenia.	Zavedenie systémov rekuperatívneho brzdenia a rekuperácie energie v elektrickej a železničnej doprave.	Dostupnosť noriem a usmernení pre energetickú efektívnosť, systémy nabíjania a skladovania.
Využitie digitálnych nástrojov na monitorovanie výkonu a opotrebovania batérií, ktoré podporujú ich optimálne využívanie a predĺženie životnosti.	Zosúladienie s energetickými a klimatickými predpismi EÚ a jednotlivých štátov, vrátane cieľov v oblasti obnoviteľných zdrojov energie a znižovania emisií.	Účast' na sektorových iniciatívach a platformách na výmenu poznatkov zameraných na energetickú efektívnosť a elektrifikáciu verejnej dopravy.	Zavedenie efektívnych elektrických pohonných systémov a optimalizovaných technológií nabíjania.	Spolupráca so zainteresovanými stranami v oblasti energetiky a distribučnej siete s cieľom zabezpečiť integráciu a flexibilitu systému.
Vývoj digitálnych modelov a simulácií na podporu plánovania nabíjacej infraštruktúry, skladovania energie a integrácie obnoviteľných zdrojov.	Jasné vymedzenie úloh a zodpovedností v oblasti energetického manažmentu v rámci organizácií verejnej dopravy.	Využitie pilotných aktivít CE4CE ako prostredia na získavanie skúseností s cieľom znížiť riziká a podporiť replikáciu.	Využitie vyspelých, vysoko účinných riešení dodávok energie, ako sú trolejbusové systémy a nabíjanie za jazdy, ak je to relevantné.	Monitorovacie rámce a ukazovatele na sledovanie energetickej výkonnosti a výsledkov v oblasti cirkulárnosti.
Integrácia energetických údajov do širších systémov riadenia vozového parku a prevádzky.			Pretrvávajúce hodnotenie energetických technológií použitím kritérií výkonnosti na úrovni životného cyklu a systému.	

Tabuľka 1. Kľúčové faktory energetických stratégií vo verejnej doprave

2.1.2 Príklady osvedčených postupov

Reinforce energy-efficient technology



Osvedčená prax 1:

Rýchle nabíjanie na maximalizáciu prevádzkovej efektívnosti a úspory nákladov

Miesto: Barcelona, Španielsko

Oblasť zamerania: Posilnenie energeticky úsporných technológií



Nabíjacia infraštruktúra na autobusovej zastávke

Ciele: Zavedenie vysokovýkonnej (400 kW) infraštruktúry rýchleho nabíjania na konečných zastávkach s cieľom znížiť závislosť od veľkých palubných batérií, znížiť náklady na energiu a prevádzku a preukázať, že plne elektrické autobusové linky môžu spoľahlivo fungovať bez záložného dieselového pohonu.

Výzvy:

- Udržiavanie stability siete pri vysokých špičkových zaťaženiach
- Riešenie teplotných obmedzení pri rýchlom nabíjaní
- Zabezpečenie kompatibility nabíjačiek a autobusov s výrobcami
- Vysoké počiatkové náklady a logistická zložitosť infraštruktúry s vysokým výkonom

Záver: Použitie vysokokapacitných rýchlonabíjačiek viedlo k úsporám nákladov na energiu približne o 68 % pri zachovaní plného dodržiavania harmonogramu a prevádzkovej efektívnosti. Úspech Barcelony dokazuje, že rýchle nabíjanie môže výrazne znížiť prevádzkové náklady a umožniť prevádzku elektrických autobusov s vysokou záťažou bez väčších zmien v harmonograme. Mestá s hustou sieťou mestských liniek a pravidelnými zastávkami na konečných staniciach môžu ťažiť zo strategicky umiestnených rýchlonabíjačiek, ktoré znižujú potrebu nadmerne veľkých batérií a zvyšujú prevádzkovú dostupnosť vozidiel. Zdroje: TMB Barcelona Public Reports & ELIPTIC Deliverables. <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/solaris-delivers-three-articulated-urbino-electric-to-tmb-barcelona/>, <https://arquivo.pt/wayback/20201230033847/https://eliptic-project.eu/>

Recycle energy in storage systems



Osvedčená prax 2:

Integrácia batérií z druhého života a solárnej energie na nabíjanie autobusov

Miesto: Maribor, Slovinsko

Oblasť zamerania: Recyklácia energie v systéme ukladania



Batériová banka

Ciele: zaviesť batériovú banku využívajúcu batérie z druhého života, napájanú z obnoviteľných zdrojov energie (OZE), na podporu rýchlej nabíjačky na stanici Vzpenjača.

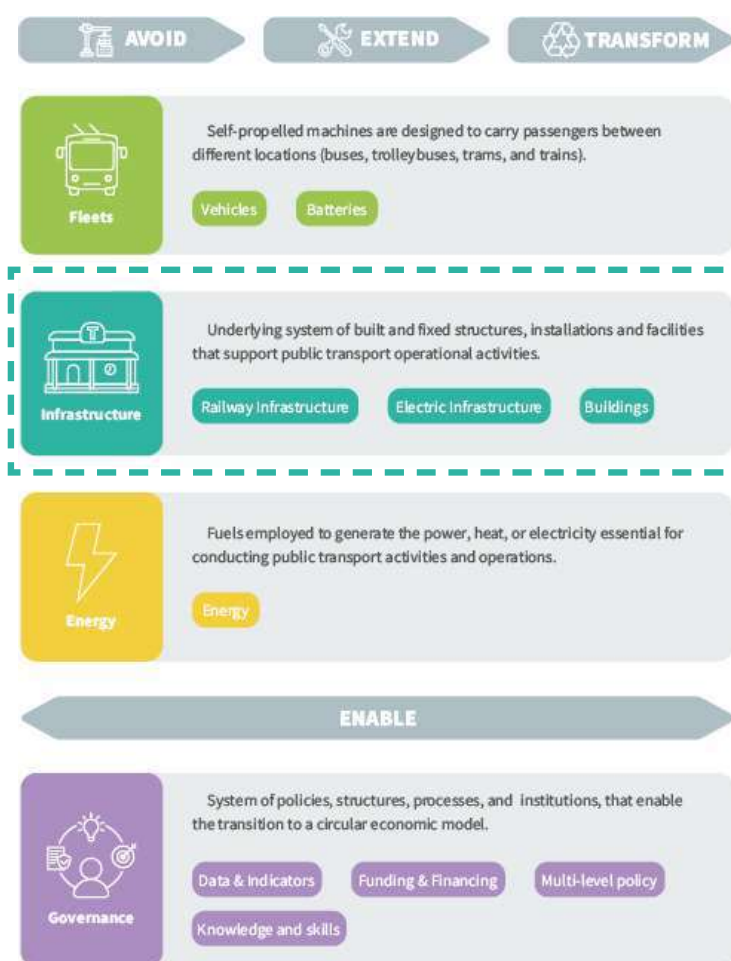
Výzvy:

- Vysoká závislosť od elektrickej siete na rýchlonabíjacej stanici
- Technické, regulačné a ekonomické obmedzenia integrácie batérií
- Zabezpečenie stabilného nabíjania elektrických autobusov za rôznych prevádzkových podmienok

Záver: Implementáciou batérií z druhého života na nabíjanie elektrických autobusov pilotný projekt v Maribore preukazuje, ako modely cirkulárnej ekonomiky môžu optimalizovať využívanie energie, znížiť náklady a zlepšiť efektívnosť verejnej dopravy. Táto iniciatíva slúži ako vzor pre budúce investície do udržateľnej infraštruktúry mestskej dopravy.

Zdroje: https://circularity4publictransport.eu/best_practice/use-of-used-batteries-to-store-energy-for-powering-a-fast-charger/

2.2. Stratégia na pridanie a získanie hodnoty a optimalizáciu poskytovania infraštruktúry verejnej dopravy v rámci nových hodnotových reťazcov životného cyklu



Obrázok 3. Sektor infraštruktúry v štruktúre kompasu cirkulárnosti

z prevádzky - sa infraštruktúra verejnej dopravy môže stať odolnejšou, nákladovo efektívnejšou a environmentálne udržateľnejšou.

Na základe kompasu cirkulárnosti CE4CE a rámca AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE) táto stratégia zavádza systémový prístup k infraštruktúre, ktorý uprednostňuje včasné rozhodnutia v oblasti projektovania, optimalizáciu životného cyklu a spoluprácu v rámci celého hodnotového reťazca.

Konkrétnymi cieľmi stratégie sú:

- Znížiť uhlíkovú stopu a spotrebu materiálov v nových infraštruktúrnych projektoch.
- Predĺžiť životnosť a funkčnú hodnotu existujúcich infraštruktúrnych aktív.
- Umožniť opätovné použitie, zmenu účelu a recykláciu komponentov infraštruktúry.
- Zlepšiť transparentnosť a vysledovateľnosť materiálov a aktív v priebehu ich životného cyklu.
- Posilniť úlohu verejného obstarávania a digitálnych nástrojov pri dosahovaní výsledkov v oblasti obehového hospodárstva.

Infraštruktúra verejnej dopravy, ako sú železničné trate, stanice, depá, elektrické rozvodne a prevádzkové budovy, predstavuje jeden z najväčších zdrojov zabudovaných emisií a spotreby materiálov v odvetví dopravy. Emisie a vplyvy na životné prostredie vznikajú nielen počas prevádzky, ale prevažne počas fáz plánovania, výstavby, údržby a na konci životnosti, pri použití materiálov s vysokou uhlíkovou stopou, ako je betón, oceľ a meď, a prostredníctvom lineárnych postupov výstavby a demolácie .

Prístup založený na cirkulárnej ekonomike umožňuje orgánom verejnej dopravy a prevádzkovateľom prejsť od nahradzovania majetku k správe majetku, čím sa maximalizuje hodnota infraštruktúry počas jej dlhej životnosti a zároveň sa minimalizuje množstvo odpadu a ťažba zdrojov. Uplatňovaním princípov cirkulárnej ekonomiky v celom životnom cykle infraštruktúry - od návrhu, výstavby, prevádzky, údržby až po vyradenie

2.2.1 Prístupy

Cirkulárna stratégia pre infraštruktúru verejnej dopravy presúva dôraz z lineárnych cyklov výstavby a výmeny smerom k dlhodobému spravovaniu aktív a optimalizácii hodnoty životného cyklu. Infraštruktúra, ako sú koľajnice, depá, stanice a podstanice, predstavuje významný zdroj zabudovaných emisií v dôsledku použitia materiálov s vysokou uhlíkovou stopou, ako sú cement a oceľ. Rozhodnutia prijaté počas plánovania a projektovania preto určujú environmentálne a finančné dopady na desiatky rokov. Integrácia princípov obehového hospodárstva v tejto fáze umožňuje orgánom verejnej dopravy a prevádzkovateľom vyhnúť sa zbytočnému používaniu materiálov, znížiť nadmerné dimenzovanie a uprednostniť trvácne, prispôsobivé a modulárne riešenia. Nahradenie nových materiálov recyklovanými alebo nízkouhlíkovými alternatívami a uplatňovanie metód posudzovania životného cyklu (LCA) a výpočtu nákladov životného cyklu (LCC) podporujú informované investičné rozhodnutia, ktoré vyvažujú environmentálnu výkonnosť a ekonomickú životaschopnosť.

Počas výstavby a prevádzky sa predĺženie životnosti majetku stáva najúčinnším cirkulárnym nástrojom. Preventívna a prediktívna údržba, podporená senzormi, analýzou údajov a systémami digitálneho riadenia majetku, umožňuje prevádzkovateľom včas zistiť poškodenie a optimalizovať cykly zásahov. Tým sa znižuje predčasná výmena, zachováva sa vložená hodnota a zvyšuje sa spoľahlivosť služieb. Komponenty infraštruktúry, ako sú koľajnice, štrk a elektrické prvky, sa často dajú opätovne použiť v rámci sietí alebo prerozdeliť na menej náročné aplikácie. Posilnenie týchto postupov si vyžaduje koordináciu medzi prevádzkovateľmi, správcami infraštruktúry a dodávateľmi, ako aj jasnejšie inventáre majetku a systémy monitorovania stavu.






Na ďalšie umožnenie uchovania hodnoty môžu trhy s použitým tovarom a digitálne výmenné platformy uľahčiť štruktúrovanú recirkuláciu komponentov v rámci sietí. Transparentné normy kvality a mechanizmy sledovateľnosti sú nevyhnutné na budovanie dôvery medzi aktérmi a rozšírenie opätovného použitia nad rámec ojedinelých prípadov. Zároveň by sa stratégie obstarávania mali zaoberať závislosťou od dodávateľov a obmedzenou dostupnosťou náhradných dielov prostredníctvom podpory modulárneho dizajnu, opraviteľnosti a dlhodobých záväzkov v oblasti údržby.

Na konci životnosti by sa malo uprednostniť opätovné použitie pred recykláciou. Zatiaľ čo kovy, ako je oceľ a meď, sa dajú efektívne zhodnotiť, iné materiály si vyžadujú lepšie triedenie, logistiku a spoluprácu so špecializovanými recyklačnými spoločnosťami. Zohľadnenie demontáže už vo fáze návrhu zvyšuje budúce miery zhodnotenia. Ak nie je opätovné použitie možné, infraštruktúru možno prispôbiť na alternatívne funkcie, čím sa zabráni emisiám súvisiacim s demoláciou a zachová sa štrukturálna hodnota.

Vo všetkých fázach životného cyklu zohrávajú obstarávanie a riadenie ústrednú úlohu. Zahnutím kritérií obehového hospodárstva, nákladov životného cyklu a požiadaviek založených na výkone do verejných súťaží a zmlúv môžu verejné orgány ovplyvňovať dodávateľské reťazce a podporovať inovácie. Digitálne nástroje, ako je informačné modelovanie budov (BIM) a systémy sledovania materiálov, posilňujú transparentnosť životného cyklu, podporujú optimalizáciu množstva a uľahčujú dlhodobé riadenie aktív. Nakoniec, úspešná implementácia závisí od budovania vnútorných kapacít a medziodvetvovej spolupráce spájajúcej zainteresované strany z oblasti dopravy, stavebníctva, odpadového hospodárstva a energetiky. Spolu tieto prístupy umožňujú infraštruktúrnym systémom prejsť od modelov výstavby náročných na zdroje k odolným cirkulárnym systémom aktív, ktoré si zachovávajú hodnotu.

2.2.2 Kľúčové faktory

Obehová transformácia infraštruktúry verejnej dopravy si vyžaduje viac než len technické úpravy; závisí od podmienok, ktoré podporujú dlhodobé rozhodovanie zamerané na životný cyklus. Digitálne nástroje, rámce správy, inovačné ekosystémy a vhodné technológie vytvárajú základ pre zníženie zabudovaných emisií, predĺženie životnosti aktív a zlepšenie zhodnocovania. Nasledujúce faktory poskytujú štruktúrnu a organizačnú podporu potrebnú na účinnú a rozsiahlu implementáciu stratégií obehovej infraštruktúry.

 Digitalizácia	 Správa	 Inovácia	 Technológia	 Ďalšie podporné faktory
Využitie BIM pre plánovanie životného cyklu, optimalizáciu materiálov a dizajn zameraný na demontáž.	Začlenenie cieľov obehového hospodárstva do plánovania infraštruktúry a investičných stratégií .	Pilotné projekty zamerané na opätovné použitie a renováciu komponentov stavebnej infraštruktúry.	Využitie nízkouhlíkových a recyklovaných stavebných materiálov v oblasti.	Školenie zamestnancov a budovanie interných kapacít v oblasti riadenia infraštruktúry v rámci cirkulárneho hospodárstva.
Systémy digitálneho riadenia majetku na monitorovanie stavu, veku a výkonu.	Systematické využívanie analýzy celkových nákladov (LCC) a analýzy životného cyklu (LCA) pri obstarávaní a hodnotení projektov.	Rozvoj trhov s použitým tovarom a výmenných platforiem.	Modulárne a štandardizované komponenty infraštruktúry.	Prístup k financovaniu renovácií a investícií zohľadňujúcich celý životný cyklus.
Nástroje prediktívnej údržby (senzory, umelá inteligencia, analýza údajov) na predĺženie životnosti infraštruktúry.	Kritériá obehového obstarávania podporujúce trvácnosť, modularitu a recyklovateľnosť.	Modely zmlúv založené na výkone a orientované na služby.	Pokročilé technológie inšpekcie a monitorovania konštrukcií.	Štandardizované usmernenia pre opätovné použitie a recykláciu.
Digitálne zoznamy materiálov a pasy na podporu opätovného použitia a zhodnocovania.	Jasné zodpovednosti za údržbu, renováciu a fázy na konci životnosti.	Spolupráca s inovátormi vo výskumnom a stavebnom sektore.	Efektívne techniky demontáže a separácie materiálov.	Medziodvetvová spolupráca medzi subjektmi v oblasti dopravy, stavebníctva a odpadového hospodárstva.
Integrované dátové platformy na sledovanie emisií a využívania zdrojov.	Súlad s nariadeniami EÚ v oblasti odpadov, stavebníctva a klímy.	Účast' v európskych sieťach na zdieľanie poznatkov.	Návrhy infraštruktúry, ktoré je možné modernizovať a prispôbovať.	Rámce monitorovania a ukazovatele výkonnosti.

Tabuľka 2. Kľúčové faktory stratégií v oblasti infraštruktúry verejnej dopravy

2.2.3 Príklady osvedčených postupov



Reuse of carbon-intensive materials

Osvedčená prax 1:

Využitie nízkouhlíkových materiálov v zariadeniach verejnej dopravy

Miesto: Neapol, Taliansko

Oblasť zamerania: Odmietnutie používania materiálov s vysokými emisiami uhlíka



Hlavná stanica v Neapole

Ciele: zvýšiť architektonickú kvalitu stanice a zabezpečiť konštrukčnú stabilitu a trvácnosť využitím dreva ako primárneho konštrukčného prvku. Tento materiál ponúka konštrukčnú spoľahlivosť a nákladovú efektívnosť a zároveň výrazne znižuje environmentálnu stopu. Navyše, nízka hmotnosť dreva umožňuje rýchlejšiu výstavbu, čím sa znižuje celková spotreba energie počas montáže.

Výzvy:

- Obavy týkajúce sa trvácnosti a požiarnej bezpečnosti
- Flexibilné konanie konštrukcie spôsobuje ťažkosti pri zabezpečovaní spoľahlivého vyrovnania a prevádzky na staniciach s dverami na nástupištiach.

Záver: Tento projekt dokazuje, že integráciou recyklovaných a cirkulárnych materiálov, ako je drevo, do infraštruktúry verejnej dopravy môžu mestá dosiahnuť nižšiu uhlíkovú stopu, vyššiu efektívnosť využívania zdrojov a väčšiu udržateľnosť životného cyklu.

Zdroje: <https://www.arup.com/insights/material-change-can-timber-play-a-role-in-sustainable-rail-infrastructure>
<https://www.archdaily.com/970506/new-images-reveal-embts-timber-central-station-in-naples>

Osvedčená prax 2:



Reuse spare parts and components

Opätovné využitie intenzívne používaných trolejbusových výhybiek

Miesto: Szeged, Maďarsko

Oblasť zamerania: Opätovné využitie náhradných dielov a komponentov



Trolejbus v Szegede

Zdroje: https://circularity4publictransport.eu/best_practice/demonstration-on-how-to-prolong-the-lifespan-of-electric-public-transport-infrastructure-reutilizing-heavily-used-trolleybus-switches-in-szeged-hungary/

Ciele: nahradit' najviac opotrebované trolejbusové výhybky na kritických miestach novými jednotkami a presunúť opotrebované výhybky do oblastí siete s nižšou intenzitou prevádzky, konkrétne do trolejbusovej vozovne na Körtöltés utca, kde budú ďalej využívané.

Výzva: trolejbusové výhybky podliehajú rôznej miere opotrebenia v závislosti od ich umiestnenia a frekvencie používania.

Záver: systém ťaží z vyššej spoľahlivosti na kľúčových križovatkách aj z predĺženého využívania cenných materiálov, pričom cieľom je zdvojnásobiť typickú životnosť komponentov, ktorá je 15-20 rokov. Táto iniciatíva znižuje množstvo odpadu a ponúka škálovateľný model udržateľného riadenia majetku v elektrickej verejnej doprave. Zosúladením stratégií riadenia životného cyklu majetku s princípmi obehového hospodárstva presadzovanými v rámci projektu CE4CE poskytne riešenie v Szegede aj vzor pre iných dopravcov, ktorí hľadajú podobné stratégie opätovného využitia infraštruktúry.

2.3. Stratégia na pridanie a získanie hodnoty a optimalizáciu dodávok koľajových vozidiel/vozidiel v rámci nových hodnotových reťazcov životného cyklu



Obrázok 4. Sektor koľajových vozidiel v štruktúre kompasu cirkulárnosti

Verejná doprava - koľajové vozidlá, trolejbusy, električky a vozidlá metra - zohráva kľúčovú úlohu v dekarbonizácii systémov mobility. Elektrifikácia v celej Európe naberá na obrátkach, avšak bez prístupu založeného na obehovom hospodárstve hrozí, že tento prechod presunie dopady na predchádzajúce fázy, a to najmä prostredníctvom intenzívneho využívania surovín, energeticky náročných výrobných procesov a rastúcich tokov odpadu na konci životnosti, najmä v prípade batérií a elektronických komponentov.

Prístup založený na cirkulárnej ekonomike umožňuje prevádzkovateľom verejnej dopravy (PTO) a orgánom verejnej správy (PTA) prekročiť rámec cyklov výmeny vozidiel a namiesto toho spravovať železničné vozidlá ako aktíva s dlhodobou hodnotou. Zavedením prístupu zohľadňujúceho celý životný cyklus do obstarávania, prevádzky, údržby a vyradovania z prevádzky môžu cirkulárne stratégie znížiť emisie spojené s výrobou,

predĺžiť životnosť vozidiel, optimalizovať využívanie zdrojov a vytvoriť nové toky hodnoty prostredníctvom opätovného použitia, renovácie a aplikácií v druhom živote.

Táto stratégia, vychádzajúca z kompasu cirkulárnosti CE4CE a rámca AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE), rieši vozidlá, batérie a údržbu ako prepojené subsystemy a identifikuje obstarávanie ako kľúčový bod pôsobenia pre systémovú zmenu.

Konkrétne ciele stratégie sú:

- Minimalizovať vplyv na materiály a energiu počas navrhovania a výroby vozidiel.
- Predĺžiť prevádzkovú životnosť vozidiel a kľúčových komponentov.
- Umožniť opätovné použitie, renováciu a zmenu účelu železničných vozidiel a batérií.
- Zlepšiť vysledovateľnosť a zodpovednosť v priebehu celého životného cyklu vozového parku.
- Zahnúť kritériá obehového hospodárstva do obstarávania a správy vozového parku

2.3.1 Prístupy

Stratégia obehového hospodárstva pre železničné vozidlá a vozidlá sa zameriava na riadenie autobusov, električiek, vozidiel metra a ich komponentov ako aktív s dlhodobou hodnotou, a nie ako produktov s krátkym cyklom výmeny. Elektrifikácia znižuje prevádzkové emisie, ale výroba vozidiel a batérií zostáva náročná na zdroje a závislá od kritických surovín. Prístup obehového hospodárstva sa preto zameriava na celý životný cyklus vozidla, od návrhu a obstarávania až po prevádzku, renováciu a riadenie na konci životnosti.

Najsilnejším bodom pôsobenia v prípade železničných vozidiel v obehu je fáza obstarávania a návrhu vozidiel, kde rozhodnutia prijaté pred uvedením vozidla do prevádzky môžu na desiatky rokov určiť jeho environmentálnu výkonnosť, požiadavky na údržbu a možnosti na konci životnosti. Orgány verejnej dopravy a prevádzkovatelia môžu kritériá obehového hospodárstva začleniť priamo do špecifikácií verejných súťaží tým, že budú vyžadovať analýzu nákladov životného cyklu (LCC), posúdenie životného cyklu (LCA), modulárnu architektúru vozidiel, opraviteľnosť, možnosť modernizácie, vymeniteľnosť batérií a vysokú mieru zhodnotiteľnosti materiálov. V prípade elektrických autobusov a iných vozidiel s nulovými emisiami sa špecifikácie verejného obstarávania môžu týkať aj životnosti batérií, potenciálu druhého života, šandardizácie komponentov, dostupnosti náhradných dielov a zodpovednosti výrobcov za programy spätného odberu alebo renovácie. Integráciou takýchto požiadaviek od samého začiatku môžu orgány zabrániť predčasnému zastaraniu, znížiť spotrebu zdrojov a predĺžiť životnosť vozidiel. Tým sa rozhodnutia o verejnom obstarávaní posúvajú od zamerania na počiatočné náklady na nákup smerom k celkovej hodnote životného cyklu, prevádzkovej odolnosti a dlhodobej environmentálnej výkonnosti. Oddelenia verejného obstarávania, výrobcovia a dodávatelia preto zohrávajú kľúčovú úlohu, keďže zmluvné požiadavky priamo ovplyvňujú konštrukciu vozidiel, výber materiálov, modely údržby a cirkulárne obchodné postupy. Zmluvy založené na výkone a orientované na služby môžu ďalej motivovať k trvácnosti, opraviteľnosti a optimalizácii životného cyklu namiesto predčasnej výmeny.

Pri konštrukcii vozidiel a plánovaní vozového parku sa cirkulárnosť posilňuje tým, že sa zabráňuje zbytočnému používaniu materiálov a nadmernému dimenzovaniu. Optimalizácia veľkosti batérií, výber efektívnych pohonných systémov a výber prispôbitelných usporiadaní interiéru znižujú emisie a zlepšujú prevádzkovú efektívnosť. Digitálne simulačné nástroje, softvér na modelovanie vozového parku a digitálne dvojčatá podporujú analýzu scenárov a porovnávanie technológií, čo umožňuje orgánom vyvážiť prevádzkové potreby s efektívnym využívaním zdrojov.

Ďalším kľúčovým opatrením je predĺženie životnosti vozidiel a komponentov. Preventívna a prediktívna údržba, podporená palubnou diagnostikou, senzormi a monitorovacími systémami založenými na umelej inteligencii, umožňuje prevádzkovateľom včas zistiť opotrebovanie a zasiahnúť skôr, ako dôjde k poruchám. Programy obnovy, ako sú všeobecné opravy autobusov alebo električiek v polovici ich životnosti, umožňujú, aby konštrukčné komponenty zostali v prevádzke, zatiaľ čo sa aktualizujú kritické podsystémy. Prevádzkovatelia, výrobcovia originálnych dielov a poskytovatelia údržby musia úzko spolupracovať, aby zabezpečili dostupnosť náhradných dielov, technickú dokumentáciu a dlhodobú podporu.

Správa batérií je obzvlášť dôležitá pre stratégie cirkulárneho železničného vozového parku. Batérie majú odlišné profily opotrebovania ako vozidlá a často ich možno po tom, čo už nie sú vhodné na trakčné použitie, využiť na stacionárne ukladanie energie.

Vytvorenie aplikácií pre druhý život si vyžaduje koordináciu medzi prevádzkovateľmi, dodávateľmi energie, recyklačnými spoločnosťami a integrátormi technológií. Digitálne pasy batérií a nástroje na monitorovanie výkonu zlepšujú sledovateľnosť a uľahčujú opätovné použitie, zatiaľ čo súlad s vyvíjajúcimi sa nariadeniami EÚ o batériách podporuje štruktúrované cesty zhodnocovania a recyklácie.






Na konci životnosti by mali byť vozidlá a komponenty navrhnuté a spravované tak, aby sa uľahčila demontáž, triedenie materiálov a vysokokvalitná recyklácia. Modulárna konštrukcia, reverzibilné spoje a jasná dokumentácia zlepšujú mieru zhodnocovania a znižujú množstvo odpadu. Spolupráca medzi výrobcami, demontážnymi firmami a recyklačnými spoločnosťami je nevyhnutná na uzavretie materiálových cyklov a opätovné začlenenie cenných kovov a komponentov do nových výrobných cyklov.

Vo všetkých fázach životného cyklu sú kľúčové riadenie a budovanie vnútorných kapacít. Stratégie obnovy vozového parku by mali byť v súlade s dlhodobými cieľmi v oblasti klímy a obehového hospodárstva, podporené transparentnými ukazovateľmi výkonnosti a rámcami monitorovania. Účasť v sektorových sieťach a európskych iniciatívach umožňuje prevádzkovateľom zdieľať získané skúsenosti a urýchliť replikáciu inovatívnych prístupov.

Všetky tieto opatrenia spolu menia riadenie vozového parku z lineárneho modelu výmeny na prístup založený na hodnotovom reťazci zohľadňujúcom celý životný cyklus. Kombináciou vplyvu verejného obstarávania, digitálnych nástrojov, prediktívnej údržby, opätovného použitia batérií a zodpovedného nakladania s vozidlami na konci ich životnosti môžu orgány verejnej dopravy a prevádzkovatelia znížiť závislosť od materiálov, optimalizovať náklady na životný cyklus a posilniť odolnosť pri prechode na systémy mobility s neutrálnym vplyvom na klímu.

2.3.2 Kľúčové faktory

Cirkulárna transformácia železničných vozidiel si vyžaduje viac než len zlepšenia v oblasti technológie vozidiel; závisí od štrukturálnych a organizačných podmienok, ktoré umožňujú optimalizáciu životného cyklu. Digitálne nástroje, perspektívne rámce verejného obstarávania, inovačné partnerstvá a vhodné technologické voľby tvoria základ pre predĺženie životnosti vozidiel, umožňujú opätovné použitie batérií a zabezpečujú zodpovedné nakladanie s vozidlami na konci ich životnosti. Nasledujúce faktory pomáhajú orgánom verejnej dopravy, prevádzkovateľom a dodávateľom začleniť cirkulárnosť do celého životného cyklu železničných vozidiel.

 Digitalizácia	 Správa	 Inovácia	 Technológia	 Ďalšie podporné faktory
Využitie digitálnych dvojčiat a nástrojov na simuláciu vozového parku na účely plánovania vozového parku na základe životného cyklu a porovnávania technológií.	Zahrnutie kritérií obehového hospodárstva do obstarávania železničných vozidiel, vrátane požiadaviek na trvácnosť, opraviteľnosť a recyklovateľnosť.	Pilotné projekty testujúce aplikácie pre druhý život batérií a modely opätovného použitia.	Zavedenie modulárnej konštrukcie vozidiel s cieľom umožniť opravy, modernizáciu a jednoduchšiu demontáž.	Budovanie kapacít tímov zodpovedných za obstarávanie a údržbu v oblasti cirkulárneho riadenia vozidiel.

Nasadenie palubných diagnostických a prediktívnych systémov údržby (senzory, umelá inteligencia, analýza údajov) s cieľom predĺžiť životnosť vozidiel a komponentov.	Systematické využívanie analýzy nákladov životného cyklu (LCC) a posudzovania životného cyklu (LCA) pri rozhodovaní o obnove vozového parku.	Vytvorenie programov renovácie a modernizácie autobusov a železničných vozidiel v polovici ich životnosti.	Využitie energeticky úsporných pohonných systémov a rekuperačných technológií.	Prístup k finančným mechanizmom podporujúcim renováciu a investície založené na životnom cykle.
Zavedenie digitálnych systémov správy majetku na monitorovanie stavu a výkonu vozidiel.	Jasné rozdelenie zodpovedností za údržbu, renováciu a fázy na konci životnosti.	Modely zmlúv zamerané na služby a založené na výkone, ktoré podporujú trvácnosť.	Zavádzanie moderných systémov riadenia batérií s cieľom optimalizovať výkon a životnosť.	Štandardizované usmernenia pre opravy, opätovné použitie a recykláciu komponentov vozidiel.
Zavedenie digitálnych pasov batérií s cieľom zlepšiť sledovateľnosť, opätovné použitie a súlad s predpismi.	Zosúladenie s regulačnými rámcami EÚ (napr. smernica o čistých vozidlách, nariadenie EÚ o batériách).	Spolupráca s výrobcami, výskumnými inštitúciami a začínajúcimi podnikmi v oblasti cirkulárneho dizajnu vozidiel.	Implementácia princípov konštrukcie zameranej na demontáž s cieľom zlepšiť recykláciu a zhodnocovanie materiálov.	Medziodvetvová spolupráca medzi prevádzkovateľmi dopravy, dodávateľmi energie a recyklačnými spoločnosťami.
Integrácia údajov o životnom cykle do platforiem na riadenie vozového parku s cieľom podporiť rozhodnutia o renovácii a výmene.	Dlhodobé stratégie vozového parku v súlade s cieľmi klimatickej neutrality a efektívneho využívania zdrojov.	Účast' v európskych a sektorových sieťach na výmenu osvedčených postupov a škálovanie riešení.	Integrácia prispôsobivých technológií nabíjania a skladovania na podporu meniacich sa potrieb vozového parku.	Monitorovacie rámce a ukazovatele výkonnosti na sledovanie výkonnosti vozového parku v rámci cirkulárnej ekonomiky.

Tabuľka 3. Kľúčové faktory stratégií vozového parku vo verejnej doprave

2.3.3 Príklady osvedčených postupov



Redesign operations for more ridership

Osvedčená prax 1:

Simulačný nástroj Digital Twin E-corridor

Miesto: Gdynia, Poľsko

Oblasť zamerania: Prepracovanie prevádzky s cieľom dosiahnuť energeticky úspornejšie riešenia



Elektrický autobus v Gdyni

Zdroje: https://circularity4publictransport.eu/best_practice/a-digital-twin-a-circular-economy-business-tool-for-public-transport-planners-and-operators/

Ciele: Bolo vyvinuté digitálne dvojča na simuláciu rôznych scenárov elektrifikácie a nabíjania na koridoroch mestskej hromadnej dopravy. Nástroj podporuje optimalizáciu veľkosti batérií, zdieľanie infraštruktúry a využívanie energie, čo umožňuje efektívne plánovanie vozového parku z hľadiska zdrojov a predlžuje životnosť majetku prostredníctvom informovaného rozhodovania

Výzvy:

- Verejná doprava je „nízkouhliková“, ale stále náročná na zdroje a produkuje veľké množstvo odpadu
- Dostupnosť a integrácia údajov medzi vozidlami a infraštruktúrou

Záver: Celkovo môže digitálne dvojča slúžiť ako skvelý východiskový bod pre komplexnú a presnú analýzu nákladov a prínosov integrovanej elektrifikácie verejnej dopravy. V záverečnej fáze, na základe vzájomného posudzovania a spätnej väzby od používateľov, sa má simulačné digitálne dvojča premeniť na univerzálny, praktický a užitočný nástroj na plánovanie obehového hospodárstva pre elektrifikované vozové parky a infraštruktúru verejnej dopravy.



Retrofit existing vehicle fleet

Osvedčená prax 2:

prevádzka ojazdených dieselových autobusov verejnej dopravy prerobených na elektrické vozidlá

Miesto: Ankara, Turecko

Oblasť zamerania: Modernizácia existujúceho vozového parku



Modernizovaný elektrický autobus v Ankare

Ciele: urýchliť proces prechodu na riešenie verejnej dopravy, ktoré je šetrnejšie k životnému prostrediu a má nižšie emisie uhlíka a ktoré predlžuje životnosť autobusov v rámci cirkulárneho hospodárstva.

V rámci tejto inovácie sa karoséria, podvozok a nápravy zachovávajú v pôvodnej podobe so starými pohonnými systémami; namiesto dieselového motora, prevodovky a palivového systému sa nainštalujú elektromotor, akumulátorové batérie a systémy riadenia batérií, čím sa vozidlo premení na 100 % elektrický autobus.

Výzvy:

- Obmedzený dojazd, nedostatočná nabíjacia infraštruktúra, vysoké počiatkové náklady na nákup

Záver: Záverom možno konštatovať, že premena starých dieselových autobusov na elektrické autobusy je praktickým a udržateľným spôsobom modernizácie verejnej dopravy, ktorý zároveň prispieva k zníženiu množstva odpadu a nákladov. Náklady na túto premenu môžu dosiahnuť iba 35-45 % ceny nového elektrického autobusu, investícia sa vráti približne za 24 mesiacov a po 3,5-hodinovom nabíjaní poskytuje dojazd až 300 km. Hoci výskumy ukazujú, že prerobené autobusy môžu za určitých letných podmienok spotrebovať viac energie ako novo vyrobené elektrické autobusy, stále ponúkajú významné environmentálne výhody - štúdie o modernizácii poukazujú na o 28-42 % nižšie emisie CO₂ a o 57-64 % nižšie náklady na energiu v porovnaní s dieselovými autobusmi.

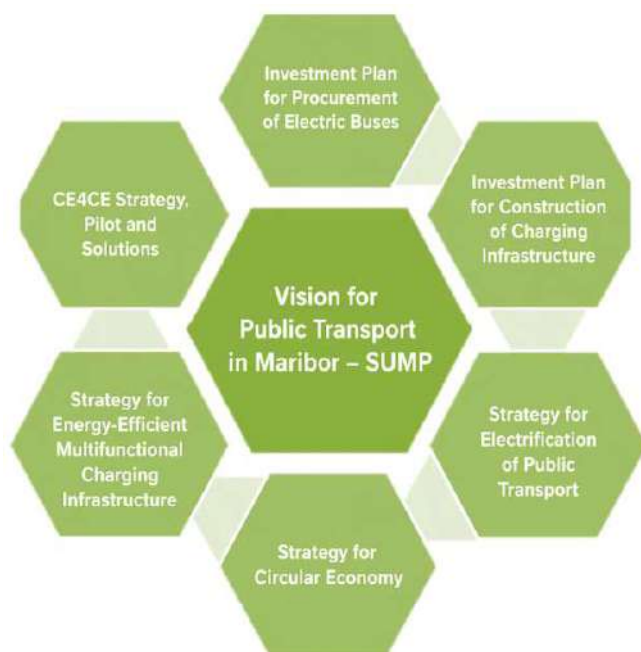
Zdroje: <https://academic.oup.com/ijlct/article/doi/10.1093/ijlct/ctae049/7723583>
<https://aim2flourish.com/innovations/buses-that-come-alive-again-with-electricity-7>

3. Akčné plány na riešenie kľúčových výziev v sektore verejnej dopravy

Na základe skúseností a výsledkov pilotných aktivít a stratégií CE4CE štyri akčné plány uvedené v tejto príručke transformujú technické testovanie, spoluprácu zainteresovaných strán a strategické úvahy na rámce orientované na implementáciu, prispôbené špecifickým kontextom projektových partnerov: Spoločnosť verejnej dopravy v Lipsku - LVB (Nemecko), Prevádzkovateľ autobusovej dopravy v Gdynia - PKA (Poľsko), dopravná spoločnosť v Bergame - ATB Mobility (Taliansko) a mesto Maribor (Slovinsko). Akčné plány CE4CE riešia širokú škálu výziev súvisiacich s infraštruktúrou verejnej dopravy, vozovým parkom, energetickými systémami a prevádzkovým riadením. Kľúčové témy zahŕňajú prediktívnu údržbu, energetickú efektívnosť, cirkulárne obstarávanie, zdieľanie infraštruktúry, integráciu energie z obnoviteľných zdrojov, druhé využitie batérií a riadenie majetku zamerané na životný cyklus.

Hoci každý akčný plán odráža špecifické potreby a priority zúčastnených inštitúcií, všetky prispievajú k spoločnému cieľu, ktorým je znižovanie množstva odpadu, zachovanie hodnoty, zvyšovanie efektívnosti využívania zdrojov a posilňovanie dlhodobej udržateľnosti a odolnosti systémov verejnej dopravy. Akčné plány vypracované pre Maribor, Lipsko, Gdynia a Bergamo preukazujú, ako je možné integrovať princípy obehového hospodárstva do plánovania mobility, riadenia infraštruktúry, procesov verejného obstarávania a prevádzkových postupov prostredníctvom spolupráce zainteresovaných strán, digitalizácie, opatrení v oblasti riadenia a postupného zavádzania. Zároveň poskytujú prenosné skúsenosti a praktické usmernenia pre orgány verejnej dopravy, prevádzkovateľov, samosprávy a ďalšie zainteresované strany, ktoré majú záujem uplatňovať podobné prístupy vo svojich vlastných mestských a regionálnych kontextoch.

3.1. Akčný plán na zachytávanie a využívanie odpadovej energie z vlakov a nabíjanie použitých batérií z obnoviteľných zdrojov energie v Maribore, Slovinsko



Obrázok 5. Strategický rámec na podporu vízie verejnej dopravy v Maribore (SUMP).

3.1.1 Strategické pozadie a kontext vypracovania akčného plánu

Akčný plán pre Maribor bol vypracovaný v rámci projektu CE4CE ako aktualizácia „Stratégie pre environmentálne efektívnu multifunkčnú nabíjacie infraštruktúru“ z roku 2022 a je pevne zakotvený v procese vypracovania mestského plánu udržateľnej mestskej mobility (SUMP). Reaguje na potrebu znížiť spotrebu energie, emisie a neefektívnosť v systéme verejnej dopravy v Maribore zavedením cirkulárnych a energeticky efektívnych riešení. Plán je v súlade s Plánom udržateľnej mestskej mobility mesta Maribor - SUMP Maribor (aktualizovaný v roku 2026), Stratégiou prechodu na cirkulárnu ekonomiku mesta Maribor na roky 2024-2030 a širšími rámcami EÚ, ako je Európska zelená dohoda a Akčný plán pre cirkulárnu ekonomiku, ktoré

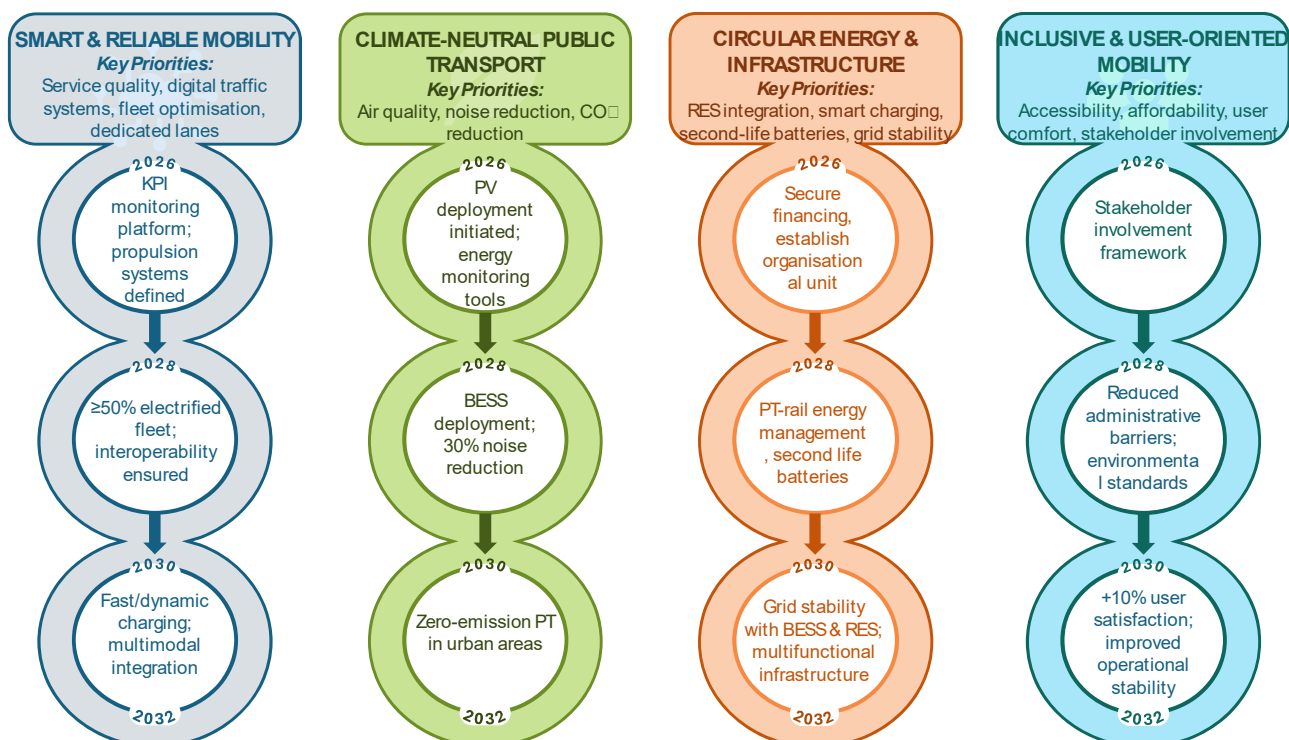
podporujú prechod k dekarbonizovanému, energeticky efektívnemu a cirkulárnemu odvetviu dopravy.

Hlavnou výzvou, ktorou sa akčný plán zaoberá, je rastúci dopyt po elektrickej energii súvisiaci s elektrifikáciou verejnej dopravy. Maribor prechádza z energetického systému dopravy založeného na fosílnych palivách na koncentrovanejší systém založený na elektrickej energii, čo si vyžaduje silnejšiu nabíjaciu infraštruktúru, lepšie riadenie energie a zníženie zaťaženia elektrickej siete. Analýza zainteresovaných strán identifikovala niekoľko konkrétnych prekážok: nedostatočná integrácia energetických zdrojov z obnoviteľných zdrojov, chýbajúce systematické zostavy ukladania energie v batériách, obmedzené inteligentné nabíjanie, nedostatočné opätovné využívanie batérií a komponentov a slabá integrácia medzi dopravným, územným a energetickým plánovaním. Regulačné obmedzenia medzi výrobcami, distribútormi a spotrebiteľmi boli ohodnotené ako jedna z najvýznamnejších prekážok, spolu so závislosťou od financovania EÚ a samosprávy.

Akčný plán nie je právne záväzný, ale jeho opatrenia sú začlenené do SUMP mesta Maribor, čo im poskytuje silnejší základ pre implementáciu. Plán preto funguje ako rámec zameraný na implementáciu, ktorý spája ciele v oblasti mobility, energetiky a obehového hospodárstva.

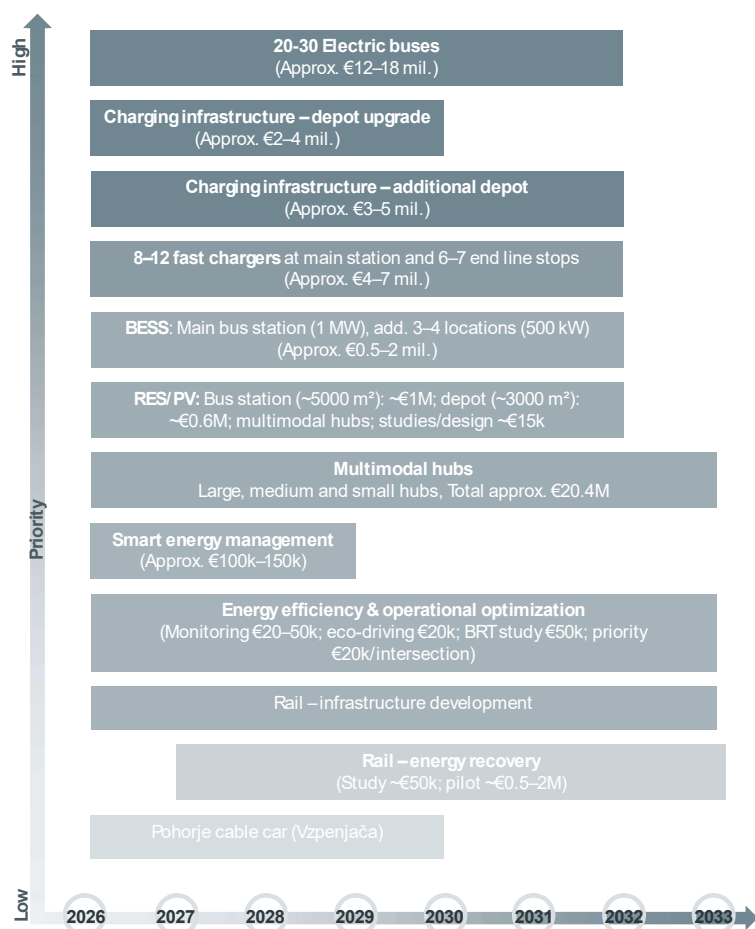
3.1.2 Vízia, ciele a zámery

Víziou akčného plánu mesta Maribor je rozvoj konkurencieschopných, energeticky úsporných a udržateľných služieb verejnej dopravy pomocou nízkouhlíkových technológií a alternatívnych zdrojov energie. Cieľom je znížiť emisie, zlepšiť kvalitu ovzdušia, znížiť množstvo hluku v mestských oblastiach, znížiť spotrebu energie na mobilitu a vytvoriť užívateľsky prívetivý, digitálny a spoločensky akceptovaný dopravný systém. Akčný plán definuje postupný prechod k nízkouhlíkovému, energeticky úspornému a užívateľsky orientovanému systému verejnej dopravy prostredníctvom strategických rozmerov a strednodobých a dlhodobých míľnikov implementácie.



Obrázok 6. Vízia a strategické ciele akčného plánu pre Maribor

3.1.3 Kľúčové opatrenia



Obrázok 7. Kľúčové opatrenia a harmonogram implementácie v Maribore

Akčný plán navrhuje balík opatrení v oblasti infraštruktúry, energetiky, prevádzky a riadenia. Navrhované opatrenia zahŕňajú zavedenie elektrických autobusov, rozšírenie nabíjacej infraštruktúry, systémy ukladania energie v batériách (BESS) a integráciu energie z obnoviteľných zdrojov prostredníctvom fotovoltaických (PV) zariadení. Spolu majú tieto opatrenia za cieľ zlepšiť prevádzkovú výkonnosť, znížiť emisie a posilniť dlhodobú energetickú odolnosť.

Odhadované investície sa v závislosti od opatrenia výrazne líšia, pohybujú sa od približne 15 000 EUR na prípravné štúdie až po približne 12 - 18 miliónov EUR na veľkoplošný nákup elektrických autobusov. Väčšina opatrení súvisiacich s infraštruktúrou sa odhaduje v strednom investičnom rozpätí približne 0,5 - 7 miliónov EUR.

Realizácia sa opiera o kombináciu mechanizmov financovania, pričom

medzi najčastejšie uvádzané zdroje patria miestne fondy, programy financovania EÚ, Slovenský ekologický fond a príspevky zo súkromného sektora, najmä na investície do obnoviteľných zdrojov energie

Realizácia je plánovaná vo fázach v rokoch 2026 až 2032 a zahŕňa spoluprácu medzi mestskými orgánmi, prevádzkovateľmi verejnej dopravy, technickými partnermi a ďalšími miestnymi zainteresovanými stranami. Časový harmonogram realizácie je definovaný skôr v širších časových rozpätiach ako v konkrétnych rokoch. Podrobnejší a operačný harmonogram je uvedený v SUMP mesta Maribor, ktorý slúži ako hlavný rámec realizácie rozvoja dopravy v meste.

3.1.4 Aspekty monitorovania a hodnotenia

Monitorovanie akčného plánu mesta Maribor bude zosúladené s ročným rámcom monitorovania a podávania správ v rámci SUMP mesta Maribor, ale bude rozšírené o ukazovateľov v oblasti energetiky a cirkulárnej ekonomiky. Mesto Maribor bude koordinovať zber a spracovanie údajov spolu s hlavnými zainteresovanými stranami, ktorými sú Marprom, Public Holdings Maribor, the Energy Agency, Elektro Maribor a Univerzita v Maribore.

Systém monitorovania bude využívať kľúčové ukazovatele výkonnosti (KPI) týkajúce sa mobility, životného prostredia, energetiky, infraštruktúry, prevádzky a aspektov súvisiacich s užívateľmi. Ukazovatele mobility zahŕňajú pomer cestovného času vo verejnej doprave, presnosť a spoľahlivosť, počet cestujúcich a obsadenosť vozidiel.

Ukazovatele životného prostredia zahŕňajú emisie CO₂, látky znečisťujúce ovzdušie, ako sú NO_x a PM, ak sú k dispozícii, a hladiny hluku v meste. Ukazovatele energetiky zahŕňajú spotrebu energie na vozidlo alebo cestujúceho, podiel energie z obnoviteľných zdrojov v energetickom mixe verejnej dopravy a zníženie špičkového zaťaženia vďaka BESS. Ukazovatele infraštruktúry zahŕňajú inštalovanú nabíjacie kapacity, kapacitu BESS a kapacitu FV.

Údaje budú pochádzať zo systémov riadenia vozového parku, nástrojov na monitorovanie energie, údajov o nabíjacej infraštruktúre, dopravných analýz, prieskumov, monitorovania infraštruktúry a externých dátových súborov od dodávateľov energie. Hodnotenie sa bude vykonávať každé 2-3 roky a bude porovnávať dosiahnuté výsledky s plánovanými cieľmi, posudzovať nákladovú efektívnosť, identifikovať prekážky implementácie a faktory úspechu, analyzovať vplyvy na úrovni systému a zahrniť spätnú väzbu od zainteresovaných strán a používateľov. Výsledky sa použijú na revíziu opatrení, spresnenie investičných priorit a zachovanie súladu so SUMP.

3.1.5 Zapojenie zainteresovaných strán do procesu prípravy a implementácie

Zapojenie zainteresovaných strán bolo organizované prostredníctvom miestnych workshopov, konzultácií s odborníkmi a v rámci spolupráce a spoločného rozvoja, ktoré ponúka projekt CE4CE. Do procesu boli zapojení aktéri z miestnej samosprávy, regiónu, akademickej obce, energetiky, dopravy a súkromného sektora, ako aj partneri projektu. Na miestnej úrovni medzi hlavných účastníkov patrili mesto Maribor, spoločnosť Marprom ako prevádzkovateľ verejnej dopravy, subjekty zodpovedné za mestskú infraštruktúru a verejné práce, miestny dodávateľ energie a diaľkového vykurovania a spoločnosť



Obrázok 8. Workshop zainteresovaných strán o obehovom hospodárstve a energii vo verejnej doprave. Zdroj: Mesto Maribor, CE4CE

zodpovedná za nakladanie s odpadom. Medzi regionálnych aktérov patrili Agentúra pre regionálny rozvoj Podravje-Maribor a regionálna energetická agentúra. Univerzita v Maribore prispela ako hlavný akademický a výskumný partner. Príspevky v oblasti technológií a zo súkromného sektora poskytli distribútori infraštruktúry pre rýchle nabíjanie a distribútori elektrických autobusov.

Proces zapájania sa zameril na identifikáciu výziev a potrieb pri uplatňovaní princípov obehového hospodárstva vo verejnej doprave, najmä v súvislosti so spotrebou energie, obnoviteľnými zdrojmi energie, skladovaním energie a jej opätovným využívaním. Zainteresované strany posúdili prekážky, ako je slabá integrácia obnoviteľných zdrojov energie, chýbajúce inteligentné nabíjanie, nedostatočné monitorovanie, regulačné obmedzenia, zložité schvaľovacie postupy, slabá koordinácia medzi územným, dopravným

a energetickým plánovaním a nedostatočne rozvinuté systémy opätovného využívania komponentov a batérií.

Tento proces pomohol definovať priority akčného plánu, vrátane zavádzania systémov BESS, inteligentného nabíjania, integrácie fotovoltaiiky, využívania rekuperatívnej energie v železničnej doprave, multimodálnych energetických uzlov a zlepšenia riadenia. Posilnil tiež spoluprácu medzi zainteresovanými stranami v oblasti dopravy a energetiky, čo bolo identifikované ako kľúčové pre implementáciu.

3.1.6 Hlavné závery z procesu vypracovania akčného plánu

Vypracovanie akčného plánu pre Maribor poskytlo dôležité strategické a organizačné poznatky pre prechod k udržateľnejšiemu, energeticky úspornejšiemu a cirkulárnemu systému verejnej dopravy. Tento proces poukázal na niekoľko dôležitých aspektov relevantných pre budúcu implementáciu a dlhodobé plánovanie mestskej mobility:



HLAVNÉ ZÁVERY

Silná integrácia s procesom SUMP: Úzka súčinnosť s Plánom udržateľnej mestskej mobility (SUMP) zaručuje, že navrhované opatrenia sú zakotvené v rámci dlhodobého rámca mobility, investícií a monitorovania mesta Maribor.

Postupné a flexibilné zavádzanie: Vzhľadom na vývoj technológií, regulačné podmienky a finančnú neistotu bude pre zabezpečenie dlhodobej účinnosti a odolnosti navrhovaných opatrení nevyhnutné neustále monitorovanie, hodnotenie a adaptívne riadenie.

Integrovaný systémový prístup: Elektrifikácia musí kombinovať perspektívy dopravy, energetiky a územného plánovania. Proces potvrdil, že elektrifikácia vozového parku musí byť podporená koordinovaným plánovaním nabíjacej infraštruktúry, integráciou obnoviteľných zdrojov energie, systémov skladovania a riešení v oblasti energetického manažmentu.

Medzisektorová spolupráca: Silnejšia spolupráca medzi dopravnými prevádzkovateľmi, mestskými oddeleniami, dodávateľmi energie, subjektmi v oblasti infraštruktúry a výskumnými inštitúciami sa počas procesu vývoja ukázala ako kľúčový podporný faktor.

Digitalizácia a riadenie založené na údajoch: Dlhodobé plánovanie si vyžaduje monitorovacie systémy, rámce KPI a optimalizačné nástroje. Tieto prvky sú nevyhnutné na vytváranie adaptívnych, efektívnych a na dôkazoch založených riešení v oblasti riadenia energie.

Význam pilotných aktivít: Skúsenosti z projektu CE4CE ukázali, aké dôležité je testovať technológie a organizačné prístupy pred ich rozšírením alebo širším nasadením.

Inštitucionálna kapacita a riadiace štruktúry: Tento proces zdôraznil potrebu jasného rozdelenia zodpovedností, dlhodobého zapojenia zainteresovaných strán a organizačnej pripravenosti popri technických riešeniach.

Obrázok 9. Hlavné závery pre Maribor

3.2. Akčný plán na optimalizáciu poskytovania infraštruktúry prostredníctvom minimálne invazívnych údržbových prác v Lipsku, Nemecko

3.2.1 Strategické pozadie a kontext vypracovania akčného plánu

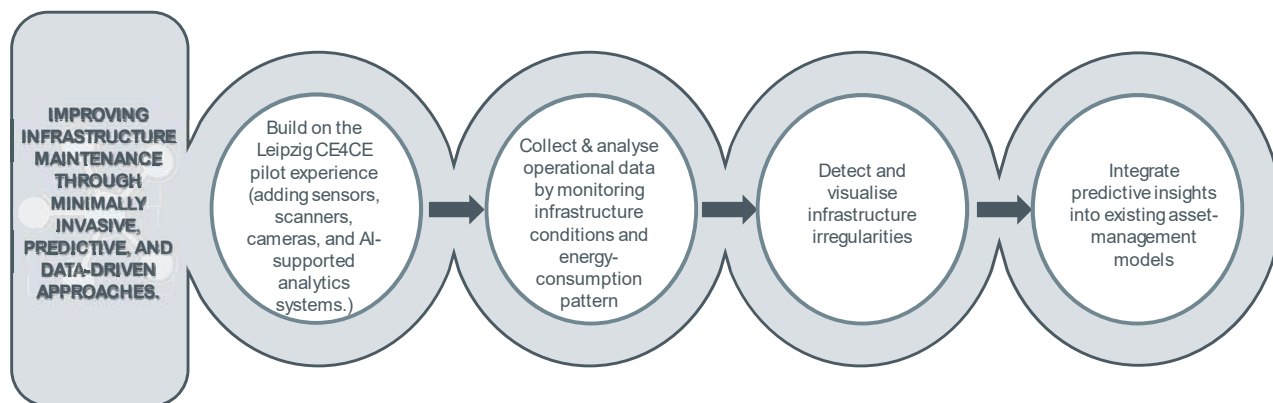
Akčný plán pre Lipsko vypracovala Lipská dopravná spoločnosť (LVB) v rámci projektu CE4CE s cieľom preskúmať možnosti zlepšenia údržby infraštruktúry prostredníctvom minimálne invazívnych, prediktívnych a dátovo orientovaných prístupov. Iniciatíva reaguje na obmedzenia tradičných postupov údržby, ktoré sa naďalej vo veľkej miere spoliehajú na vizuálne kontroly, pevné cykly obnovy a reaktívne zásahy.

Potreba pokročilejších prístupov k údržbe je obzvlášť relevantná pre LVB, ktorá prevádzkuje jednu z najväčších električkových sietí v Nemecku s viac ako 300 km koľajníc a vysokou frekvenciou spojov. Rastúci dopyt cestujúcich, rast populácie, prechod politiky na udržateľnú mobilitu a rozšírené nočné spoje spoločne vyvíjajú tlak na dostupnosť infraštruktúry a efektívnosť údržby. Zároveň sú údržbárske činnosti ovplyvnené výzvami, ako je nedostatok kvalifikovanej pracovnej sily, demografické zmeny, znížená dostupnosť konkrétnych a hlbokých odborných znalostí, obmedzené časové okná na údržbu a neúplné údaje o stave.

V tomto kontexte sa akčný plán zameriava na podporu postupného prechodu od reaktívneho k prediktívnemu riadeniu majetku a postupom údržby. Tento prístup vychádza zo skúseností z pilotných testov CE4CE v Lipsku, v rámci ktorých boli tri vozidlá električky vybavené snímačmi vibrácií, kamerami, laserovými skenermi, systémami merania toku energie, zariadeniami na okrajové výpočty a analytickými platformami podporovanými umelou inteligenciou. Pilotné aktivity preukázali potenciál využitia týchto technológií na podporu včasnej detekcie a vizualizácie chýb koľajníc, nepravidelností trolejového vedenia a vzorov spotreby energie v reálnych prevádzkových podmienkach.

Navrhovaný prístup má tiež doplniť existujúce modely nákladov životného cyklu (LCC) spoločnosti LVB. Kým metódy LCC slúžia predovšetkým na dlhodobé finančné plánovanie, prediktívne prístupy k údržbe môžu poskytnúť dodatočný prevádzkový a taktický pohľad prostredníctvom využitia aktuálnych meracích údajov, trendov stavu a prognóz výkonnosti infraštruktúry.

3.2.2 Vízia, ciele a zámery



Obrázok 10. Vízia a strategické ciele akčného plánu LVB

Víziou akčného plánu Lipsko je zaviesť škálovateľný prístup k prediktívnej údržbe, ktorý podporuje dostupnosť infraštruktúry, efektívnejšie využívanie zdrojov a postupné zosúladowanie postupov správy majetku so zásadami normy ISO 55001. Cieľom akčného plánu je umožniť skoršie, cielené a menej invazívne zásahy v rámci údržby a zároveň

posilniť prepojenie medzi prevádzkovými údržbárskymi činnosťami a strategickým plánovaním investícií.

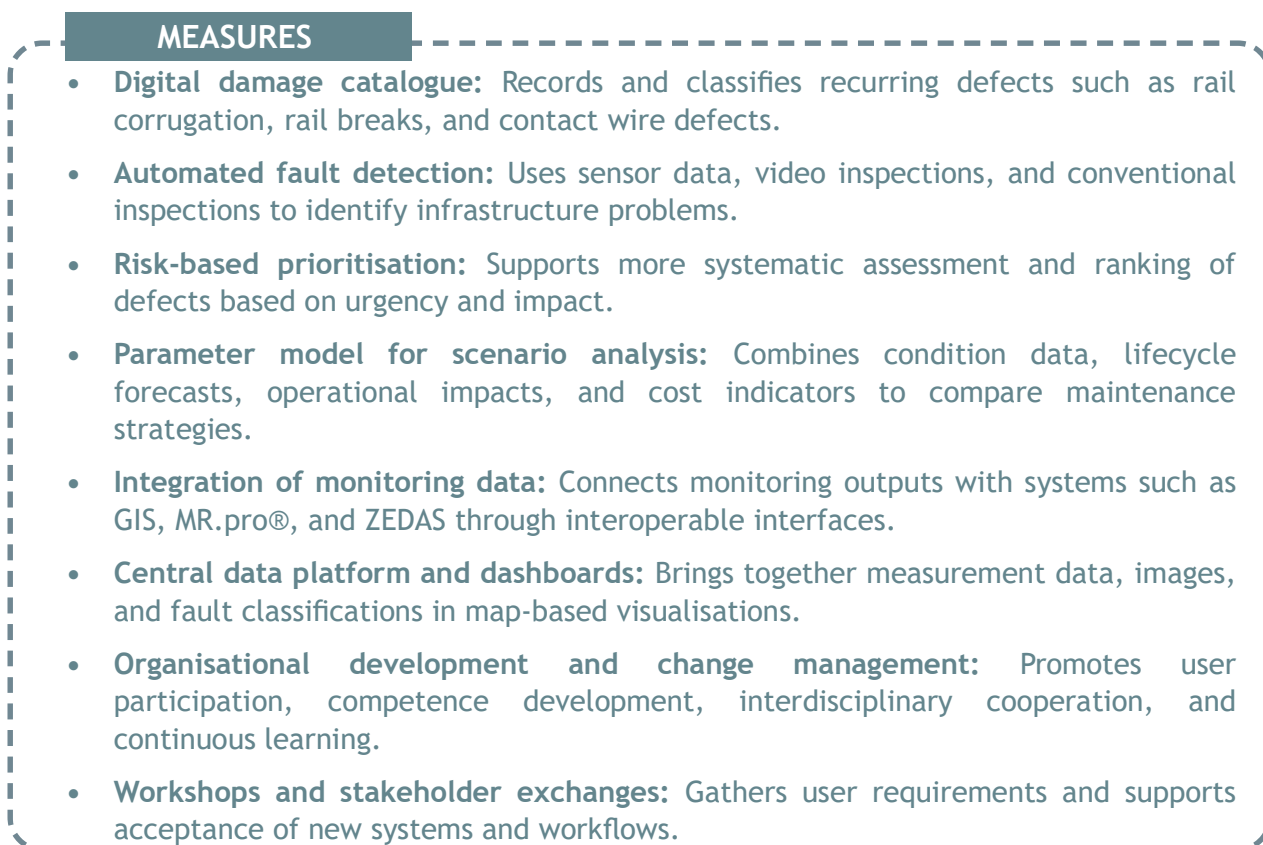
Hlavným cieľom je podporiť prechod od intervalovej a reaktívnej údržby k systému viac založenému na údajoch s využitím senzorov, analýz podporovaných umelou inteligenciou, riadiacich panelov a parametrických modelov. Tento prístup má zlepšiť identifikáciu potenciálnych vzorov poškodenia, podporiť prioritizáciu zásahov na základe rizika a prispieť k zníženiu počtu zbytočných renovačných prác.

Akčný plán si ďalej kladie za cieľ vytvoriť digitálny katalóg poškodení, vyvinúť parametrický model pre riadenie scenárov a investícií, integrovať monitorovacie údaje do systémov, ako sú MR.pro®, GIS a ZEDAS, a podporovať využívanie riadiacich panelov pri operatívnom rozhodovaní. Okrem toho plán skúma možnosti zlepšenia energetickej efektívnosti prostredníctvom analýzy spotreby energie na kilometer jazdy a vzorcov správania vodičov.

Ďalším dôležitým cieľom je organizačná spolupráca. Akčný plán podporuje užšiu spoluprácu medzi údržbou, správou majetku, digitalizáciou, prevádzkou, kontrolovaním a externými partnermi prostredníctvom zdieľaných dátových štruktúr a jasnejších rozhodovacích postupov. Snaží sa tiež vyvinúť prístupy, ktoré by bolo možné preniesť na ďalšie električkové linky, iné triedy majetku a autobusovú infraštruktúru v Lipsku. Výmena poznatkov a skúseností, ako aj spoločný vývoj metodík hodnotenia a prognózovania sa môžu preniesť na iných prevádzkovateľov verejnej dopravy.

3.2.3 Lúčové opatrenia

Akčný plán pre Lipsko navrhuje štruktúrovaný súbor opatrení na podporu integrácie prediktívnej údržby do procesov správy majetku a zároveň na zlepšenie strategického riadenia rozvoja infraštruktúry.



Obrázok 11. Leipzig lúčové opatrenia

Jedným z kľúčových opatrení je vypracovanie digitálneho katalógu poškodení, ktorý systematicky zaznamenáva a klasifikuje opakujúce sa poruchy infraštruktúry, ako sú zvlnenie koľajníc, zlomy koľajníc a poruchy trolejového vedenia. Kombináciou meraní, senzorov, videoinšpekcií a konvenčných inšpekčných metód má katalóg podporovať automatizovanú detekciu porúch, stanovenie priorít na základe rizika a štandardizovanejšie postupy hodnotenia. K vývoju tohto prístupu prispievajú skúsenosti z pilotného projektu CE4CE, v rámci ktorého sa testovali analýzy typických vzorov poškodenia podporované umelou inteligenciou.

Ďalším dôležitým opatrením je vývoj parametrického modelu pre analýzu scenárov a riadenie investícií. Model kombinuje údaje o stave, prognózy životného cyklu, prevádzkové vplyvy a ukazovatele nákladov s cieľom podporiť hodnotenie rôznych stratégií údržby a dlhodobých investičných možností. Metodika je založená na troch komplementárnych zdrojoch informácií: presných individuálnych meraniach, štruktúrovaných vizuálnych inšpekciách a prúdoch údajov z nepretržitého monitorovania. Očakáva sa, že tieto prvky spolu poskytnú pevnejší základ pre prognózovanie stavu infraštruktúry a analýzu potenciálnych scenárov údržby.

Akčný plán tiež počíta s integráciou monitorovacích údajov do existujúcich systémov, ako sú GIS, MR.pro® a ZEDAS, prostredníctvom interoperabilných rozhraní a centrálnej dátovej platformy. Cieľom tejto integrácie je podporiť komplexnejší prehľad o stave infraštruktúry kombinovaním meracích údajov, snímok a klasifikácie porúch v rámci informačných panelov a vizualizácií na mapách. Otvorené a štandardizované rozhrania sa považujú za dôležité pre umožnenie budúceho rozširovania systému a prenositeľnosti na iných prevádzkovateľov verejnej dopravy.

Okrem technických opatrení akčný plán zdôrazňuje dôležitosť organizačného rozvoja a riadenia zmien. Navrhovaný prístup kladie dôraz na účasť používateľov, rozvoj kompetencií, interdisciplinárnu spoluprácu a procesy nepretržitého vzdelávania. Workshopy a výmeny názorov so zainteresovanými stranami, ktoré sa uskutočnili počas pilotného projektu CE4CE, prispeli k zberu požiadaviek používateľov a podporili akceptáciu nových systémov a pracovných postupov.

Na základe skúseností získaných počas pilotného projektu CE4CE v Lipsku akčný plán navrhuje stratégiu postupnej implementácie. Tá zahŕňa identifikáciu kritických aktív, vývoj a testovanie predikčných modelov a postupnú integráciu overených nástrojov a procesov do prevádzkových pracovných postupov a činností strategického plánovania. Iteratívny prístup k implementácii má za cieľ znížiť riziká, podporiť organizačné učenie a uľahčiť postupné začlenenie postupov prediktívnej údržby do štruktúr dlhodobého riadenia aktív.

3.2.4 Aspekty monitorovania a hodnotenia v rámci akčného plánu

Monitorovacie činnosti v rámci lipského akčného plánu sa zameriavajú na posúdenie, či prístupy prediktívnej údržby prispievajú k zlepšeniu technickej spoľahlivosti, prevádzkových procesov a strategických rozhodnutí v oblasti správy majetku. Navrhovaný rámec monitorovania zahŕňa niekoľko kľúčových ukazovateľov výkonnosti (KPI), ktoré sú relevantné aj v kontexte hodnotenia výkonnosti podľa normy ISO 55001.

Navrhované ukazovatele zahŕňajú včasnú detekciu porúch skôr, ako sa stanú kritickými, zníženie počtu neplánovaných údržbových opatrení, dostupnosť infraštruktúry, energetickú efektívnosť a ukazovatele kvality údajov, ako je prevádzková doba senzorov a spoľahlivosť prenosu údajov. Ďalšie ukazovatele môžu zahŕňať reakčné časy medzi detekciou poruchy a nápravnými opatreniami, ako aj potenciálne úspory nákladov vyplývajúce z vyhnutia sa

opravám a predĺženia životnosti majetku.

Očakáva sa, že zber údajov bude vychádzať z automatizovaných senzorových systémov a dátových platforiem, doplnených porovnaniami s údajmi MR.pro®, inšpekciami na mieste, prieskumami a existujúcimi metódami hodnotenia. Hodnotiace činnosti majú kombinovať automatizovanú analýzu s odbornou spätnou väzbou a pravidelnými koordinačnými stretnutiami medzi tímami zodpovednými za správu majetku, údržbu a digitalizáciu. Očakáva sa, že výsledky pilotných činností a fáz zavádzania prispievajú k neustálemu zlepšovaniu algoritmov, prispôbovaniu systémov a procesov plánovania údržby. Z dlhodobého hľadiska majú monitorovacie činnosti podporovať procesy kontroly investícií a plánovania údržby prostredníctvom rozhodovania založeného na väčšom množstve údajov.

3.2.5 Zapojenie zainteresovaných strán do procesu prípravy a implementácie

Akčný plán pre Lipsko je založený na úzkej spolupráci medzi internými oddeleniami LVB, externými technickými partnermi a ostatnými mestskými spoločnosťami, ktoré sú súčasťou skupiny „L“ pod vedením mesta Lipsko (Stadt Leipzig). V rámci LVB zohráva správa majetku vedúcu úlohu pri integrácii prístupov prediktívnej údržby do strategického riadenia infraštruktúry. IFTEC (zodpovedná za veľkú časť technickej údržby a inžinierskych služieb súvisiacich s systémom verejnej dopravy v Lipsku) prispieva k technickej implementácii, kalibračným činnostiam a spätnej väzbe týkajúcej sa vzorov poškodenia a údržbových opatrení. Tím pre digitalizáciu podporuje vývoj dátových platforiem, riadiacich panelov a rozhraní, zatiaľ čo prevádzkový personál a vodiči prispievajú prevádzkovou spätnou väzbou týkajúcou sa komfortu jazdy a možných narušení prevádzky. Jednotky kontroly a plánovania investícií sa podieľajú na využívaní parametrických modelov na rozpočtovanie a vývoj scenárov.

Externí partneri prispievajú hardvérovými riešeniami, technológiami edge computingu, monitorovacími systémami, analýzou podporovanou umelou inteligenciou a nástrojmi na analýzu spotreby energie. Pilotný projekt CE4CE zahŕňal spoluprácu s organizáciami vrátane IFTEC, Kruch Railways (tiež partner CE4CE), CI4RAIL, CEMIT a PantoHealth. Univerzity a výskumné inštitúcie poskytli technickú a metodickú podporu, zatiaľ čo mestskí zainteresovaní aktéri prispeli prepojeniami na iniciatívy inteligentného mesta a mestských dátových platforiem.

Aktivity zamerané na zapojenie zainteresovaných strán zahŕňali workshopy na definovanie požiadaviek a výber systému, pravidelné koordinačné stretnutia, školenia a formáty hodnotenia zainteresovanými stranami. Počas pilotnej fázy tieto aktivity podporili zber spätnej väzby od používateľov, najmä vodičov električiek, testovanie akceptácie systému a spoločný vývoj riadiacich panelov a rozhraní.

3.2.6 Hlavné závery vyplývajúce z procesu vypracovania akčného plánu

Proces vypracovania akčného plánu pre Lipsko naznačuje, že prístupy prediktívnej údržby môžu ponúknuť významný potenciál, ak sa integrujú do každodenných údržbových činností a strategických procesov správy majetku. Skúsenosti z pilotného projektu CE4CE naznačili, že technológie, ako sú senzory, monitorovacie systémy a analýzy podporované umelou inteligenciou, môžu prispieť k identifikácii kritických úsekov koľajníc, defektov koľajníc, nepravidelností trolejového vedenia a iných problémov súvisiacich s infraštruktúrou v prevádzkových podmienkach.

Jedným z dôležitých záverov je pridaná hodnota nepretržitého monitorovania ako doplnku existujúcich prístupov k správe majetku. Kombinácia aktuálnych meracích údajov s postupmi vizuálnej kontroly a modelmi nákladov životného cyklu môže podporiť



HLAVNÉ ZÁVERY

Potenciál prediktívnej údržby: Prediktívna údržba môže priniesť významnú pridanú hodnotu, ak je začlenená do každodennej údržby a strategického riadenia majetku.

Postupné a flexibilné zavádzanie: Vzhľadom na vývoj technológií, regulačné podmienky a finančnú neistotu bude pre zabezpečenie dlhodobej účinnosti a odolnosti navrhovaných opatrení nevyhnutné neustále monitorovanie, hodnotenie a adaptívne riadenie.

Hodnota nepretržitého monitorovania: Nepretržité monitorovanie dopĺňa vizuálne inšpekcie a modely nákladov životného cyklu tým, že umožňuje dynamickejšie rozhodnutia založené na údajoch.

Viac ako len pevné cykly obnovy: Kombinácia údajov v reálnom čase s existujúcimi metódami správy majetku môže pomôcť lepšie načasovať údržbu a obnovy.

Potreby organizačných zmien: Úspešná digitalizácia si vyžaduje školenia, akceptáciu zo strany používateľov, gramotnosť v oblasti údajov, revíziu zodpovedností a dlhodobé riadenie zmien.

Potenciál prenosu: Modulárny systém s certifikáciou pre železničnú dopravu by sa mohol rozšíriť na ďalšie tramvajové linky, infraštruktúrne aktíva a aplikácie súvisiace s autobusovou dopravou.

Dlhodobá inštitucionalizácia: Trvalé využívanie bude závisieť od stabilného financovania, integrácie systému, kapacít personálu a zosúladenia s procesmi správy majetku spoločnosti LVB.

Obrázok 12. Hlavný výstup v Lipsku

dynamickejšie a informovanejšie rozhodovanie v porovnaní s použitím samotných pevných cyklov obnovy.

Tento proces tiež zdôraznil, že digitalizácia nie je len technickou výzvou, ale aj organizačnou. Školenia, akceptácia zo strany používateľov, gramotnosť v oblasti údajov, revidované zodpovednosti a dlhodobé procesy riadenia zmien sa javia ako nevyhnutné na zabezpečenie toho, aby sa riadiace panely a analýzy podporované umelou inteligenciou mohli efektívne integrovať do prevádzkovej praxe.

Akčný plán napokon demonštruje potenciál prenosu aj mimo pilotného prostredia. Pilotný projekt sa opiera o železničné certifikované komponenty vyhovujúce normám EN 50155 a EN 45545, pričom modulárna architektúra systému môže podporiť budúce rozšírenie na ďalšie tramvajové linky, iné infraštruktúrne aktíva a potenciálne aplikácie súvisiace s autobusovou dopravou, ako je napríklad nabíjacie zariadenia. Zároveň je pravdepodobné, že dlhodobá inštitucionalizácia prístupov prediktívnej údržby bude závisieť od stabilného financovania, integrácie systémov, kapacít personálu a ich pokračujúcej integrácie do širších procesov správy majetku spoločnosti LVB.

3.3. Akčný plán na optimalizáciu poskytovania infraštruktúry prostredníctvom spolupráce a zdieľania medzi verejnými poskytovateľmi ako aktualizácia mestskej stratégie pre elektromobilitu v Gdyni, Poľsko



Obrázok 13. Fotovoltaická elektrárňa napájajúca trolejbusy v depu. Zdroj: CE4CE

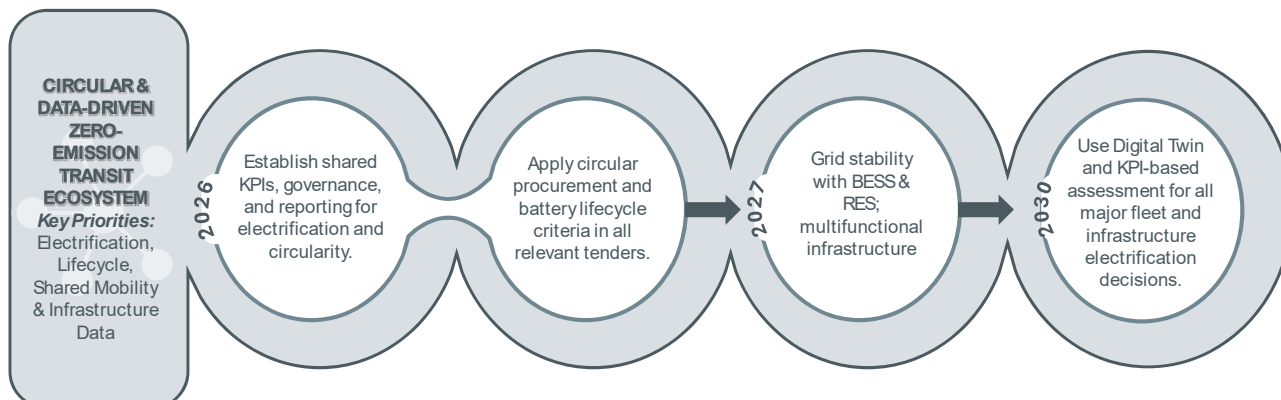
3.3.1 Strategické pozadie a kontext vypracovania akčného plánu

Akčný plán Gdynie aktualizuje mestský prístup k elektromobilité tým, že sa zameriava na cirkulárnu elektrifikáciu, zdieľanie infraštruktúry a spoluprácu medzi poskytovateľmi verejných služieb PKA - mestským prevádzkovateľom autobusovej dopravy a partnerom projektu CE4CE - a PKT - mestským prevádzkovateľom trolejbusovej dopravy. Plán stavia na existujúcich silných stránkach Gdynie: jej dlhodobou fungujúcou trolejbusovou systémom, skúsenostiach s nabíjaním za jazdy a elektrických autobusoch zavedených v roku 2022.

Akčný plán reaguje na päť konkrétnych výziev, ktoré identifikovala spoločnosť PKA a jej partneri: starnúce zariadenia, rastúce náklady na elektrinu a životný cyklus, potreba cirkulárneho obstarávania, obmedzené nástroje na podporu rozhodovania pri plánovaní investícií a potreba lepšieho zosúladenia elektromobility s cieľmi mesta v oblasti klímy a mobility. Zaoberá sa tiež rizikami identifikovanými v rámci pilotného projektu realizovaného v Gdyni v rámci projektu CE4CE, vrátane dopytu po energii súvisiaceho s dopravnými zápchami, nadmerne veľkých batérií a nabíjacej infraštruktúry, fragmentovaných údajov medzi inštitúciami, neistého budúceho financovania a možnosti uväzť mesto na neefektívne riešenia na 12-30 rokov.

Z strategického hľadiska nadväzuje tento plán na stratégiu rozvoja mesta Gdynia do roku 2030, na plán udržateľnej mestskej mobility v Gdyni a na plány udržateľnej mestskej mobility (SUMP) pre región Baltského mora (BSR), ktoré sa zameriavajú na monitorovanie a hodnotenie. Na národnej úrovni sa riadi poľským zákonom o elektromobilita a alternatívnych palivách. Na úrovni EÚ je v súlade so súčasným regulačným rámcom tvoreným nasledujúcimi rámcovými stratégiami a smernicami: Európska zelená dohoda, smernica o čistých vozidlách, nariadenie o infraštruktúre pre alternatívne palivá, smernica o energetickej účinnosti a smernica o obnoviteľných zdrojoch energie a nariadenie o batériách.

3.3.2 Vízia, ciele a zámery



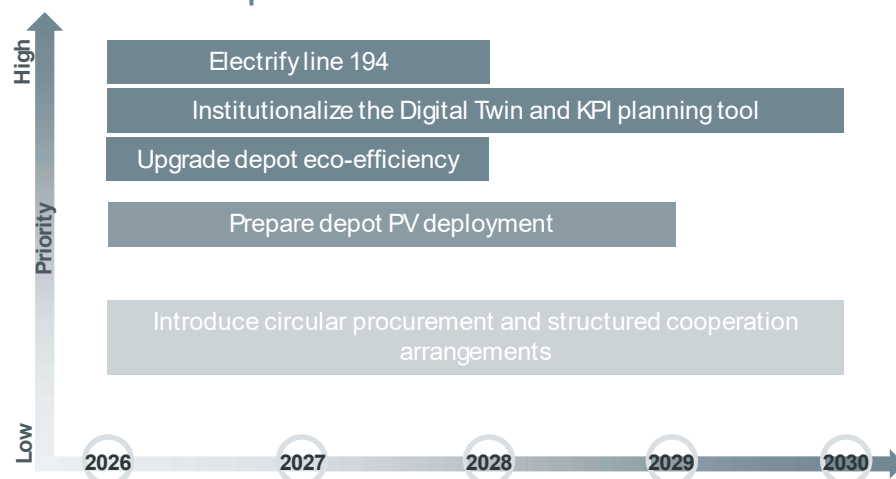
Obrázok 14. Vízia a strategické ciele akčného plánu Gdynia

Víziou je, aby sa PKA Gdynia do roku 2030 stala poskytovateľom verejnej dopravy, ktorý bude viac zameraný na cirkulárnosť, nižšie emisie a pripravený na investície. Akčný plán si kladie za cieľ rozšíriť elektromobilitu prostredníctvom zdieľania údajov, uvažovania v rámci životného cyklu a silnejšej spolupráce medzi PKA, mestom a ďalšími verejnými poskytovateľmi, pričom sa bude zabráňovať zbytočnému využívaniu materiálov a energie.

Plán stanovuje niekoľko konkrétnych cieľov. Do roku 2026 by Gdynia mala inštitucionalizovať spoločný súbor KPI, model vlastníctva a rutinu ročného vykazovania pre rozhodnutia týkajúce sa cirkulárnosti a elektrifikácie. Do roku 2027 by mal byť pripravený a spustený prvý implementačný balík, počnúc elektrifikáciou linky 194, v závislosti od financovania. Tiež do roku 2027 by mal byť dokončený balík investícií do ekologickej efektívnosti depa a fotovoltaiiky, vrátane inteligentného nabíjania a dizajnu pripraveného na ukladanie energie. Od roku 2026 by sa v príslušných verejných obstarávaníach mali používať kritériá cirkulárneho obstarávania a požiadavky na životný cyklus batérií. Do roku 2030 by sa malo hodnotenie digitálneho dvojčata a KPI uplatňovať na všetky dôležité rozhodnutia týkajúce sa elektrifikácie vozového parku a infraštruktúry PKA.

Ciele preto kombinujú zníženie emisií, vyššiu spoľahlivosť služieb, nižšie náklady na životný cyklus, znížený dopyt po batériách a materiáloch, lepšiu pripravenosť na financovanie a jasnejšie riadenie cirkulárnej elektromobility.

3.3.3 Kľúčové opatrenia



Obrázok 15. Kľúčové opatrenia a harmonogram implementácie v Gdyni

Akčný plán je postavený na piatich prioritných opatreniach.

Prvým je elektrifikácia autobusovej linky 194 v meste , ktorá je plánovaná ako pilotný projekt s vysokou prioritou pre rozšírenie služieb s nulovými emisiami založených na údajoch a cirkulárnej ekonomike v rokoch 2026 až 2028.

Druhým je inštitucionalizácia pilotného projektu Digital Twin a nástroja na plánovanie obehového hospodárstva pre elektrifikované vozové parky a infraštruktúru verejnej dopravy, ktorá začne v roku 2026, aby sa testovanie scenárov a zodpovednosť za kľúčové ukazovatele výkonnosti stali súčasťou investičných a vykazovacích postupov.

Tretím opatrením je ekologická efektívnosť depa, ktorá má tiež vysokú prioritu na roky 2026-2028. Zahŕňa to lepšie meranie spotreby, inteligentnú logiku nabíjania, riadenie špičkového zaťaženia a technické modernizácie.

Štvrtým opatrením je zavedenie fotovoltaiiky v depu v rokoch 2026 až 2029, s návrhom pripraveným na ukladanie energie a možným budúcim využitím batérií z druhého života, tam kde to bude možné.

Piate opatrenie sa týka cirkulárneho obstarávania a štruktúrovaných dohôd o spolupráci v rámci obstarávacích procesov, ktoré sa začnú už v roku 2026 a sú plánované ako priebežné opatrenie. Zahŕňa to riadenie životného cyklu batérií, technické špecifikácie pre opätovné použitie, ustanovenia o cirkulárnych verejných obstarávaníach a zlepšené zdieľanie údajov s mestskými poskytovateľmi a mestskými útvarmi.

Opatrenia sú navrhnuté ako postupný balík, a nie ako jediné veľké zavedenie, čo umožňuje Gdynia testovať, prispôbovať a škálovať investície. Odhady nákladov ešte nie sú podrobné, existuje však silný záväzok dvoch mestských prevádzkovateľov verejnej dopravy realizovať opatrenia podľa plánu a zabezpečiť financovanie z viacerých zdrojov. Plán definuje potreby v rádoých hodnotách: vysoké výdavky na elektrifikáciu linky 194, nízke až stredné výdavky na nástroj digitálneho dvojčata a cirkulárneho obchodného plánovania pre elektrifikované vozové parky verejnej dopravy a infraštruktúru, stredné výdavky na ekologickú efektívnosť depa, stredné až vysoké výdavky na infraštruktúru pripravenú na fotovoltaiku a skladovanie a hlavne organizačné úsilie na posilnenie cirkulárneho obstarávania.

3.3.4 Aspekty monitorovania a hodnotenia

Systém monitorovania je založený na kompaktnom súbore KPI prepojenom s nástrojom Circular na obchodné plánovanie pre elektrifikované vozové parky a infraštruktúru verejnej dopravy a, ak je to relevantné, s SUMP a podávaním správ o mestských uzloch ako súčasťou požiadaviek EÚ založených na revidovanom nariadení TEN-T o inteligentnej a udržateľnej mobilite (prijatom v roku 2025). Navrhované ukazovatele zahŕňajú podiel kilometrov najazdených vozidlami s nulovými emisiami, ročnú spotrebu elektrickej energie na kilometer najazdený vozidlom, priemernú kapacitu batérií v obstaraných vozidlách, podiel interne vyrobenej elektrickej energie, stav implementácie prioritných opatrení a podiel relevantných obstarávaní obsahujúcich ustanovenia o cirkulárnej ekonomike a životnom cykle.

Zber údajov sa plánuje štvrťročne a ich konsolidácia ročne. Prevádzkové údaje budú pochádzať z telematiky vozidiel, nabíjačiek v depách, meradiel energie a systémov cestovných poriadkov. Informácie o investíciách a obstarávaní budú pochádzať z projektových spisov a registrov zmlúv, zatiaľ čo údaje o ESG a správe a riadení budú čerpané z výkazníctva. PKA by mala viesť centrálny register KPI, pričom ZKM Gdynia (Úrad verejnej dopravy v Gdyni) a mestské oddelenia budú poskytovať dodatočné vstupy v prípadoch, keď sa ukazovatele prekrývajú s výkazníctvom na úrovni mesta.

Hodnotenie by malo kombinovať posúdenie procesu a výsledkov. Hodnotenie procesu overuje, či sú opatrenia spustené, financované, pridelené vlastníkom a zakomponované do obstarávania a prevádzky. Hodnotenie výsledkov porovnáva výsledky s referenčnou hodnotou na roky 2025/2026 a scenármi digitálneho dvojčata, najmä pokiaľ ide o spotrebu energie, dopyt po batériách, efektívnosť infraštruktúry, spoľahlivosť služieb, využitie finančných prostriedkov a účinky cirkulárnosti. Odporúča sa strednodobé preskúmanie v roku 2028 a komplexnejšie preskúmanie v roku 2030.

3.3.5 Zapojenie zainteresovaných strán do procesu prípravy a implementácie

Proces zapojenia zainteresovaných strán bol organizovaný okolo kľúčového vývojového tímu a širšej inštitucionálnej mapy. Kľúčový tím tvorili PKA Gdynia, Gdaňská univerzita a KRUCH Railways, ktoré pracovali na technickej dôkazovej báze, miestnej uplatniteľnosti a návrhu opatrení. Širšia mapa zainteresovaných strán zahŕňala samosprávu mesta Gdynia, ZKM Gdynia, PKT Gdynia a ďalších verejných poskytovateľov a mestské útvary zodpovedné za mobilitu, energetiku, obstarávanie a stratégiu.

Diskusie sa zamerali na otázky praktickej implementácie: výber koridorov, možnosti infraštruktúry, zodpovednosť za kľúčové ukazovatele výkonnosti (KPI), logiku financovania a prevádzkové obmedzenia. Od septembra 2023 prešiel proces fázami spoločného

vymedzenia problémov, testovania scenárov a vnútorného posúdenia. Do marca 2026 bol dokončený návrh akčného plánu, zmapovanie zainteresovaných strán a rámec kľúčových ukazovateľov výkonnosti (KPI).

Zapojenie zainteresovaných strán pomohlo posunúť akčný plán od technického projektu elektrifikácie smerom k rámcu riadenia a spolupráce. Ujasnilo sa, že cirkulárna elektromobilita závisí nielen od vozidiel a nabíjačiek, ale aj od spoločných noriem, výmeny údajov, pravidiel verejného obstarávania, prípravy financovania a koordinácie medzi PKA, samosprávou a ďalšími verejnými poskytovateľmi.

3.3.6 Hlavné závery z procesu vypracovania akčného plánu



HLAVNÉ ZÁVERY

Elektrifikácia musí zohľadňovať vplyv na infraštruktúru a životný cyklus: Proces v Gdyni ukázal, že elektrifikácia by nemala jednoducho nahradiť dieselové autobusy v pomere 1:1. Plánovanie by malo namiesto toho zohľadňovať nabíjacie infraštruktúru, prevádzkové potreby a dlhodobý výkon vozidiel.

Nabíjanie počas jazdy a príležitostné nabíjanie znižuje požiadavky na veľkosť batérie: Pilotný projekt CE4CE preukázal, že kombinácia nabíjania počas jazdy (IMC) s príležitostným nabíjaním môže drasticky znížiť potreby kapacity batérie. Na trase 141 klesla požadovaná veľkosť batérie z približne 700 kWh pri nočnom nabíjaní na približne 60 kWh.

Digitálne nástroje sú účinné len vtedy, ak sú integrované do rozhodovacieho procesu: Systémy Digital Twin a KPI vytvárajú hodnotu len vtedy, ak sa aktívne využívajú v riadiacich procesoch, obstarávaní, výročných správach a žiadostiach o financovanie. Spoľahlivé a kvalitné údaje sú preto kľúčové.

Cirkulárnosť si vyžaduje medziodielovú spoluprácu: Proces potvrdil, že cirkulárnosť nemôže riadiť jedno oddelenie. Prevádzka, technické tímy, obstarávanie, financie, strategické jednotky a mestskí partneri - všetci potrebujú zdieľanú zodpovednosť a silnú internú koordináciu.

Podpora vedenia je nevyhnutná pre dlhodobý pokrok: Aj technicky silné opatrenia môžu stratíť na sile bez jasnej zodpovednosti a viditeľnej podpory zo strany vedenia. Interná podpora je nevyhnutná na udržanie implementačných snáh:

Postupná implementácia znižuje riziko a podporuje učenie: Začatie s menšími opatreniami, ako je linka 194, opatrenia na zvýšenie ekologickej efektívnosti vozového parku a riadenie KPI, umožňuje Gdynia testovať prístupy, učiť sa zo skúseností a postupne rozširovať rozsah.

Obrázok 16. Hlavné závery z Gdyně

Proces v Gdyni ukázal, že úspešná elektrifikácia verejnej dopravy si vyžaduje viac než len nahradenie dieselových autobusov elektrickými. Pilotný projekt CE4CE, ktorý zostáva základom ich akčného plánu, zdôraznil dôležitosť integrácie plánovania infraštruktúry, uvažovania v rámci životného cyklu, digitálnych nástrojov na podporu rozhodovania a medziodborovej spolupráce do dlhobehj stratégie prechodu. Skúsenosti tiež ukázali, že postupná implementácia a jasné riadiace štruktúry sú nevyhnutné na efektívne rozširovanie elektromobility pri súčasnom predchádzaní zbytočnému využívaniu materiálov a energie.

Projekt v Gdyni ukázal, že budúca elektrifikácia by mala zohľadňovať infraštruktúru a celý životný cyklus vozidiel a nemala by sa zakladať len na postupnej výmene vozového parku. Pilotný projekt CE4CE preukázal, že nabíjanie za jazdy a príležitostné nabíjanie môžu výrazne znížiť potrebu batérií v porovnaní s konceptmi čisto nočného nabíjania. Napríklad na trase autobusovej linky č. 141 v e klesá potreba batérií z približne 700 kWh pri nočnom nabíjaní na približne 60 kWh pri nabíjaní za jazdy a príležitostnom nabíjaní.

Druhým záverom je, že digitálne nástroje vytvárajú hodnotu len vtedy, ak sú začlenené do rozhodovacieho procesu. Pracovný postup Digital Twin a KPI vyžaduje jasnú zodpovednosť, ročné podávanie správ a využitie v oblasti obstarávania a žiadostí o financovanie. Kvalita a správa údajov je preto rovnako dôležitá ako samotná technológia.

Proces tiež potvrdil, že cirkulárnosť nemôže spočívať len na jednom oddelení. Prevádzka, technické tímy, obstarávanie, financie, stratégia a mestskí partneri - všetci musia niesť spoločnú zodpovednosť. Podpora vnútorného vedenia je nevyhnutná, pretože aj technicky silné opatrenia môžu stratiť dynamiku bez viditeľnej zodpovednosti.

Nakoniec plán zdôrazňuje hodnotu postupnej implementácie. Začínajúc linkou 194, ekologickou efektívnosťou depa a riadením KPI, hodnotenie opatrení umožňuje Gdynia získať skúsenosti pred rozšírením. Súčasným obmedzením je, že plán stále vyžaduje konečné schválenie, potvrdenie financovania a formálne rozdelenie zodpovedností, než sa implementácia môže plne začať.

3.4. Akčný plán na zvýšenie hodnoty dodávateľského reťazca a optimalizáciu dodávok vozidiel prostredníctvom cirkulárneho obstarávania v Bergame, Taliansko



Obrázok 17. ATB Mobility Bergamo

3.4.1 Strategické pozadie a kontext vypracovania akčného plánu

Akčný plán ATB Mobility Bergamo bol vypracovaný v rámci viacúrovňového strategického rámca spájajúceho miestne, národné a európske politiky v oblasti mobility, klímy a cirkulárnej ekonomiky. Na miestnej úrovni je akčný plán v súlade s Plánom udržateľnej energetiky a klimatických opatrení (SECAP) mesta Bergamo, Zmluvou o klimatickom meste (CCC) a Plánom udržateľnej mestskej mobility (SUMP) mesta, čím sa zabezpečuje, že princípy cirkulárnej ekonomiky sa stanú integrálnou súčasťou dlhodobého plánovania dopravy, a nie samostatnou iniciatívou.

Na národnej úrovni je akčný plán podporený investičnými príležitosťami spojenými s talianskym plánom na obnovu a odolnosť (PNRR), najmä v oblasti modernizácie infraštruktúry, elektrifikácie a inovatívnych dopravných systémov, ako je eBRT. Na európskej úrovni akčný plán nadväzuje na projekt Interreg CE4CE a synergie s ďalšími projektmi, ako sú Interreg Euro-MED E-MED a Interreg Alpine Space Degree4Alps, ktoré podporujú testovanie a rozširovanie cirkulárnych riešení vo verejnej doprave.

Akčný plán reaguje na niekoľko kľúčových výziev identifikovaných spoločnosťou ATB Mobility:

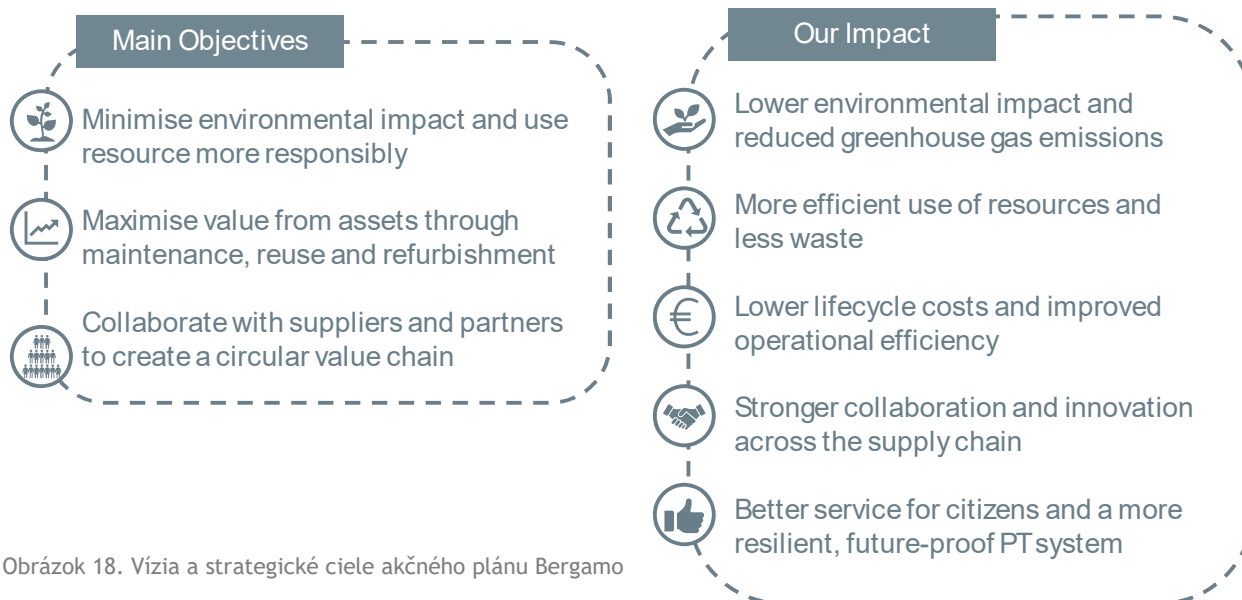
vysoká spotreba energie a materiálov počas prevádzky verejnej dopravy,

- obmedzené riadenie životného cyklu vozového parku a infraštruktúry,
- rastúce prevádzkové náklady a zvyšujúce sa regulačné požiadavky,
- potreba integrácie riešení v oblasti obnoviteľných zdrojov energie a skladovania,
- nedostatočná integrácia princípov cirkulárnosti do postupov obstarávania a údržby.

Celkovým cieľom je podporiť prechod spoločnosti ATB k udržateľnejšiemu, zdrojovo efektívnejšiemu a cirkulárnemu systému verejnej dopravy, ktorý bude schopný prinášať environmentálne a ekonomické prínosy pre metropolitnú oblasť Bergamo.

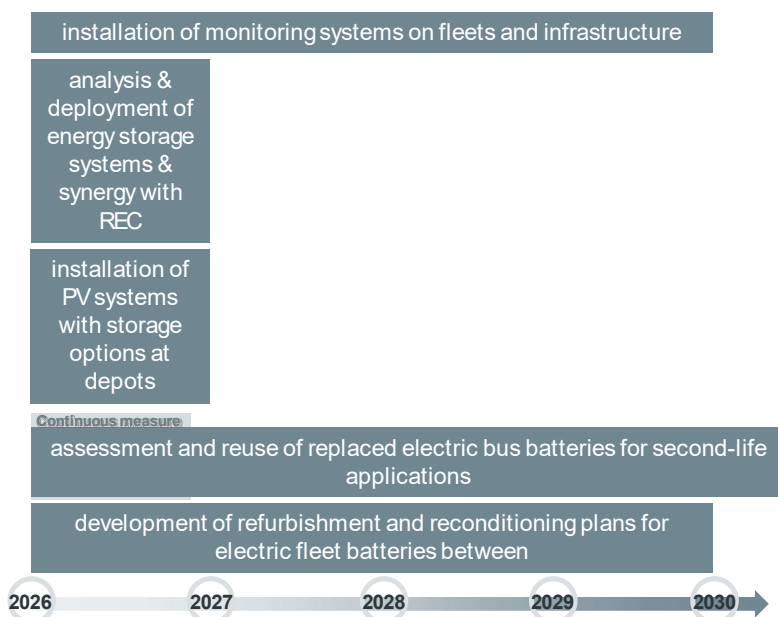
3.4.2 Vízia, ciele a zámery

Víziou akčného plánu je premeniť spoločnosť ATB na prevádzkovateľa verejnej dopravy fungujúceho na princípoch obehového hospodárstva prostredníctvom začlenenia týchto princípov do prevádzkových, infraštruktúrnych a strategických činností.



Obrázok 18. Vízia a strategické ciele akčného plánu Bergamo

3.4.3 Kľúčové opatrenia



Obrázok 19. Kľúčové opatrenia v Bergame Hlavné závery z Bergama

Akčný plán stanovuje súbor prevádzkových, energetických, údržbových a obstarávacích opatrení na podporu prechodu k cirkulárnej prevádzke verejnej dopravy:

Kľúčové opatrenia zahŕňajú:

- inštaláciu monitorovacích systémov vo vozovom parku a v infraštruktúre s cieľom optimalizovať spotrebu energie a prediktívnu údržbu do roku 2030,
- analýzu a zavedenie systémov skladovania energie a synergií s komunitami využívajúcimi obnoviteľné zdroje energie (REC) do roku 2027,

- inštalácia fotovoltaických systémov s možnosťou ukladania energie v depách do roku 2027
- posúdenie a opätovné použitie vymenených batérií z elektrických autobusov na účely druhého života od roku 2026,
- vypracovanie plánov opravy a repasovania batérií elektrického vozového parku v rokoch 2026-2030,
- príprava firemnej stratégie cirkulárnosti zahŕňajúcej prevádzkové činnosti a procesy riadenia,
- začlenenie princípov obehového obstarávania do postupov nákupu železničných vozidiel a dodávateľského reťazca.

Akčný plán tiež podporuje:

- prístupy prediktívnej údržby,
- optimalizáciu energetickej účinnosti,
- správu majetku zameranú na životný cyklus,
- integráciu výroby a skladovania energie z obnoviteľných zdrojov do dopravnej infraštruktúry.

3.4.4 Aspekty monitorovania a hodnotenia

Akčný plán stanovuje štruktúrovaný rámec monitorovania a hodnotenia, ktorý má slúžiť na sledovanie pokroku pri implementácii aj dlhodobých vplyvov opatrení v oblasti obehového hospodárstva v rámci ATB Mobility. Systém monitorovania je postavený na troch vzájomne sa dopĺňajúcich rozmeroch: implementácii fyzických opatrení, rozvoji strategických a organizačných výstupov a integrácii postupov obehového obstarávania.

Monitorovanie fyzických opatrení sa zameriava na prevádzkové aspekty, ako je podiel monitorovanej flotily a infraštruktúry, inštalovaná kapacita energie z obnoviteľných zdrojov, nasadenie systémov ukladania energie a počet aktív spravovaných prostredníctvom prediktívnej údržby. Súbežne sa strategické ukazovatele používajú na posúdenie vývoja a implementácie plánov, stratégií a pilotných akcií súvisiacich s cirkulárnosťou, ako aj úrovne integrácie cirkulárnych princípov do procesov spoločnosti a riadiacich štruktúr. Monitorovanie v oblasti obstarávania hodnotí postupné začleňovanie kritérií cirkulárnosti do nákupných postupov, vrátane podielu a hodnoty obstarávacích procesov, ktoré uplatňujú požiadavky týkajúce sa životného cyklu a udržateľnosti.

Akčný plán tiež predpokladá širšie monitorovanie vplyvu súvisiaceho s výrobou energie z obnoviteľných zdrojov a vlastnou spotrebou, predĺžením životnosti aktív, úsporami na údržbe, znížením nákladov životného cyklu a odloženými kapitálovými investíciami.

Spôsob hodnotenia kombinuje automatizovaný zber prevádzkových údajov so štruktúrovanými internými procesmi podávania správ. Zdroje údajov zahŕňajú systémy riadenia vozového parku, databázy údržby, systémy riadenia energie, záznamy o obstarávaní a projektovú dokumentáciu. Prevádzkové ukazovatele sa majú prehodnocovať štvrťročne, zatiaľ čo strategické a finančné ukazovatele sa posudzujú v dlhších intervaloch s cieľom podporiť strednodobé a dlhodobé rozhodovanie.

3.4.5 Zapojenie zainteresovaných strán do procesu prípravy a implementácie

Zapojenie zainteresovaných strán zohrávalo kľúčovú úlohu počas celého procesu vypracovania akčného plánu a bolo integrované ako priebežný proces, nie ako jednorazová konzultácia. Počiatočné aktivity sa zameriavali na zapojenie dodávateľov a technických zainteresovaných strán prostredníctvom workshopov, prieskumov a diskusií o prístupoch k obehovému obstarávaniu a kritériách ekologického obstarávania na úrovni EÚ aj na národnej úrovni. Táto výmena názorov pomohla identifikovať praktické príležitosti a prekážky súvisiace s obehovými dodávateľskými reťazcami a postupmi obstarávania. Prípravný proces zahŕňal rozsiahlu internú koordináciu v rámci spoločnosti ATB Mobility a jej dcérskych spoločností, vrátane TEB a ATB Servizi, čím sa zabezpečilo, že do definície opatrení boli zahrnuté prevádzkové, technické a strategické pohľady. Na vonkajšej úrovni zohralo kľúčovú úlohu mesto Bergamo ako akcionár aj inštitucionálny partner, ktoré podporilo zosúladienie akčného plánu so širšími cieľmi v oblasti mestskej mobility, klímy a udržateľnosti. Proces zapojenia zainteresovaných strán tiež ťažil z výmeny poznatkov v rámci európskych projektov spolupráce a medzinárodných sietí odborníkov. Najmä spolupráca v rámci projektov, ako sú Interreg Alpine Space Degree4Alps a Interreg Euro-MED E-MED, podporila posúdenie možnosti projekt škálovať a preniesť, a taktiež podporila posúdenie inovačného potenciálu navrhovaných opatrení. Pokiaľ ide o implementáciu, očakáva sa, že spoločnosť ATB Mobility bude koordinovať celkový proces realizácie a monitorovania, zatiaľ čo dcérske spoločnosti, technickí partneri a externé zainteresované strany prispievajú k prevádzkovej implementácii, poskytovaniu údajov, technickej expertíze a hodnotiacim činnostiam.

3.4.6 Hlavné závery z procesu vypracovania akčného plánu



HLAVNÉ ZÁVERY

Holistický a strategicky zosúladiený prístup: Integrácia cirkulárnosti do systémov verejnej dopravy funguje najlepšie, ak sa rieši naprieč oddeleniami a je zosúladiená so širšími stratégiami mobility a klímy, najmä s Plánom udržateľnej mestskej mobility (SUMP).

Vnútoraná koordinácia: Včasná a nepretržitá spolupráca v rámci organizácie pomáha zabezpečiť, aby navrhované opatrenia boli realizovateľné, praktické a podporované tímami zodpovednými za ich implementáciu.

Externá angažovanosť: Spolupráca s externými zainteresovanými stranami pomáha prepojiť opatrenia v oblasti cirkulárnosti so širšími politickými cieľmi, prioritami financovania a regulačnými očakávaniami.

Pilotné akcie podporujú informované rozhodovanie: Pilotné projekty sú cenné pre testovanie inovatívnych riešení, identifikáciu výziev a získavanie skúseností pred rozšírením projektu.

Flexibilita pri riadení neistoty: Plánovanie cirkulárnosti musí zostať prispôsobivé meniacim sa podmienkam v oblasti financovania, technológií a regulácie.

Údaje a monitorovanie pre plánovanie založené na dôkazoch: Spoľahlivé údaje a monitorovacie systémy sú nevyhnutné na sledovanie pokroku, hodnotenie výsledkov a podporu lepších strategických rozhodnutí.

Obrázok 20. Hlavné závery z Bergama

Proces vývoja ukázal, že princípy obehového hospodárstva je možné systematicky začleniť do plánovania a prevádzky verejnej dopravy prostredníctvom kombinácie technických, organizačných a riadiacich opatrení.

Tento proces tiež potvrdil dôležitosť začlenenia obehového obstarávania, prediktívnej údržby, systémov obnoviteľnej energie a riadenia životného cyklu do dlhodobého plánovania verejnej dopravy. Celkovo akčný plán poskytuje praktický rámec na podporu prechodu ATB k udržateľnejšiemu, odolnejšiemu a obehovému systému verejnej dopravy

4. Získané skúsenosti a odporúčania

Vypracovanie stratégií a akčných plánov CE4CE ukázalo, že zásady obehového hospodárstva môžu pomôcť orgánom verejnej dopravy a prevádzkovateľom prejsť od izolovaných opatrení v oblasti obehového hospodárstva k systémovým prístupom založeným na životnom cykle. Stratégie zdôraznili dôležitosť znižovania množstva odpadu, optimalizácie zdrojov a vytvárania dlhodobej hodnoty v energetických systémoch, v infraštruktúre a vo vozovom parku..

4.1. Získané skúsenosti z procesu vypracovania stratégií a akčných plánov

Jedným z hlavných získaných poznatkov je, že cirkulárnosť vyžaduje perspektívu životného cyklu v rámci plánovania, prevádzky, údržby a nakladania s odpadom na konci životnosti. Tento dokument zdôrazňuje, že samotné recyklovanie je nedostatočné, ak sa uplatňuje len na konci životného cyklu, a že hodnota sa namiesto toho musí zachovať a regenerovať počas celej životnosti aktív prostredníctvom znižovania dopytu po materiáloch, predlžovania životnosti týchto aktív, opätovného použitia, oprava recyklovania.

Ďalší dôležitý poznatok sa týka úlohy digitalizácie a správy údajov. Stratégie identifikujú digitalizáciu ako kľúčovú podmienku pre cirkulárnosť, vrátane využívania systémov riadenia energie, monitorovania v reálnom čase, analýzy údajov, digitálnych modelov a simulácií na podporu plánovania, údržby a optimalizácie prevádzky.

Akčné plány a stratégie CE4CE tiež poukázali na dôležitosť spolupráce medzi zainteresovanými stranami. Implementácia obehového hospodárstva závisí od spolupráce medzi orgánmi verejnej dopravy, prevádzkovateľmi verejnej dopravy, samosprávami, dodávateľmi, výskumnými inštitúciami, dodávateľmi energie a ďalšími aktérmi v rámci hodnotového reťazca. Stratégie opakovane zdôrazňujú koordináciu, výmenu poznatkov a zapojenie zainteresovaných strán ako dôležité podmienky pre implementáciu.

Ďalším získaným poznatkom je, že predĺženie životnosti aktív predstavuje dôležitú príležitosť na zníženie spotreby zdrojov a zachovanie vlozenej hodnoty. Stratégie zdôrazňujú preventívnu a prediktívnu údržbu, opravy, použitia v druhom živote a opätovné použitie komponentov a materiálov infraštruktúry ako dôležité prístupy k dosiahnutiu cieľov obehového hospodárstva.

Tieto stratégie zároveň zdôrazňujú dôležitosť začlenenia princípov obehového hospodárstva do procesov verejného obstarávania a riadenia. Poukazujú na to, že postupy verejného obstarávania, zmluvy a požiadavky na výkonnosť môžu ovplyvňovať správanie dodávateľov a podporovať inovácie v rámci celého hodnotového reťazca.

Nakoniec stratégie a akčné plány ukázali, že pilotné aktivity a praktické experimentovanie sú dôležité na zníženie rizík implementácie, testovanie inovatívnych riešení a podporu replikácie v iných kontextoch verejnej dopravy.

4.2. Odporúčania na implementáciu opatrení

V stratégiách a akčných plánoch CE4CE boli identifikované nasledujúce kľúčové aspekty ako dôležité odporúčania a podmienky podporujúce implementáciu prístupov obehového hospodárstva v systémoch verejnej dopravy.

Strategické a plánovacie aspekty

- Uplatňovať prístup zohľadňujúci celý životný cyklus v oblasti plánovania, prevádzky, údržby a nakladania s odpadom na konci životnosti.

- Začleniť ciele obehového hospodárstva do stratégií v oblasti dopravy, energetiky a udržateľnosti.
- Zosúladiť miestnu implementáciu s európskymi a národnými cieľmi v oblasti obehového hospodárstva a klímy.
- Používať nástroje, ako je posudzovanie životného cyklu (LCA), výpočet nákladov životného cyklu (LCC) a digitálne modely na podporu rozhodovania.

Digitalizácia a monitorovanie

- Zaviesť systémy riadenia energie na monitorovanie a optimalizáciu tokov energie.
- Používať monitorovanie v reálnom čase a analýzy údajov na zlepšenie energetickej efektívnosti a odhaľovanie strát.
- Používať digitálne nástroje na monitorovanie výkonu a opotrebovania batérií.
- Vytvoriť digitálne modely a simulácie na podporu plánovania nabíjacej infraštruktúry, skladovania energie a integrácie obnoviteľných zdrojov.
- Integrovat' energetické údaje do širších systémov riadenia vozového parku a prevádzky.

Správa a spolupráca so zainteresovanými stranami

- Nadviazať dlhodobé partnerstvá s dodávateľmi energií, prevádzkovateľmi distribučných sietí a ďalšími zainteresovanými stranami.
- Definovať jasné úlohy a zodpovednosti v oblasti riadenia energie a majetku.
- Podporovať spoluprácu medzi orgánmi verejnej dopravy, prevádzkovateľmi, dodávateľmi a výskumnými inštitúciami.
- Podporovať účasť na iniciatívach v sektore a platformách na výmenu poznatkov.
- Zabezpečiť zapojenie zainteresovaných strán počas prípravných a implementačných procesov.

Technické a prevádzkové aspekty

- Uprednostňovať preventívny a prediktívny prístup k údržbe.
- Podporovať opätovné použitie, renováciu a aplikácie druhého života pre infraštruktúru a koľajové vozidlá.
- Zavádzať systémy rekuperatívneho brzdzenia a rekuperácie energie podľa potreby.
- Zavádzať technológie, ktoré používajú obnoviteľné zdroje energie a systémy ukladania energie.
- Vo vhodných prípadoch využívať vyspelé a efektívne riešenia v oblasti dodávok energie.

Finančné a organizačné aspekty

- Podporovať prístup k finančným prostriedkom a finančným nástrojom na investície do obnoviteľných zdrojov energie a skladovania energie.
- Podporovať budovanie kapacít v rámci orgánov verejnej dopravy a prevádzkovateľov.
- Využívanie pilotných aktivít ako prostredie na získavanie skúseností, ktoré podporuje replikáciu a implementáciu.
- Monitorovať výsledky v oblasti energetickej výkonnosti a cirkulárnosti pomocou definovaných ukazovateľov a rámcov.

5. Závěry

Stratégie a akčné plány CE4CE preukazujú, ako môžu princípy obehového hospodárstva podporiť systémy verejnej dopravy, ktoré sú efektívnejšie z hľadiska využívania zdrojov a tým aj udržateľnejšie. Tento dokument preukazuje, že uplatňovaním rámca AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE) v energetických systémoch, infraštruktúre a vozovom parku, podporuje prístup založený na životnom cykle, zameraný na znižovanie množstva odpadu, zachovanie hodnoty a optimalizáciu využívania zdrojov.

Stratégie ukazujú, že cirkulárnosť vo verejnej doprave závisí od kombinácie technických, organizačných a riadiacich prístupov. Digitalizácia, spolupráca zainteresovaných strán, inovácie, postupy verejného obstarávania a dlhodobé plánovanie sú prezentované ako dôležité podmienky, ktoré podporujú implementáciu a škálovateľnosť cirkulárnych riešení.

Akčné plány CE4CE tiež zdôrazňujú význam pilotných projektov, experimentovania a výmeny poznatkov na podporu implementácie, rozšírenia a prenositeľnosti projektov. Prostredníctvom praktického testovania a spolupráce medzi zainteresovanými stranami, na základe pevných strategických podkladov, vypracovali partneri projektu akčné plány, ktoré prispievajú k odstraňovaniu prekážok a podporujú prechod k systémom verejnej dopravy založeným na cirkulárnej ekonomike v ich miestnom a regionálnom kontexte.

Do budúcnosti poskytujú tieto stratégie základ pre ďalší rozvoj postupov cirkulárnej ekonomiky vo verejnej doprave. Pokračujúca spolupráca, budovanie kapacít, digitalizácia a integrácia princíпов cirkulárnej ekonomiky do procesov plánovania a obstarávania zostanú dôležité pre podporu dlhobodej implementácie a zosúladenia s európskymi cieľmi v oblasti udržateľnosti.

Pre viac informácií o stratégiách a akčných plánoch, ako aj o pilotných projektoch a riešeniach vyvinutých v rámci CE4CE, vás pozývame navštíviť webovú stránku projektu: <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>

6. Referencie

Výstupy projektu CE4CE uverejnené na webovej stránke projektu

- Výstup D.2.1.1 Správa o spoločnom vývoji stratégie obehového hospodárstva na lepšie využitie energie z odpadu a obnoviteľných zdrojov energie v prevádzke verejnej dopravy
- Výstup D.2.2.1 Správa o spoločnom vývoji cirkulárnej stratégie na zachovanie hodnoty a zníženie odpadu v infraštruktúre
- Výstup D.2.3.1 Správa o spoločnom vývoji cirkulárnej stratégie na zachovanie hodnoty a zníženie odpadu z vozidiel verejnej dopravy/koľajových vozidiel
- Výstup D.2.1.2 Akčný plán Maribor, Slovinsko
- Výstup D.2.2.2 - časť 1 Akčný plán dopravného podniku v Lipsku, Nemecko
- Výstup D.2.2.2 - časť 2 Akčný plán Gdynia, Poľsko
- Výstup D.2.3.2 Akčný plán ATB Mobility, Bergamo, Taliansko

Strategický a regulačný rámec

- Nariadenie o infraštruktúre pre alternatívne palivá (AFIR): https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-sustainable-mobility-europe/alternative-fuels-infrastructure_en

- Nariadenie o batériách: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj/eng>
- Akčný plán Bergama pre udržateľnú energetiku a klímu: <https://www.terraria.com/en/case-studies/secap-of-the-municipality-of-bergamo/>
- Akčný plán pre obehové hospodárstvo: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en?prefLang=de
- Smernica o čistých vozidlách: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1161/oj/eng>
- Smernica o energetickej účinnosti: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en
- Európska zelená dohoda: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF
- Interreg Alpine Space Degree4Alps: <https://www.alpine-space.eu/project/degree4alps/>
- Interreg Euro-MED: <https://interreg-euro-med.eu/en/>
- Taliansky plán obnovy a odolnosti (PNRR): https://reforms-investments.ec.europa.eu/recovery-and-resilience-facility-1/country-pages/italys-recovery-and-resilience-plan_en
- Poľský zákon o elektromobilite a alternatívnych palivách: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20180000317>
- Smernica o obnoviteľných zdrojoch energie: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
- Revidované nariadenie o TENT: https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/revisted-ten-t-regulation-adopted-sustainable-and-resilient-transport-network-bringing-europe-closer-2024-06-25_en
- Slovinský ekologický fond: <https://www.ekosklad.si/english>
- Inteligentné mesto: Smart City Lab Leipzig - Mesto Lipsko
- Stratégia rozvoja mesta Gdynia 2030 : strategia rozwoju miasta gdyni 2030_folder.pdf
- SUMP Bergamo: <https://www.trt.it/en/progetti/sump-of-bergamo/>
- SUMP Gdynia: <https://www.climatehub.si/en/sustainable-mobility-good-practice-1/>
- SUMP Maribor: OCPS-MOM-brosura-05.pdf
- SUMP pre BSR: <https://interreg-baltic.eu/project/sumpsforbsr/>
- Stratégia prechodu na cirkulárnu ekonomiku mesta Maribor na roky 2024-2030: https://circularcitiesdeclaration.eu/fileadmin/user_upload/Materials/SKG_MOM_2024%E2%80%932030__1_.pdf
- Klimatická mestská zmluva Bergamo: <https://netzerocities.app/resource-4432>
- Platforma mestských údajov: Vitajte - Connected Urban Twins

Podpora aktérov a odborníkov

- CEMIT - Centrum pre monitorovanie, informačné technológie a dopravné systémy: <https://cemit.com/>
- CI4RAIL - Condition Intelligence for Rail: <https://www.ci4rail.com/>
- IFTEC GmbH & Co. KG: <https://www.iftec.de/index.html>
- ZENIT GmbH - Centrum pre inovácie a techniku v Severnom Porýní-Vestfálsku: <https://www.zenit.de/english/>

- PKT Gdynia - Prevádzkovateľ trolejbusovej dopravy v Gdyni: <https://pktgdynia.pl/en/firm/>
- ZKM Gdynia - Správa verejnej dopravy v Gdyni: <https://zkmgdynia.pl/>
- ICLEI Europe - Miestne samosprávy za udržateľnosť: <https://iclei-europe.org/>
- UITP - Medzinárodná asociácia verejnej dopravy: <https://www.uitp.org/>
- EIT Urban Mobility - Hub East: <https://www.eiturbanmobility.eu/>
- PantoHealth - PANTOhealth: <https://pantohealth.com/>
- Marprom - Marprom Public Transport Enterprise Maribor: <https://www.marprom.si/>
- Public Holdings Maribor - Javni holding Maribor: <https://www.jhmb.si/>
- Energetická agentúra / ENERGAP - Energetická a klimatická agentúra Podravje / Energetsko podnebna agencija za Podravje: <https://www.energap.si/homepage>
- Elektro Maribor d.d.: <https://elektro-maribor.si/>
- RRA Podravje-Maribor - Agentúra pre regionálny rozvoj Podravje-Maribor: <https://rra-podravje.si/>
- Smart City Lab Leipzig - Mesto Lipsko: <https://www.leipzig.de/leipzig-strategie/digitale-stadt/smart-city-lab-leipzig>
- Connected Urban Twins - Connected Urban Twins / Iniciatíva pre mestskú dátovú platformu: <https://www.connectedurbantwins.de/>
- MR.pro® - MR.pro® Infra Data Management Software: <https://www.mr-pro.de/en/indexEN.php>
- ZEDAS - ZEDAS GmbH / zedas@asset: <https://www.zedas.com/en/>
- TEB - Tramvie Elettriche Bergamasche: <https://www.teb.bergamo.it/en>
- NetZeroCities - platforma Climate City Contract: <https://netzerocities.app/>



Scan me for the
project website

Copyright: Szeged Transport Company

The CE4CE project (Public Transport Infrastructure in Central Europe - facilitate transitioning to circular economy) empowers circular economy system thinking for public transport actors in Central Europe to reduce waste and create value along new life cycles of infrastructure and rolling stock.

CONTACT US

Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH/ Leipzig Public Transport Company

Project coordinator: Mr. Stefan Röll

Email: CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de

Project website: <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/interreg-ce4ce/>

YouTube: <https://www.youtube.com/@InterregCE4CE>

Project knowledge platform: <https://circularity4publictransport.eu/>

