

ROZVOJ CIRKULÁRNÍ VĚŘEJNÉ DOPRAVY

Pilotní zkušenosti a řešení v oblasti
oběhového hospodářství pro
provozovatele veřejné dopravy



Interreg
CENTRAL EUROPE



Co-funded by
the European Union

CE4CE

Impressum

Projekt

CE0100250 CE4CE - Infrastruktura veřejné dopravy ve střední Evropě - usnadnění přechodu na oběhové hospodářství

Kontakt

Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH/ Leipzig Public Transport Company,

Adresa: Georgiring 3, 04103 Lipsko, Německo

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

E-mail: CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de

Financováno z

Programu Interreg Central Europe

Web: <https://www.interreg-central.eu/>

Autoři

Danijel Hojski, Marjan Lep, Vlasta Rodošek (University of Maribor, Slovinsko)

Příspěvatelé

Stefan Röhl, Conrad Jentzsch (Leipzig Public Transport Company, Německo), Jan Röhl (Kruch Railways, Rakousko), Liliana Donato, Sara Biffi (ATB Bergamo, Itálie), Gabriele Grea (Redmint Impresa Sociale srl, Itálie), Dominika Kowalkowska (PKA Gdynia, Polsko), Agnieszka Szmelter-Jarosz, Marcin Wolek (Univerzita v Gdaňsku, Polsko), Németh Zoltán Ádám, Gábor Jéga-Szabó (SZKT Szeged, Maďarsko), Mitja Klemencic (město Maribor), Alexandra Scharzenberger, Marta Woronowicz (sdružení trolley:motion, Rakousko), Laura López, Ana-Maria Baston (Rupprecht Consult, Německo), Nikolett Csörgő (Mobilissimus Kft, Maďarsko)

Grafická úprava a design

Danaja Dvornik (@_studio_kai_)

Datum vydání

duben 2026

Autorská práva

Tato publikace podléhá autorským právům konsorcia projektu CE4CE vedeného společností Leipzig Public Transport Company.

Veškeré obrázky a textové prvky v této publikaci, u nichž je uveden zdroj, jsou majetkem organizací nebo jednotlivců uvedených jako autoři či vlastníci.

O projektu CE4CE

Projekt CE4CE podporuje systémové uvažování v oblasti oběhového hospodářství u aktérů veřejné dopravy ze zemí střední Evropy s cílem snížit množství odpadu a vytvářet hodnotu v rámci nových životních cyklů infrastruktury a kolejových vozidel. Za tímto účelem CE4CE společně vyvíjí řešení, která zvyšují znalosti a kapacity v tomto odvětví, pomáhají snižovat překážky a náklady a iniciují rozvoj nových služeb a kvalifikovaných pracovních míst, jakož i strategií a akčních plánů, které zlepšují tvorbu politik, učení a výměnu zkušeností na regionální a nadnárodní úrovni.

Cílem projektu CE4CE je zavést principy oběhového hospodářství do sektoru veřejné dopravy, a tím snížit množství odpadu, zvýšit efektivitu v tomto odvětví a zlepšit ekologickou stopu veřejné dopravy.



Obrázek 1: Partneři projektu CE4CE během společné diskuse o řešeních a akčních plánech v roce 2025. Zdroj: Konsorcium CE4CE.

Obsah

1. Úvod	6
2. Struktura pilotních projektů a řešení CE4CE	6
2.1. Propojení aktivit CE4CE s rámcem životního cyklu AETE	7
3. Pilotní projekty a řešení CE4CE	10
3.1. Aktivita A.1: Vývoj CE4CE Circularity Compass a znalostní platformy pro veřejnou dopravu	11
3.1.1. Pilot P.1: Circularity Compass pro veřejnou dopravu	11
3.1.2. Řešení S.1: Znalostní platforma pro cirkulární veřejnou dopravu	13
3.1.3. Řešení S.2: Online trh s použitými komponenty a nástroj pro zprostředkování kontaktů	15
3.2. Aktivita A.2: Vývoj společných digitálních řešení umožňujících a urychlujících cirkularitu ve veřejné dopravě	16
3.2.1. Pilot P.2: Digitální optimalizace infrastruktury a vozidel prostřednictvím prediktivní údržby (Lipsko, Německo)	16
3.2.2. Pilot P.2: Digitální optimalizace infrastruktury a vozidel prostřednictvím prediktivní údržby (Bergamo, Itálie)	18
3.2.3. Řešení S.3: Moduly pro prediktivní údržbu infrastruktury a kolejových vozidel	20
3.2.4. Pilot P.4: Simulace elektrifikovaných koridorů veřejné dopravy a energetických toků (Gdyně, Polsko)	22
3.2.5. Řešení S.4: Nástroj pro cirkulární obchodní plánování elektrifikovaných vozových parků a infrastruktury veřejné dopravy	24
3.3. Aktivita A.3: Vývoj řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu v infrastruktuře veřejné dopravy	25
3.3.1. Pilot P.5: Opětovné použití trolejbusových výhybek (Szeged, Maďarsko)	25
3.3.2. Řešení S.5: Definice kritérií pro zavádění opětovného použití trolejbusových výhybek	27
3.3.3. Pilot P.6: Druhotné využití trakčních baterií jako stacionárního úložiště energie pro rychlé nabíjení napájené z obnovitelných zdrojů (Maribor, Slovinsko)	27
3.3.4. Řešení S.6: Přenositelné obchodní modely pro druhotné využití trakčních baterií	29
3.4. Aktivita A.4: Usnadnění zavádění řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu u vozidel a kolejových vozidel	30
Pilot P.7: Repasování a přepracování konstrukce řídicích jednotek tramvají za účelem umožnění opětovného použití komponent (Szeged, Maďarsko)	30
4. Získané poznatky	33
5. Kontrolní seznam implementace a klíčové aspekty	35
5.1. Klíčové aspekty úspěšné implementace	35
5.2. Kontrolní seznam implementace	35
5.3. Běžná rizika a opatření ke zmírnění	37
5.4. Závěry a perspektivy	37
6. Reference	38

Seznam zkratk

Zkratka	Definice
AETE	Avoid - Extend - Transform - Enable - Vyhnout se - Rozšířit - Transformovat - Umožnit
BESS	Battery Energy Storage System - Systém akumulace energie v bateriích
CAN-BUS	Controller Area Network Bus - Sběrnice Controller Area Network
CE4CE	Circular Economy for Central Europe - Oběhové hospodářství pro střední Evropu
DC	Direct Current - Stejnoseměrný proud
EFS	Energy Flow Simulation - Simulace toku energie
GNSS	Global Navigation Satellite System - Globální navigační satelitní systém
IMC	In-Motion Charging - Nabíjení za jízdy
KPI	Key Performance Indicator - Klíčový ukazatel výkonnosti
PV	Photovoltaic - Fotovoltika
RES	Renewable Energy Sources - Obnovitelné zdroje energie

Seznam zkratk partnerů

Zkratka	Definice
LVB	Leipziger Verkehrsbetriebe, Německo
KRUCH	KRUCH Railway Innovations, Rakousko
TM	trolley:motion, Rakousko
ATB	Azienda Trasporti Bergamo, Itálie
REDMINT	Redmint Impresa Sociale, Itálie
SZKT	Szeged Transport Company, Maďarsko
MOBILISSIMUS	Mobilissimus, Maďarsko
PKA	Public Transport Bus Operator in Gdynia, Polsko
MOM	Municipality of Maribor, Slovinsko
UG	University of Gdańsk, Polsko
UM	University of Maribor, Slovinsko
RUPPRECHT	Rupprecht Consult (consultant to LVB), Německo

Shrnutí

Projekt CE4CE podporuje přechod k postupům oběhového hospodářství v systémech veřejné dopravy ve střední Evropě tím, že převádí principy oběhového hospodářství do praktických pilotních aktivit a přenositelných řešení zaměřených na životní cykly infrastruktury a kolejových vozidel. Prostřednictvím experimentování v reálných podmínkách a vývoje řešení přispívá CE4CE ke snižování množství odpadu, zachování hodnoty a vytváření nových cirkulárních hodnotových řetězců ve veřejné dopravě.

V rámci projektu orgány veřejné dopravy, dopravci a další zúčastněné strany společně vyvíjeli a testovali pilotní aktivity a řešení, která zvyšují znalosti a kapacity v odvětví, pomáhají snižovat překážky a náklady spojené s realizací a umožňují rozvoj nových služeb, dovedností a cirkulárních obchodních modelů. Zaměřením na konkrétní aplikace v reálných provozních podmínkách podporuje CE4CE efektivnější využívání zdrojů, snižování dopadů na životní prostředí a dlouhodobou udržitelnost systémů veřejné dopravy.

Pilotní projekty a řešení představené v této příručce vycházejí z procesů spoluvytváření, pilotního testování a vzájemného hodnocení. Ukazují cirkulární postupy, jako je prodlužování životnosti, opětovné použití, změna účelu využití a repasování prostředků, a také podpůrné mechanismy včetně digitálních nástrojů, platform a obchodních modelů, které podporují jejich zavádění napříč sektorem veřejné dopravy.

Projekt CE4CE byl realizován nadnárodním partnerstvím, které odráží pohled na celý hodnotový řetězec a systém jako celek a zahrnuje orgány veřejné dopravy a dopravce, obce, průmyslové podniky a výzkumné organizace ze šesti střeoevropských zemí. Zapojení přidružených partnerů a mezinárodních sítí dále podpořilo komunikaci, výměnu znalostí a širší přenos výsledků projektu.

Tato příručka dokumentuje a šíří klíčové pilotní aktivity a řešení vyvinuté v rámci projektu CE4CE a poskytuje praktické poznatky a doporučení pro zúčastněné strany, které chtějí uplatňovat principy oběhového hospodářství v kontextu veřejné dopravy.

Příručka je strukturována následovně:

Kapitola 2

představuje koncepční a metodický rámec přístupu CE4CE, včetně modelu AETE a jeho významu pro zavádění oběhového hospodářství ve veřejné dopravě.

Kapitola 3

představuje pilotní aktivity CE4CE spolu s odpovídajícími řešeními a zdůrazňuje, jak byly praktické zkušenosti převedeny do přenositelných výstupů zaměřených na jejich zavádění.

Kapitola 4

shrnuje klíčové poznatky získané napříč všemi pilotními projekty a řešeními a identifikuje společné faktory úspěchu, výzvy a důsledky pro replikaci.

Kapitola 5

poskytuje pokyny k implementaci, včetně praktických kroků, klíčových aspektů a rizikových faktorů při zavádění řešení CE4CE, a uzavírá se výhledem na budoucí aplikace a škálovatelnost.



Obrázek 2: Konsorcium CE4CE na závěrečném setkání projektu v Mariboru, březen 2026. Autorská práva: University of Maribor.

1. Úvod

Hlavní cíl projektu CE4CE

Hlavním cílem projektu CE4CE je umožnit orgánům veřejné dopravy a dopravcům přejít od lineárních přístupů ke správě majetku k cirkulárním modelům orientovaným na životní cyklus. Řešením technických, organizačních a tržních překážek podporuje CE4CE zachování hodnoty, snižování množství odpadu a efektivnější využívání zdrojů napříč infrastrukturou veřejné dopravy, vozidly a souvisejícími prostředky.

Za tímto účelem CE4CE kombinuje realizaci pilotních projektů s vývojem řešení zaměřených na jejich zavádění, která lze přenášet a přizpůsobovat i mimo projektové partnerství.

Projektové partnerství

CE4CE je realizován nadnárodním partnerstvím, které sdružuje orgány veřejné dopravy a dopravce, obce, výzkumné instituce a poskytovatele řešení z několika středoevropských zemí. Tato rozmanitost umožňuje testovat a rozvíjet přístupy oběhového hospodářství v

různých provozních, organizačních a regulačních kontextech a zároveň podporuje vzájemné učení a výměnu zkušeností mezi regiony.

Rozsah této příručky

Cílem této příručky je zdokumentovat, strukturovat a představit pilotní aktivity a řešení vyvinuté v rámci projektu CE4CE. Zaměřuje se na to, jak byly principy oběhového hospodářství testovány v praxi a jak mohou výsledná řešení podpořit jejich zavádění v organizacích veřejné dopravy.

Příručka je určena jako praktický referenční dokument pro orgány veřejné dopravy, dopravce, tvůrce politik a další zúčastněné strany, které mají zájem o zavádění přístupů oběhového hospodářství. Poskytuje strukturované popisy pilotních projektů a řešení, zdůrazňuje získané poznatky a podporuje přenositelnost a replikaci v jiných kontextech.

2. Struktura pilotních projektů a řešení CE4CE

V rámci projektu CE4CE jsou pilotní aktivity a řešení uspořádány a prezentovány podle **tří tematických skupin aktivit** definovaných v rámci projektu. Tyto skupiny aktivit odrážejí odlišné oblasti výzev oběhového hospodářství ve veřejné dopravě a poskytují společný rámec, v němž byly výstupy projektu vyvinuty.

Každá skupina aktivit zahrnuje **pilotní aktivity i odpovídající řešení**. Pilotní aktivity jsou realizovány jako praktické zásahy v reálných provozních podmínkách a slouží k testování přístupů, získávání empirických poznatků a identifikaci technických, organizačních a tržních výzev. Na základě zkušeností, výsledků a poznatků získaných prostřednictvím realizace pilotních projektů a společných vývojových procesů je **každý pilotní projekt přímo propojen s jedním odpovídajícím řešením**, které shrnuje zjištění z pilotního projektu do přenositelného výstupu zaměřeného na zavádění do praxe.

Čtyři tematické oblasti zahrnuté v této příručce jsou:

- **A.1: Vývoj CE4CE Circularity Compass a znalostní platformy pro veřejnou dopravu**, včetně strukturovaného rámce pro hodnocení cirkularity, webové znalostní platformy a online trhu s použitým zbožím a nástroje pro zprostředkování kontaktů podporujícího spolupráci a sdílení informací mezi aktéry v celém životním cyklu veřejné dopravy.

- **A.2: Vývoj společných digitálních řešení umožňujících a urychlujících cirkularitu ve veřejné dopravě**, včetně společného analytického rámce a pilotních projektů zaměřených na prediktivní údržbu a simulaci e-koridoru.

- **A.3: Vývoj řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu v infrastruktuře veřejné dopravy**, zaměřených na opětovné využití komponent infrastruktury a druhotné využití energetických zařízení.

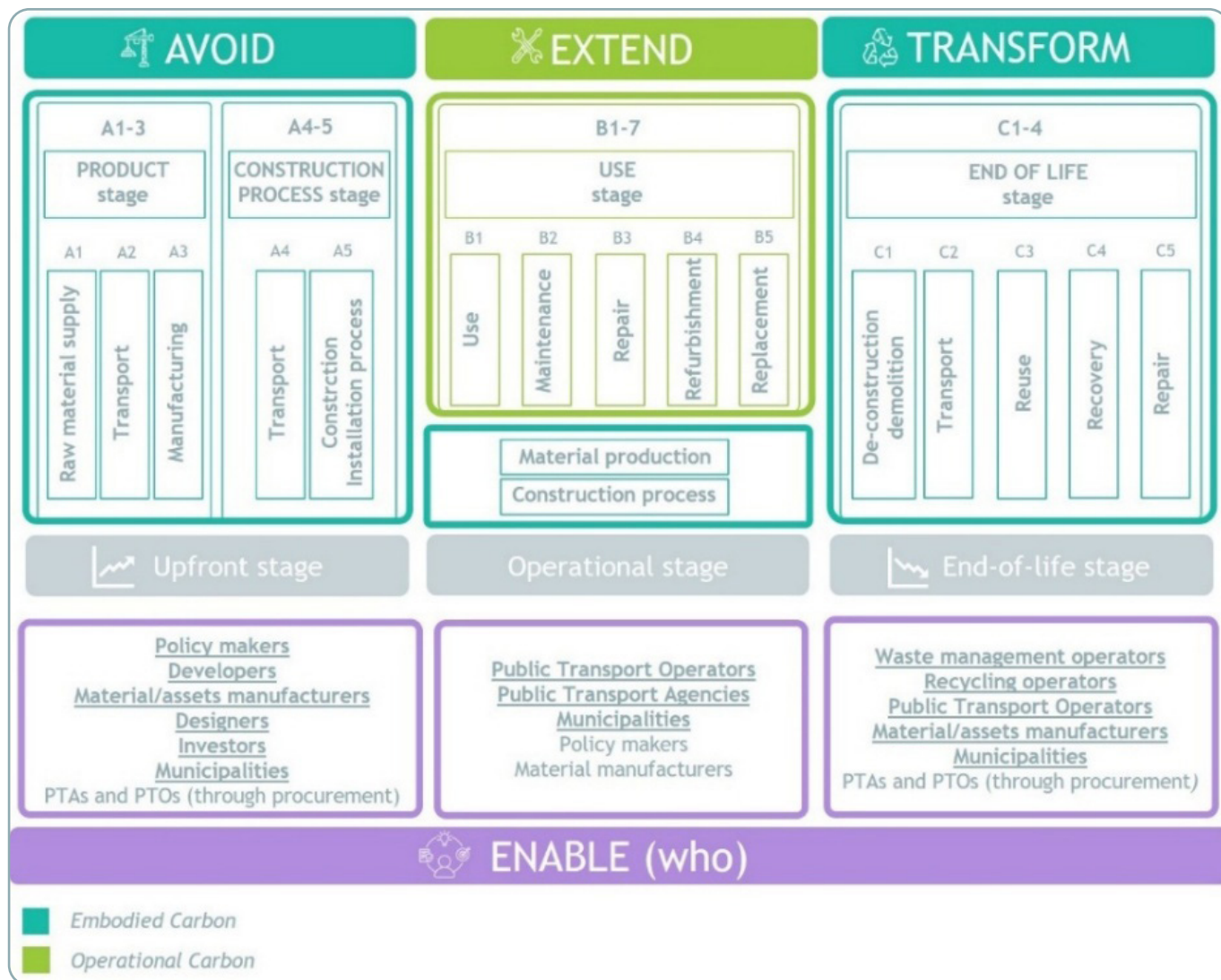
- **A.4: Usnadnění zavádění řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu u vozidel a kolejových vozidel se zaměřením na repasování, opětovné použití a tržně orientované mechanismy.**

Struktura založená na aktivitách umožňuje čtenářům snadno se orientovat mezi pilotními aktivitami a řešeními v rámci stejné tematické oblasti a podporuje jasné pochopení toho, jak výstupy CE4CE přispívají k zavádění principů oběhového hospodářství v různých segmentech systémů veřejné dopravy.

2.1. Propojení aktivit CE4CE s rámcem životního cyklu AETE

Aktivity CE4CE a s nimi související pilotní projekty a řešení jsou sladěny s rámcem životního cyklu **AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE)** pro zavádění oběhového hospodářství ve veřejné dopravě. Tento rámec podporuje systematickou identifikaci toho, kde a jak lze vytvářet nebo zachovávat cirkulární hodnotu v různých fázích životního cyklu prostředků veřejné dopravy.

Každá aktivita CE4CE se primárně zaměřuje na konkrétní **oblasti opatření AETE** a zároveň přispívá k vytváření podpůrných podmínek napříč celým systémem. Pilotní projekty realizované v rámci jednotlivých aktivit proto uvádějí principy oběhového hospodářství do praxe tím, že se zaměřují na konkrétní fáze životního cyklu, jako jsou používání, údržba, opětovné použití, renovace nebo změna účelu využití.



Obrázek 3: Upravený životní cyklus infrastruktury veřejné dopravy podle normy EN 15978.

A.1: Vývoj CE4CE Circularity Compass a znalostní platformy pro veřejnou dopravu

Tato aktivita se primárně zaměřuje na dimenzi ENABLE rámce AETE. Vývojem a testováním nástroje CE4CE Circularity Compass a související znalostní platformy vytváří systémové a organizační předpoklady nezbytné pro zavádění oběhového hospodářství ve veřejné dopravě. Pilotní projekt Circularity Compass podporuje dimenzi ENABLE tím, že poskytuje strukturovanou **metodiku hodnocení** pro identifikaci mezer v cirkularitě a navrhování nových hodnotových řetězců v rámci životního cyklu. Uspadňuje strategickou reflexi, zapojení zúčastněných stran a informované rozhodování. Znalostní platforma a online trh s použitými komponenty a nástroj pro zprostředkování kontaktů dále posilují podmínky dimenze ENABLE tím, že podporují výměnu znalostí, sdílení informací a spolupráci mezi aktéry životního cyklu. Zároveň platforma pro zprostředkování kontaktů nepřímo podporuje dimenzi **EXTEND, opětovné použití a repasování** tím, že umožňuje tržní mechanismy pro komponenty s druhým životním cyklem a repasované prostředky.

Tato aktivita proto poskytuje horizontální základ, na němž jsou postaveny technicky orientovanější pilotní aktivity a řešení.

A.2: Digitální řešení umožňující a urychlující cirkularitu ve veřejné dopravě

Tato aktivita se primárně zaměřuje na dimenzi ENABLE rámce AETE. Prostřednictvím digitálních nástrojů pro prediktivní údržbu, simulace a obchodní plánování vytváří podmínky nezbytné pro podporu opatření AVOID a EXTEND v rámci životních cyklů infrastruktury a kolejových vozidel. Pilotní projekty v oblasti prediktivní údržby přispívají zejména k dimenzi **EXTEND - fázím údržby a oprav** - tím, že umožňují včasné zásahy, snižují počet poruch a prodlužují životnost prostředků. Simulace e-koridorů a energetických toků podporuje dimenzi AVOID tím, že poskytuje podklady pro lepší plánovací rozhodnutí a pomáhá předcházet předimenzování prostředků.

A.3: Řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu v infrastruktuře veřejné dopravy

Tato aktivita je převážně zařazena do dimenzí **EXTEND** a **TRANSFORM** rámce AETE. Pilotní projekty zaměřené na opětovné použití výhybek pro trolejbusy přímo odpovídají dimenzi **EXTEND - opětovné použití**, protože zachovávají vložený materiál a energii tím, že udržují infrastrukturní komponenty v provozu i po skončení jejich první fáze používání.

Pilotní projekt realizovaný v Mariboru, který analyzuje využití použitých baterií pro napájení rychlonabíjecích stanic, odpovídá dimenzi **EXTEND - změna účelu využití**, neboť baterie jsou přezaryženy ze své původní trakční funkce k novému využití jako stacionární úložiště energie. Zároveň tato aktivita přispívá k dimenzi **TRANSFORM**, protože připravuje podmínky pro nové hodnotové řetězce v rámci životního cyklu a strategie řízení po skončení první životnosti.

A.4: Uspadnění zavádění řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu u vozidel a kolejových vozidel

Tato aktivita se primárně zaměřuje na dimenzi **EXTEND - renovace a opětovné použití** - a také na dimenzi **ENABLE**. Pilotní projekt repasování řídicí jednotky tramvaje se zaměřuje na prodloužení funkční životnosti komponent vozidel prostřednictvím přepracování konstrukce a renovace. Související řešení, online platforma s použitými komponenty a nástroj pro zprostředkování kontaktů, posiluje podmínky dimenze ENABLE tím, že podporuje sdílení informací, vytváření trhu a spolupráci mezi aktéry životního cyklu, což jsou předpoklady pro škálovatelné postupy opětovného použití a repasování.

Celkově aktivity CE4CE ukazují, jak jsou různé oblasti opatření AETE řešeny **vzájemně se doplňujícím způsobem** napříč systémy veřejné dopravy. Ačkoli se jednotlivé pilotní projekty mohou zaměřovat na konkrétní fáze, jako jsou údržba, opětovné použití nebo změna účelu využití, jejich společný účinek přispívá k systémovému přechodu od lineární správy majetku k cirkulárním systémům veřejné dopravy orientovaným na životní cyklus.

Přehled tematických skupin aktivit a odpovídajících dvojic pilotní projekt-řešení je uveden v tabulce 1, která shrnuje vztahy mezi pilotními aktivitami, řešeními a zapojenými partnery.

Aktivita	Pilotní projekt	Řešení	Typ řešení	Primární opatření AETE
A.1 Vývoj CE4CE Circularity Compass a znanostní platformy pro veřejnou dopravu	P.1 Circularity Compass pro veřejnou dopravu - hodnocení mezer v cirkularitě a navrhování nových hodnotových řetězců za účelem zvýšení efektivity využívání zdrojů	S.1 Znanostní platforma CE4CE pro cirkulární veřejnou dopravu	Digitální platforma / znanostní centrum	ENABLE - systémové znalosti a spolupráce
		S.2 Online trh s použitými díly a nástroj pro zprostředkování kontaktů pro použité díly, produkty a sdílení informací	Digitální tržiště / nástroj pro zprostředkování kontaktů	EXTEND - podpora opětovného použití / repasování
A.2 Vývoj společných digitálních řešení umožňujících a urychlujících cirkularitu ve veřejné dopravě	P.2 a P.3 Digitální optimalizace infrastruktury a vozidel prostřednictvím prediktivní údržby	S.3 Moduly pro prediktivní údržbu infrastruktury a kolejových vozidel	Monitorovací systém / digitální řešení	EXTEND - údržba / opravy
	P.4 Simulace e-koridoru a energetických toků za účelem simulace cirkulárních scénářů pro rozšiřování elektrifikace: autobusový pruh, elektrické napájení a dobíjení za jízdy	S.4 Nástroj pro cirkulární obchodní plánování elektrifikovaných vozových parků a infrastruktury veřejné dopravy	Plánovací nástroj / nástroj pro podporu rozhodování	AVOID - počáteční plánování / optimalizace systému
A.3 Vývoj řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu v infrastruktuře veřejné dopravy	P.5 Prokázání proveditelnosti opětovného použití výhybek pro trolejbusy	S.5 Definice kritérií pro zavádění opětovného použití výhybek pro trolejbusy	Metodika / rozhodovací rámec	EXTEND - opětovné použití
	P.6 Analýza možností využití použitých baterií k ukládání obnovitelné energie pro napájení rychlonabíjecí stanice jako příklad strategické orientace na cirkularitu	S.6 Přenositelné obchodní modely pro druhotné využití trakčních baterií jako stacionárních úložišť	Obchodní model / implementační rámec	EXTEND - změna účelu využití
A.4 Usnadnění zavádění řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu u vozidel a kolejových vozidel	P.7 Návrh řídicích jednotek tramvají v rámci repasování tramvají	Propagace a škálování podporované prostřednictvím S.2 Online trhu s použitými díly a nástroje pro zprostředkování kontaktů		EXTEND - renovace / repasování

Tabulka 1: Přehled pilotních projektů CE4CE a odpovídajících řešení podle aktivit.

3. Pilotní projekty a řešení CE4CE

Pilotní aktivity představují klíčový implementační prvek projektu CE4CE. Převádějí koncepty, metody a nástroje oběhového hospodářství do konkrétních aplikací v reálných provozních podmínkách a umožňují orgánům veřejné dopravy, dopravcům a dalším zúčastněným stranám testovat přístupy, posuzovat proveditelnost a získávat praktické zkušenosti.

Pilotní projekty realizované v rámci CE4CE plní několik účelů. Poskytují empirické poznatky o technických, organizačních a ekonomických dopadech postupů oběhového hospodářství, podporují učení mezi partnery a snižují nejistoty související s realizací a zaváděním do praxe. Pilotní aktivity zároveň fungují jako most mezi strategickými cíli a vývojem řešení, protože přinášejí poznatky a data potřebná ke konsolidaci pilotních zkušeností do přenositelných a škálovatelných řešení.

V rámci CE4CE se pilotní aktivity zaměřují na soubor definovaných pilotních témat, která odrážejí hlavní body využití potenciálu oběhového hospodářství řešené projektem napříč životními cykly infrastruktury veřejné dopravy a kolejových vozidel:

- Hodnocení cirkularity a návrh nových hodnotových řetězců v rámci životního cyklu
- Prediktivní údržba infrastruktury veřejné dopravy a kolejových vozidel
- Digitální simulace elektrifikovaných koridorů veřejné dopravy a energetických toků
- Opětovné použití komponent infrastruktury veřejné dopravy
- Druhotné využití trakčních baterií jako stacionárních úložišť energie
- Repasování a opětovné použití komponent kolejových vozidel

Tato témata jsou řešena prostřednictvím sedmi pilotních aktivit realizovaných orgány veřejné dopravy a dopravci v různých středoevropských městech:

- Pilotní projekt zaměřený na **Circularity Compass pro veřejnou dopravu**, koordinovaný sdružením trolley:motion s podporou společnosti Rupprecht Consult, vyvinul a otestoval strukturovaný hodnoticí nástroj pro identifikaci mezer v cirkularitě a návrh nových hodnotových řetězců za účelem zvýšení efektivity využívání zdrojů. Pilotní projekt zahrnoval vývoj webového rozhraní a praktickou aplikaci v rámci projektového partnerství.
- V německém **Lipsku** realizoval místní dopravce LVB

pilotní projekt zaměřený na **prediktivní údržbu**, v němž u vybraných prvků infrastruktury a kolejových vozidel uplatnil digitální monitorování stavu s cílem otestovat přístupy údržby založené na datech a podpořit prodloužení životnosti

- V italském **Bergamu** realizovala společnost ATB podobný **pilotní projekt prediktivní údržby** v odlišném provozním kontextu, což umožnilo porovnání metodik, požadavků na data a organizačních podmínek napříč sítěmi.
- V polské **Gdyni** realizoval dopravce PKA pilotní projekt zaměřený na **simulaci elektrifikovaných koridorů veřejné dopravy** s cílem analyzovat energetické toky a posoudit cirkulární scénáře elektrifikace, včetně dobíjení za jízdy a elektrifikace autobusových pruhů.
- V maďarském **Szegedu** realizoval dopravce SZKT pilotní projekt demonstrující **opětovné použití trolejbusových výhybek** se zaměřením na prodloužení provozní životnosti intenzivně využívaných infrastrukturních komponent a snížení materiálového odpadu.
- V Mariboru ve Slovinsku analyzovalo město Maribor - MOM druhotné **využití trakčních baterií jako stacionárních úložišť energie** na podporu rychlonabíjecí infrastruktury napájené z obnovitelných zdrojů, přičemž se zabývalo technickou proveditelností a aspekty integrace.
- V **Szegedu** realizovala společnost SZKT také další pilotní projekt zaměřený na **repasování a přepracování konstrukce řídicích jednotek tramvají** s cílem prodloužit životnost komponent a umožnit jejich opětovné použití prostřednictvím upraveného návrhu a sdílení informací

Zatímco pilotní aktivity se zaměřují na testování a ověřování přístupů v reálných provozních prostředích, řešení představují konsolidované výstupy zaměřené na zavádění do praxe, vyvinuté na základě realizace pilotních projektů a společné analytické práce.

Řešení převádějí pilotní zkušenosti do **strukturovaných nástrojů, metodik, kritérií a obchodních modelů**, které lze přenášet, replikovat a škálovat v jiných kontextech veřejné dopravy. Každé řešení je propojeno s jednou nebo více pilotními aktivitami ve stejné tematické oblasti a vychází z empirických poznatků, zpětné vazby zúčastněných stran a iterativních procesů zpřesňování.

U každé oblasti aktivit jsou pilotní aktivity popsány společně s odpovídajícími řešeními, přičemž je zdůrazněna cesta od testování a ověřování ke konsolidaci a přenosu.

3.1. Aktivita A. 1: Vývoj CE4CE Circularity Compass a znalostní platformy pro veřejnou dopravu

Ačkoli tato aktivita formálně nespadá do pracovního balíčku „Ukázat, jak se veřejná doprava může stát cirkulární“, byl Circularity Compass realizován a ověřen prostřednictvím procesu testování podobného pilotního projektu. Nástroj byl vyvinut a následně testován se zúčastněnými stranami z oblasti veřejné dopravy prostřednictvím workshopů, průzkumů a validačních aktivit zahrnujících dopravce, orgány veřejné dopravy, výzkumníky a zástupce průmyslu.

Tyto aktivity umožnily praktické ověření metodiky a zpřesnění nástroje na základě skutečné provozní zpětné vazby. Circularity Compass proto představuje technický pilotní projekt a řešení podporující přechod k cirkulárním systémům veřejné dopravy, přestože je organizačně zařazen do metodického pracovního balíčku projektu, nikoli do demonstračního pracovního balíčku.

3.1.1. Pilot P. 1: Circularity Compass pro veřejnou dopravu

Stručný popis pilotního projektu

Pilotní projekt Circularity Compass byl vyvinut s cílem řešit klíčovou výzvu při přechodu k cirkulárním systémům veřejné dopravy: nedostatek praktických nástrojů, které organizacím pomáhají pochopit, kde a jak lze principy oběhového hospodářství začlenit do každodenního provozu a strategického plánování.

Ačkoli se o konceptech oběhového hospodářství v odvětví dopravy diskutuje stále častěji, orgánům veřejné dopravy a dopravcům často chybí strukturované přístupy k převodu těchto principů do konkrétních opatření. Circularity Compass proto usiluje o poskytnutí praktického orientačního nástroje, který organizacím pomáhá posoudit jejich stávající postupy v oblasti cirkularity a identifikovat příležitosti ke zlepšení napříč systémem veřejné dopravy.

Cílem pilotního projektu bylo vyvinout a ověřit metodiku, která zúčastněným stranám z oblasti veřejné dopravy umožní hodnotit postupy oběhového hospodářství v celém životním cyklu infrastruktury, vozidel a energetických systémů. Na rozdíl od infrastrukturních nebo technologických pilotních projektů realizovaných v rámci CE4CE představuje Circularity Compass znalostně založené řešení navržené tak, aby umožnilo cirkulární transformaci prostřednictvím lepšího porozumění systému a rozhodování.

Řešení Circularity Compass

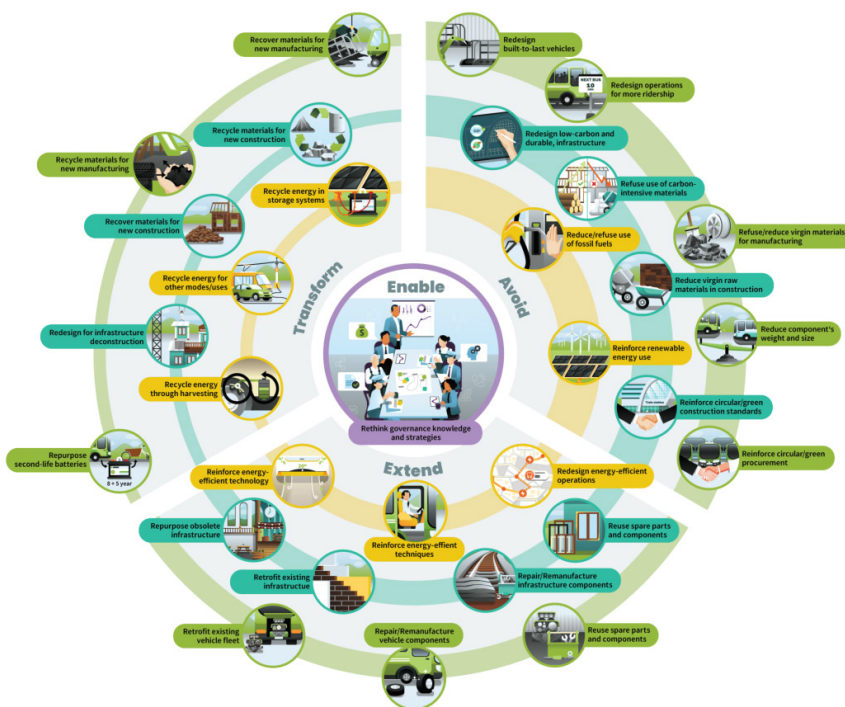
[Circularity Compass](#) je online nástroj [pro sebehodnocení](#) dostupný prostřednictvím znalostní platformy CE4CE. Poskytuje strukturovaný rámec, který organizacím veřejné dopravy umožňuje hodnotit postupy oběhového hospodářství napříč různými složkami jejich systémů.

Hodnocení zahrnuje čtyři klíčové oblasti systémů veřejné dopravy: vozové parky, včetně vozidel a baterií; infrastrukturu; energetické systémy; a řízení, které zahrnuje organizační a podpůrné podmínky. Tím, že nástroj tyto oblasti řeší společně, odráží systémovou povahu cirkularity ve veřejné dopravě.

Rámec vychází z cirkulární logiky životního cyklu Avoid - Extend - Transform - Enable (AETE). V praxi to znamená, že organizace jsou vedeny k zamyšlení nad tím, jak mohou prostřednictvím lepšího plánování a zadávání veřejných zakázek snižovat spotřebu zdrojů, prodlužovat životnost prostředků údržbou a renovací, transformovat prostředky jejich opětovným použitím nebo změnou účelu využití a vytvářet organizační podmínky nezbytné pro podporu cirkulární implementace.

Jádrem nástroje je strukturovaný sebehodnotící dotazník pokrývající klíčové fáze životního cyklu, od výroby a pořízení přes provoz a údržbu až po řízení na konci životnosti. Výsledky poskytují jasný přehled o současných postupech v oblasti cirkularity a upozorňují na oblasti, v nichž mohou organizace dále rozvíjet cirkulární strategie a řešení.

10 R-principles for circular public transport systems



Obrázek 4: Přizpůsobení principů oběhového hospodářství 10R pro systémy veřejné dopravy.

Potřebné zdroje

Implementace nástroje Circularity Compass vyžaduje především organizační a analytické zdroje. Opírá se o zapojení zúčastněných stran, odbornou facilitaci a přístup k provozním znalostem v rámci organizací veřejné dopravy.

Testovací fáze probíhala prostřednictvím workshopů, odborných konzultací a sebehodnotících dotazníků za účasti dopravců, orgánů veřejné dopravy a výzkumníků. Tento kolaborativní proces zajistil, že nástroj odráží reálné provozní podmínky a je použitelný v různých organizačních kontextech.

Očekávané výsledky/přínosy

Circularity Compass umožňuje organizacím veřejné dopravy identifikovat mezery v cirkularitě, posoudit jejich připravenost na zavádění oběhového hospodářství a prozkoumat potenciální oblasti zlepšení napříč životním cyklem veřejné dopravy.

Strukturováním komplexních informací do jasného hodnotícího rámce nástroj podporuje zvyšování povědomí a strategické plánování. Pomáhá organizacím lépe pochopit, jak lze principy oběhového hospodářství uplatňovat v praxi, zejména v oblastech, jako je správa infrastruktury, provoz vozového parku a energetické systémy.

Circularity Compass

The Circularity Compass is a life-cycle orientation tool designed for public transport operators and authorities to foster circularity approaches, principles, and solutions through their planning, procurement, operations, maintenance, and end-of-life stages of public transport systems.

It aims to enhance understanding and raises awareness of the importance and benefits of implementing a circular economy, assesses current status and readiness levels, and uncovers actionable solutions to operationalise the transition towards circular public transport systems where resources are used mindfully, assets are durable and repairable by design, and ecological footprint is being reduced to net zero.

- Vehicles
- Batteries
- Railway Infrastructure
- Electric Infrastructure
- Buildings
- Energy
- Knowledge, Governance & Policy

Obrázek 5: Rozhraní online nástroje CE4CE Circularity Compass pro sebehodnocení.

Škálovatelnost a potenciál budoucího rozvoje

Circularity Compass poskytuje škálovatelný rámec podporující přechod k postupům oběhového hospodářství v sektoru veřejné dopravy. Jako nástroj pro zvyšování povědomí a sebehodnocení pomáhá organizacím identifikovat mezery v cirkularitě a stanovovat priority opatření týkajících se infrastruktury, vozových parků a energetických systémů.

Výsledky hodnocení mohou sloužit jako výchozí bod pro

podrobnější analýzy, například posouzení životního cyklu, strategie cirkulárního zadávání veřejných zakázek nebo plánování efektivního využívání zdrojů. Další rozvoj a praktická relevance nástroje zároveň výrazně závisí na aktivním zapojení zúčastněných stran a průběžném přispívání znalostmi a zkušenostmi z odvětví.

Při trvalém zapojení zúčastněných stran se Circularity Compass může rozvinout v širší znalostní a benchmarkingovou platformu podporující cirkulární transformaci systémů veřejné dopravy.

3.1.2. Řešení S.1: Znalostní platforma pro cirkulární veřejnou dopravu

Stručný popis řešení

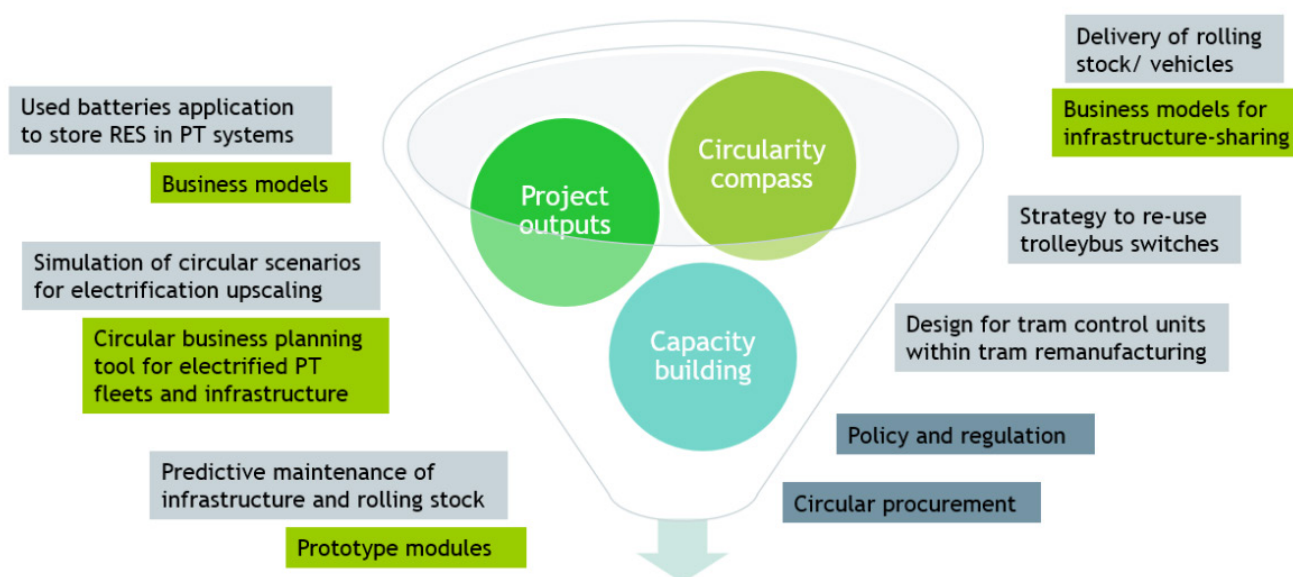
Znalostní platforma CE4CE je online znalostní centrum navržené tak, aby podporovalo přechod k postupům oběhového hospodářství v sektoru veřejné dopravy. Poskytuje strukturované digitální prostředí, v němž mohou zúčastněné strany z oblasti veřejné dopravy získat přístup k nástrojům, osvědčeným postupům, metodikám a vzdělávacím materiálům souvisejícím s cirkularitou v dopravních systémech.

Platforma řeší klíčovou výzvu identifikovanou během projektu: znalosti související s řešeními pro cirkulární veřejnou dopravu jsou často roztříštěné a pro odborníky z praxe obtížně dostupné. Centralizací relevantních zdrojů a jejich propojením s praktickými výsledky projektu platforma podporuje budování kapacit, výměnu znalostí a širší zavádění cirkulárních řešení.

Platforma je veřejně dostupná na adrese: <https://circularity4publictransport.eu/>

Cíle řešení

Hlavním cílem znalostní platformy CE4CE je posílit kapacity zúčastněných stran z oblasti veřejné dopravy pro zavádění principů oběhového hospodářství. V praxi platforma funguje jako centralizovaný vstupní bod, kde mohou uživatelé získat přístup k nástrojům a zdrojům oběhového hospodářství, prozkoumat praktické příklady a otestovaná řešení a lépe pochopit, jak řešit identifikované mezery v cirkularitě. Podporuje přenos znalostí napříč odvětvím a zároveň pomáhá organizacím orientovat se v dostupných přístupech a implementačních postupech.



CE4CE knowledge platform matches new skills with knowledge

Obrázek 6: Konceptní struktura znalostní platformy CE4CE propojující cirkulární řešení, nástroje a budování kapacit.

Základní koncept řešení

Znalostní platforma CE4CE byla vyvíjena souběžně s nástrojem Circularity Compass, který slouží jako nástroj pro sebehodnocení postupů oběhového hospodářství v organizacích veřejné dopravy.

Obě řešení jsou koncepčně propojena:

- Circularity Compass umožňuje organizacím posoudit jejich výkonnost v oblasti cirkularity a identifikovat oblasti ke zlepšení
- Znalostní platforma poskytuje zdroje, nástroje a příklady, které pomáhají řešit identifikované mezery

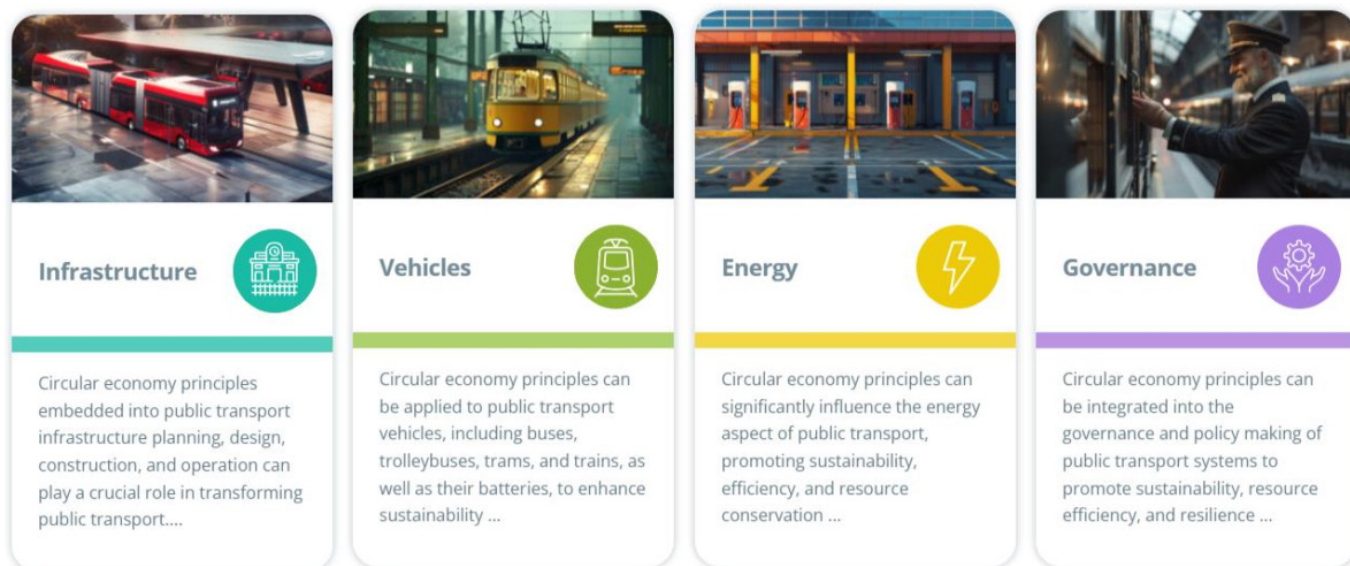
Tímto způsobem platforma propojuje výsledky hodnocení s praktickou podporou implementace.

Koncept platformy vychází z principů oběhového hospodářství 10R, přizpůsobených kontextu veřejné dopravy. Tyto principy řídí uspořádání znalostních zdrojů napříč klíčovými složkami systému veřejné dopravy, jako jsou infrastruktura, vozidla, energetické systémy a řízení.

Znalostní platforma je strukturována do pěti hlavních částí:

1. **Mapa kompetencí** - identifikuje klíčové dovednosti a znalosti potřebné pro zavádění principů oběhového hospodářství ve veřejné dopravě.
2. **Circularity Compass** - online sebehodnotící dotazník umožňující organizacím posoudit jejich stav v oblasti cirkularity.
3. **Osvědčené postupy** - soubor případových studií ukazujících cirkulární řešení v daném odvětví.
4. **Znalostní centrum** - úložiště nástrojů, pokynů, zpráv a metodik podporujících cirkulární plánování, provoz a údržbu.
5. **Matchmakingové fórum** - plánované digitální tržiště umožňující výměnu náhradních dílů a vybavení mezi organizacemi veřejné dopravy

Prostřednictvím této struktury platforma propojuje hodnocení cirkularity, znalostní zdroje a praktická řešení a vytváří komplexní podpůrné prostředí pro organizace zavádějící cirkulární systémy veřejné dopravy.



Obrázek 7: Hlavní oblasti kompetencí znalostní platformy CE4CE: infrastruktura, vozidla, energetika a řízení.

Závěr řešení

Znalostní platforma CE4CE poskytuje strukturované a škálovatelné prostředí podporující přechod k cirkulárním systémům veřejné dopravy. Propojením hodnocení Circularity Compass, znalostních zdrojů a praktických řešení umožňuje zúčastněným stranám přejít od zvyšování povědomí k implementaci.

Její dlouhodobá hodnota závisí na průběžném rozvoji obsahu, zapojení zúčastněných stran a integraci s odvětvovými iniciativami, což jí umožní rozvinout se v centrální referenční bod pro postupy oběhového hospodářství ve veřejné dopravě.

3.1.3. Řešení S.2: Online trh s použitými komponenty a nástroj pro zprostředkování kontaktů

Stručný popis řešení

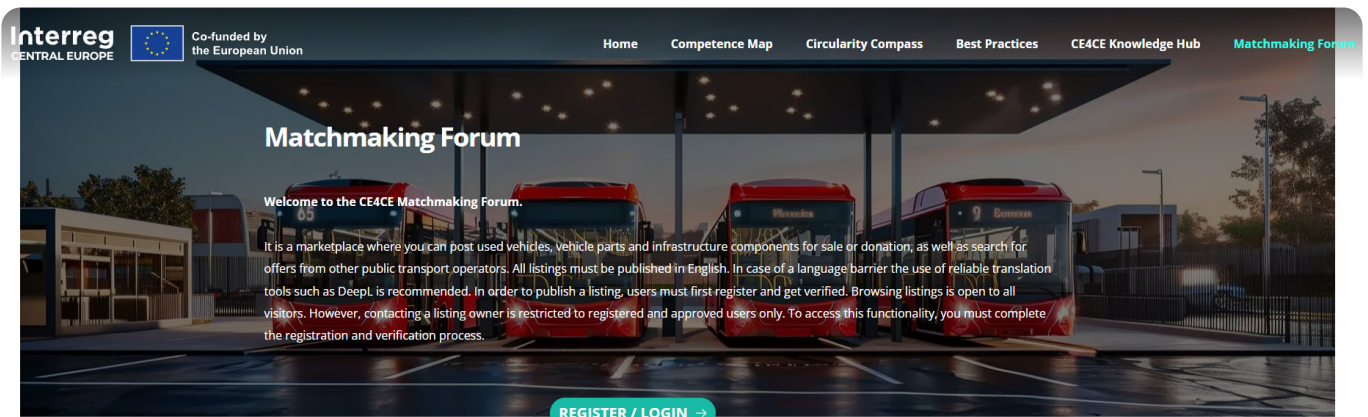
Toto řešení představuje digitální platformu pro zprostředkování kontaktů, která umožňuje zúčastněným stranám z oblasti veřejné dopravy vyměňovat si informace o použitých vozidlech, náhradních dílech a infrastrukturních komponentech, a tím podporovat jejich opětovné použití a repasování.

Řešení bylo vyvinuto jako funkční modul znalostní platformy CE4CE a doplňuje její roli v oblasti sdílení

znalostí a budování kapacit tím, že poskytuje praktický nástroj pro identifikaci a realizaci cirkulárních případů využití. Řeší nedostatek strukturovaných mechanismů výměny v odvětví, kde jsou příležitosti k opětovnému použití často promarněny kvůli omezené viditelnosti a roztržitěné komunikaci.

Matchmakingové fórum je veřejně dostupné na adrese:

<https://circularity4publictransport.eu/matchmaking-forum/>



Obrázek 8: Uživatelské rozhraní matchmakingového fóra CE4CE - úvodní stránka.

Cíle řešení

Hlavním cílem řešení je umožnit strukturovanou výměnu použitých prostředků napříč sektorem veřejné dopravy a zvýšit viditelnost znovu použitelných komponent.

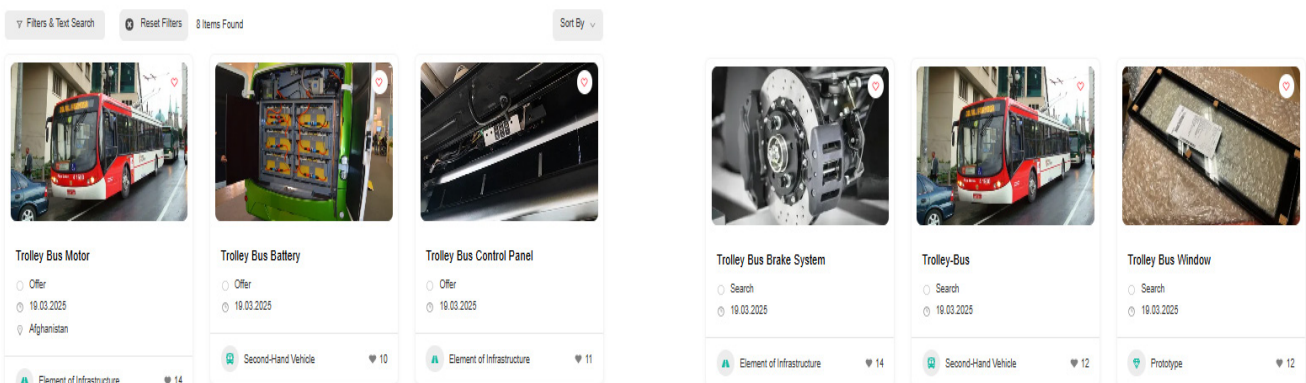
Zlepšením toku informací a podporou propojení mezi dopravci, orgány veřejné dopravy a dodavateli platforma přispívá k postupům opětovného použití a repasování, snižuje předčasné vyřazování prostředků a posiluje spolupráci v rámci odvětví.

Základní koncept řešení

Řešení je založeno na digitálním matchmaking fóru, které propojuje nabídku a poptávku po použitých prostředcích veřejné dopravy. Jeho fungování vychází z jednoduchého procesu:

1. Organizace zveřejňují nabídky nebo poptávky po vozidlech, komponentech nebo prvcích infrastruktury
2. Uživatelé vyhledávají a filtrují záznamy podle relevantních kritérií
3. Zájemci navazují kontakt prostřednictvím platformy.

Platforma funguje jako nástroj pro sdílení informací a zprostředkování kontaktů, nikoli jako transakční systém. Tím, že snižuje informační mezery a zvyšuje transparentnost, vytváří podmínky pro rozšíření postupů opětovného použití a repasování v rámci odvětví.



Obrázek 9: Příklady záznamů v matchmakingovém fóru CE4CE pro použitá vozidla, komponenty a prvky infrastruktury.

Závěr řešení

Matchmakingové fórum představuje praktický podpůrný nástroj, který podporuje zavádění oběhového hospodářství tím, že usnadňuje opětovné použití a prodlužuje životní cyklus prostředků veřejné dopravy. Jeho účinnost roste s širší účastí, protože vyšší počet

uživatelů zlepšuje viditelnost a možnosti propojování nabídky a poptávky.

Při pokračujícím zapojení zúčastněných stran a dalším rozvoji funkcionalit má platforma potenciál stát se důležitým mechanismem pro podporu cirkulárních hodnotových řetězců ve veřejné dopravě.

3.2. Aktivita A.2: Vývoj společných digitálních řešení umožňujících a urychlujících cirkularitu ve veřejné dopravě

Tato aktivita se zaměřuje na využití digitálních nástrojů k podpoře cirkulárního a zdrojově efektivního řízení infrastruktury veřejné dopravy a kolejových vozidel. Zkoumá, jak mohou monitorování založené na datech a simulace zlepšit postupy údržby, plánování infrastruktury a provozní efektivitu v celém životním cyklu systému.

V rámci této aktivity byly realizovány tři pilotní projekty v Lipsku, Bergamu a Gdyni. Pilotní projekty v Lipsku a Bergamu testují prediktivní údržbu

prostřednictvím digitálního monitorování stavu, zatímco pilotní projekt v Gdyni využívá modelování digitálního dvojčete a simulaci energetických toků k podpoře plánování elektrifikovaných koridorů veřejné dopravy.

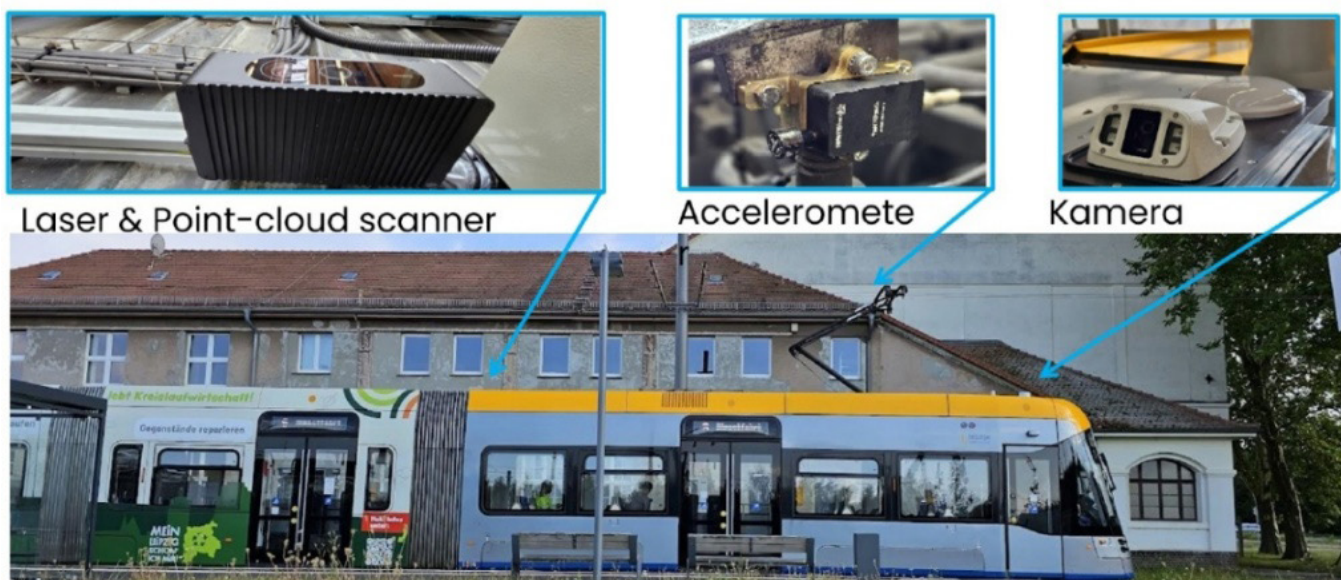
Výsledky a zkušenosti z těchto pilotních projektů tvoří základ pro vývoj společného řešení poskytujícího modulární digitální nástroje pro prediktivní údržbu a cirkulární plánování systému veřejné dopravy, které je představeno v následující části.

3.2.1. Pilot P.2: Digitální optimalizace infrastruktury a vozidel prostřednictvím prediktivní údržby (Lipsko, Německo)

Stručný popis pilotního projektu

Tento pilotní projekt se zaměřuje na zavádění přístupů prediktivní údržby infrastruktury veřejné dopravy a kolejových vozidel s využitím digitálního monitorování stavu. Pilotní projekt realizovaný společností Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) v Lipsku si klade za cíl přejít od reaktivní a časově plánované údržby k prediktivní údržbě založené na datech, aby bylo možné prodloužit životnost prostředků, snížit počet neplánovaných poruch a minimalizovat zásahy náročné na zdroje.

Tři tramvajová vozidla byla vybavena senzory, kamerami a laserovými systémy pro monitorování kolejí a trolejového vedení na 14 km dlouhém úseku linky 1 během běžného provozu. Shromážděná data jsou analyzována za účelem odhalení časných známek opotřebení a umožnění cílených údržbových zásahů, přičemž bylo zkoumáno také monitorování spotřeby energie.

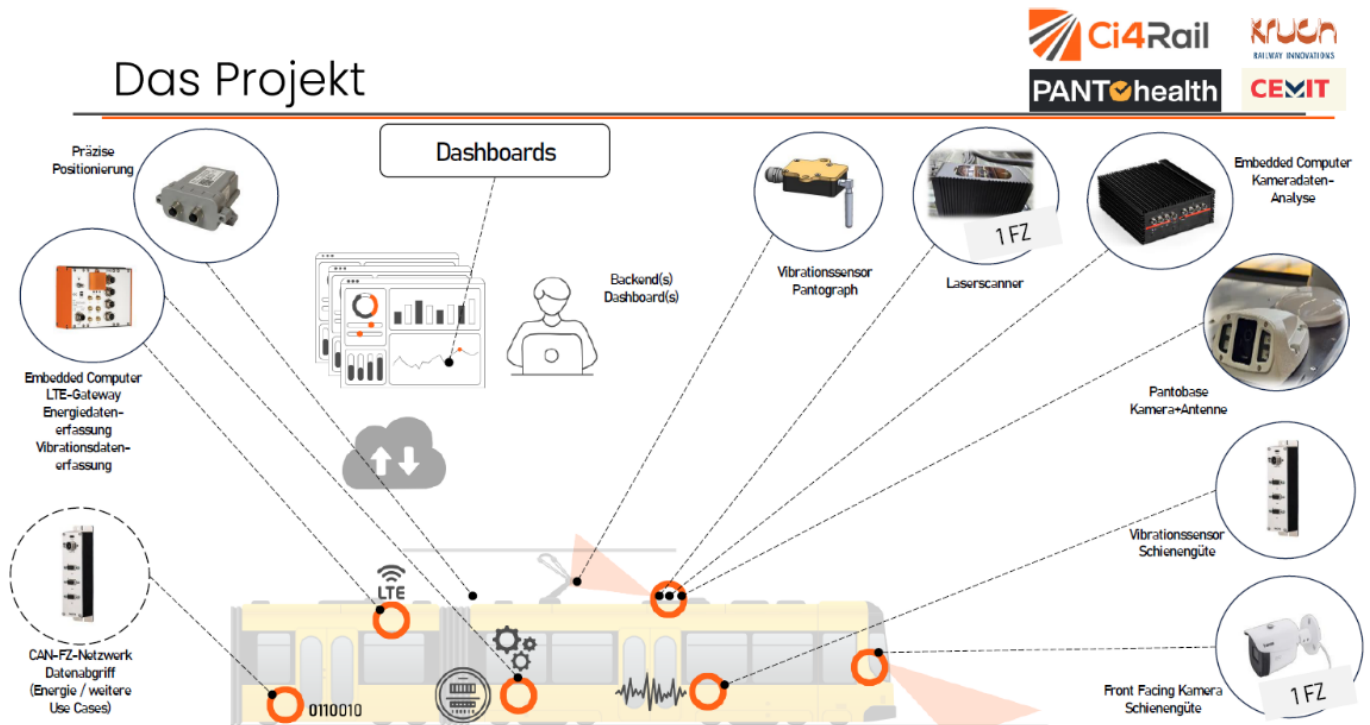


Obrázek 10: Část instalovaného systému monitorování vibrací v tramvajích (PantoHealth).

Potřebné zdroje

Implementace vyžadovala senzorové systémy, infrastrukturu pro zpracování dat a analytický software v kombinaci s koordinací mezi dopravcem, poskytovateli technologií a projektovými partnery. Další úsilí

zahrnovalo školení zaměstnanců, začlenění do pracovních postupů a zajištění souladu s železničními normami a certifikačními postupy pro nasazení v reálných provozních podmínkách.



Obrázek 11: Přehled konfigurace monitorování prediktivní údržby zavedené v rámci pilotního projektu v Lipsku.

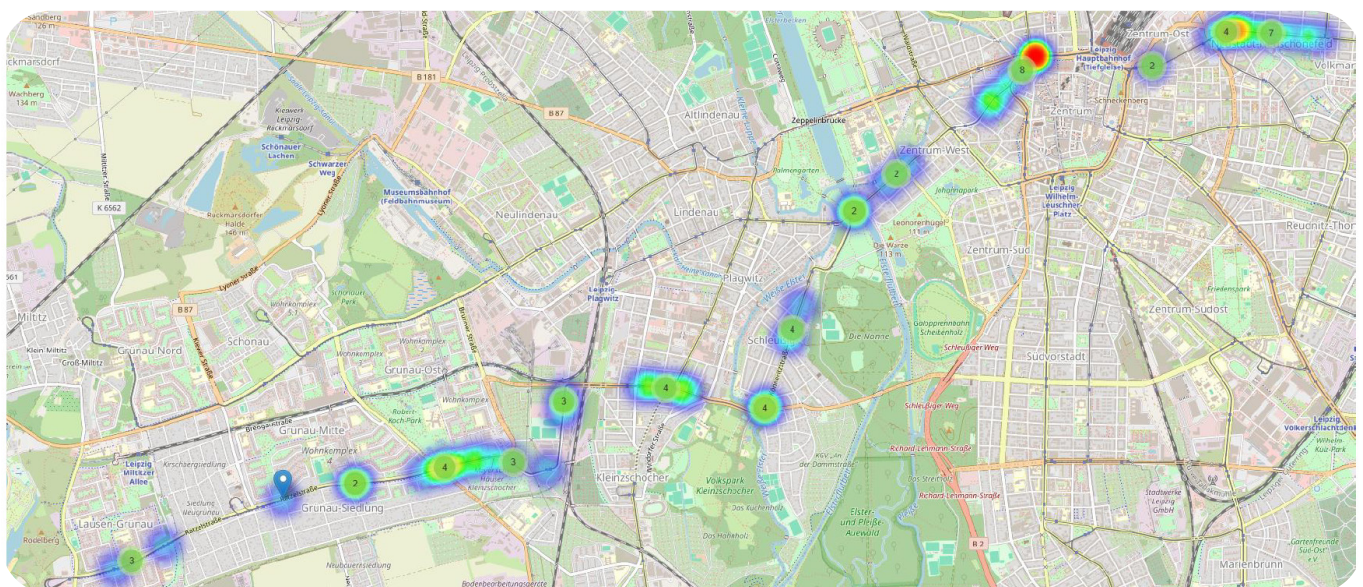
Důkazy o úspěšnosti

Pilotní projekt potvrdil, že kontinuální monitorování z vozidla je v reálných provozních podmínkách proveditelné a účinné (červen 2024 - únor 2025) a umožňuje včasné odhalování závad infrastruktury.

Bylo identifikováno osm kritických míst na trolejovém vedení, včetně dvou seřizovaných sekčních izolátorů, a

osm oblastí závad kolejí, včetně tří dříve nezjištěných zlomených kolejnic. Bylo zkontrolováno deset lokalit a byla provedena nápravná opatření.

Výsledky vedly k aktualizaci plánů údržby v úsecích se zrychleným zhoršováním stavu a ke zvýšení spolehlivosti dat díky integraci přímého rozhraní CAN-BUS pro monitorování energie.



Obrázek 12: Teplotní mapa oblastí se závadami kolejí.

Zjištěné výzvy

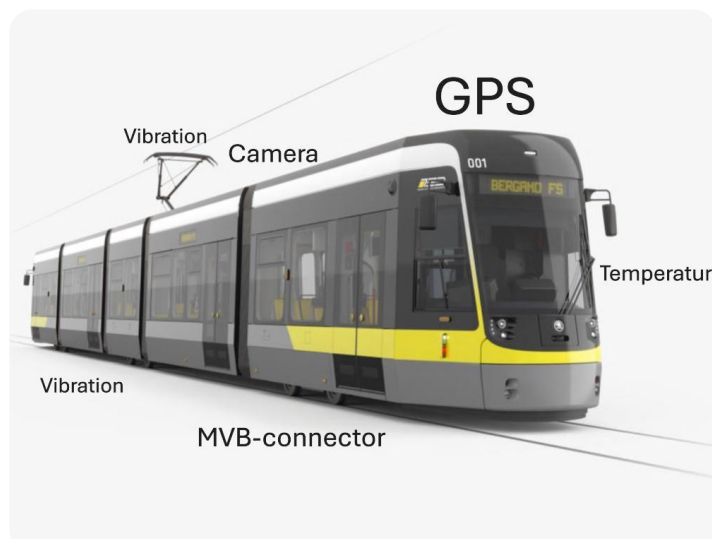
Během realizace se objevilo několik výzev. Patřila mezi ně integrace nových senzorových systémů do stávajících vozidel, zajištění kvality a spolehlivosti dat a řešení omezení stávajících systémů měření energie. Zejména nepřesná historická data o spotřebě energie si vyžádala identifikaci alternativních zdrojů dat a integraci dalších rozhraní pro přímý přístup k energetickým datům vozidla.

Provozní výzvy související s instalací během probíhajícího provozu, koordinací mezi více poskytovateli služeb a nutností splnit přísné požadavky železniční certifikace byly řešeny prostřednictvím postupného zavádění, úzké koordinace a iterativního testování.

3.2.2. Pilot P.2: Digitální optimalizace infrastruktury a vozidel prostřednictvím prediktivní údržby (Bergamo, Itálie)

Stručný popis pilotního projektu

Tento pilotní projekt se zaměřuje na prediktivní údržbu tramvajové infrastruktury a kolejových vozidel prostřednictvím digitálního monitorování stavu a simulačních nástrojů. Realizuje jej společnost Azienda Trasporti Bergamo (ATB) ve spolupráci s KRUCH Railway Innovations a jeho cílem je zlepšit spolehlivost infrastruktury a optimalizovat využití energie v rámci sítě.

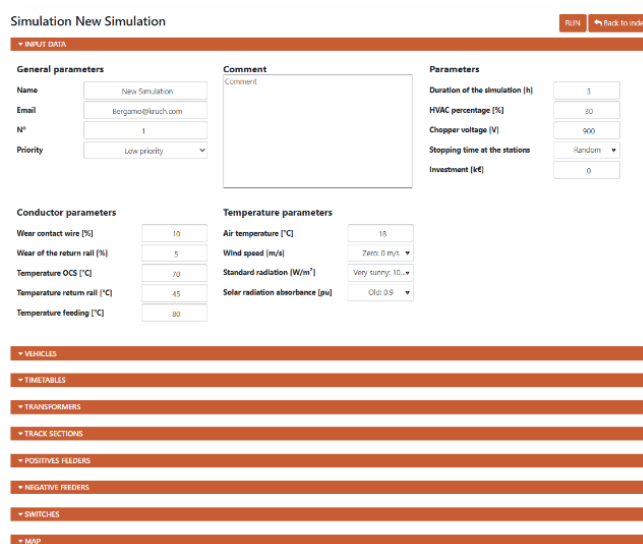


Potenciál pro rozvoj a uplatnění

Pilotní projekt vykazuje vysoký potenciál uplatnitelnosti díky svému modulárnímu přístupu a využití vozidel jako monitorovacích platform, což umožňuje škálovatelné nasazení bez potřeby specializovaného inspekčního vybavení.

Mezi klíčové poznatky patří důležitost kvality dat, postupného nasazování a integrace analytiky do procesů údržby. Tento přístup podporuje principy oběhového hospodářství tím, že umožňuje včasné zásahy, prodlužuje životnost prostředků a zlepšuje efektivitu využívání zdrojů.

Tramvajové vozidlo v každodenním provozu bylo vybaveno modulárním senzorovým systémem, včetně modulů GNSS, akceleračních senzorů, kamer, rozhraní CAN-BUS a palubních zařízení pro edge computing. Systém umožňuje kontinuální monitorování interakce mezi pantografem a trolejovým vedením a sběr dat v reálném čase. Souběžně bylo vyvinuto digitální dvojče napájecí sítě tramvají pro simulaci energetických toků a analýzu různých provozních scénářů.



Obrázek 13: Monitorovací systém založený na senzorech a digitální simulační nástroj použitý v pilotním projektu prediktivní údržby v Bergamo.

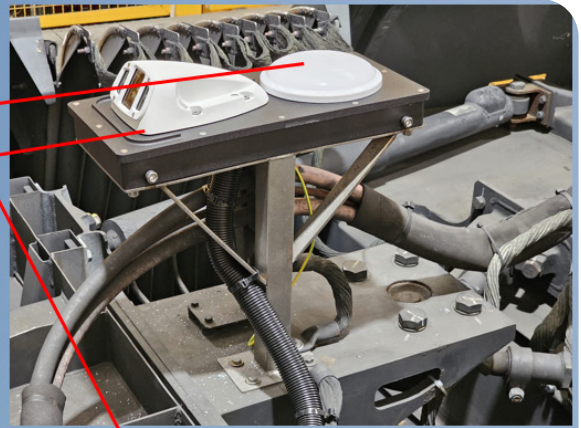
Potřebné zdroje

Implementace vyžadovala modulární senzorové systémy, palubní výpočetní jednotky, komunikační infrastrukturu a nástroje pro analýzu dat. Kromě toho bylo vyvinuto simulační prostředí založené na MATLAB a SIMULINK/SimPowerSystems pro modelování

tramvajové sítě a jejího systému elektrického napájení. Pilotní projekt rovněž vyžadoval koordinaci mezi ATB, KRUCH a dalšími zúčastněnými stranami, včetně kalibrace systému, školení zaměstnanců a integrace do procesů údržby a správy majetku.

KRUCH «On November 5, we installed the sensors and on-board computer on the tram and its pantograph:

- High precision GPS
- Camera
- Accelerometers
- Rail certified edge-computer and communication

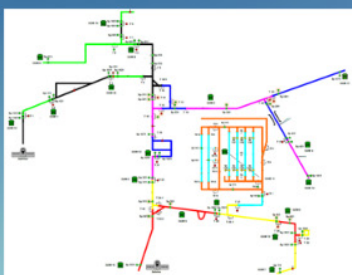


Obrázek 14: Senzorový systém instalovaný na pantografu tramvaje pro monitorování interakce mezi vozidlem a trolejovým vedením.

DEVELOPING A DIGITAL TWIN: Energy Flow Simulation

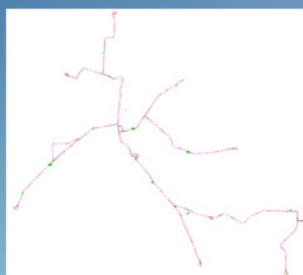
1

transport network



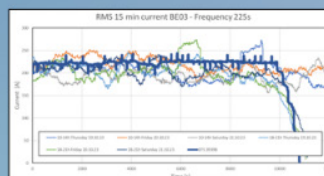
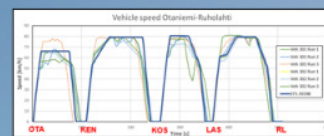
2

digital model



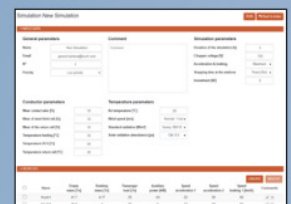
3

validation



4

dashboard



Obrázek 15: Modelování digitálního dvojčete a simulace energetických toků použité k analýze provozních a energetických scénářů v tramvajové síti v Bergamu.

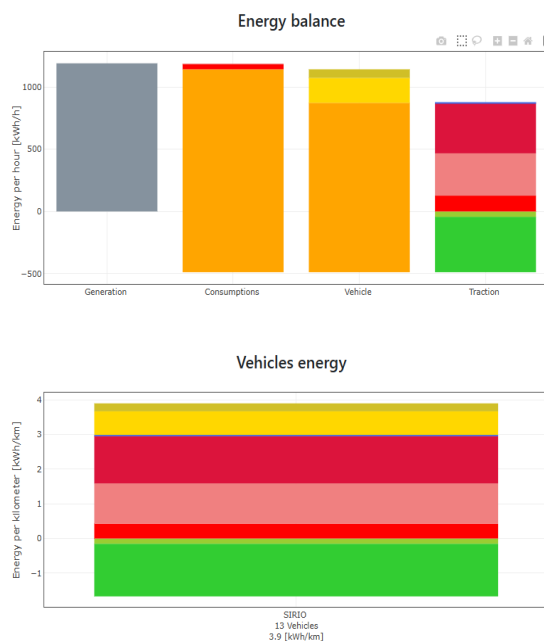
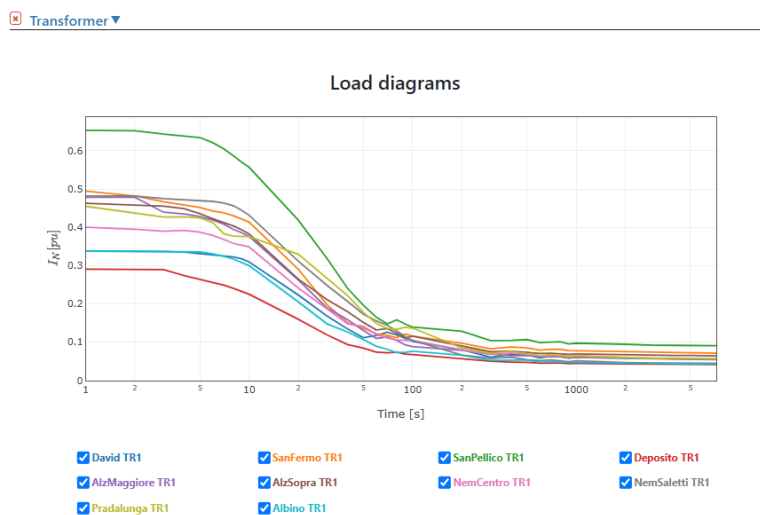
Důkazy o úspěšnosti

Pilotní projekt potvrdil, že kombinace monitorování v reálném čase se simulací podporuje prediktivní údržbu a optimalizaci spotřeby energie. Monitorovací systém byl instalován na tramvajovém vozidle č. 004 provozovaném na lince T1 a umožňoval kontinuální sběr dat každé 1-3 sekundy, včetně parametrů polohy, rychlosti a spotřeby energie.

Systém detekoval nepravidelné interakce mezi pantografem a trolejovým vedením a identifikoval

místa se zvýšeným rizikem opotřebení. Souběžně bylo vyvinuto digitální dvojče tramvajové sítě, které bylo použito k simulaci několika provozních scénářů a k analýze spotřeby energie, potenciálu rekuperace a výkonnosti systému.

Celkově pilotní projekt ukázal, že integrace monitorovacích dat se simulačními nástroji zlepšuje rozhodování a podporuje efektivnější správu infrastruktury a energie.



Obrázek 16: Výsledky simulace energetických toků použité k analýze zatížení transformátorů a optimalizaci spotřeby energie v tramvajovém systému v Bergamu.

Zjištěné výzvy

Mezi výzvy patřila integrace sensorových systémů do stávajících vozidel a zajištění spolehlivého přenosu dat v městském prostředí. Ke zlepšení přesnosti sensorů a stability komunikace bylo nutné provést kalibraci a úpravy konfigurace.

Další složitost představovala integrace reálných monitorovacích dat se simulačními modely, která vyžadovala průběžné ověřování a koordinaci mezi projektovými partnery.

Potenciál pro rozvoj a uplatnění

Pilotní projekt vykazuje vysoký potenciál uplatnitelnosti, zejména pro malé a středně velké tramvajové systémy. Jeho modulární monitorovací řešení a oddělení sběru dat, analýzy a simulace umožňují flexibilní přizpůsobení různým sítím.

Mezi klíčové poznatky patří význam předběžného testování modulárních systémů, kombinování monitorování se simulací a zajištění úzké spolupráce mezi dopravci a poskytovateli technologií. Tento přístup podporuje principy oběhového hospodářství tím, že prodlužuje životnost prostředků a zlepšuje efektivitu využívání zdrojů na úrovni celého systému.

3.2.3. Řešení S.3: Moduly pro prediktivní údržbu infrastruktury a kolejových vozidel

Stručný popis řešení

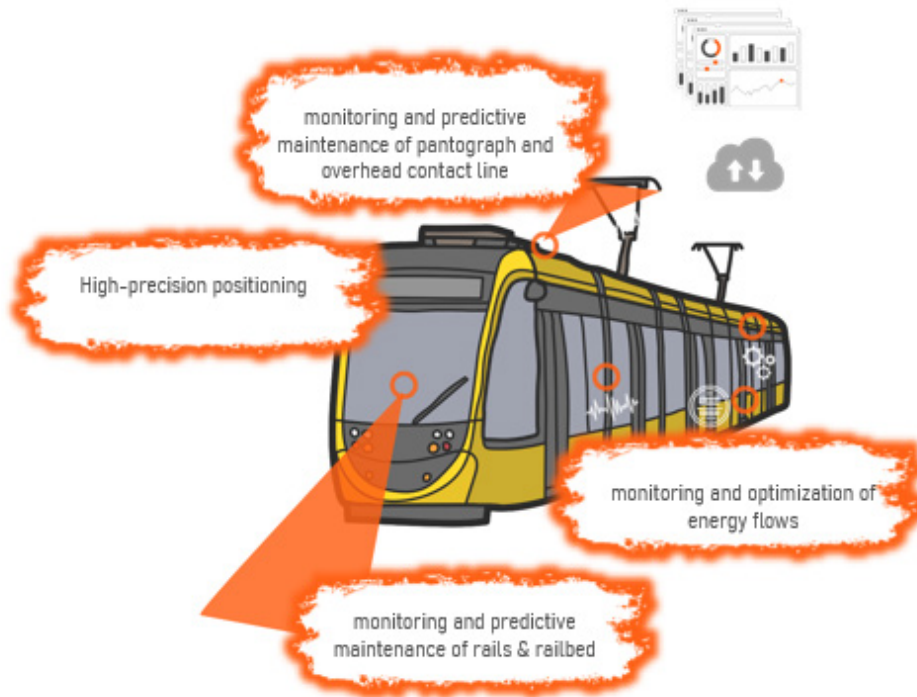
Toto řešení poskytuje modulární rámec pro prediktivní údržbu infrastruktury veřejné dopravy a kolejových vozidel založený na kontinuálním monitorování stavu z vozidla. Vychází z pilotních realizací v Lipsku a Bergamu a kombinuje monitorování infrastruktury, analýzu energetických dat a simulaci do přenositelného přístupu.

Řešení podporuje přechod od reaktivní a časově plánované údržby ke správě majetku založené na datech, což umožňuje dřívější odhalování závad, cílenější zásahy a vyšší provozní spolehlivost.

Cíle řešení

Cílem řešení je umožnit kontinuální monitorování stavu infrastruktury a vozidel, odhalovat závady v rané fázi a podporovat včasné údržbové zásahy.

Zlepšením dostupnosti dat a rozhodování přispívá k prodloužení životnosti prostředků, omezení oprav náročných na materiál a zvýšení celkové efektivity využívání zdrojů.

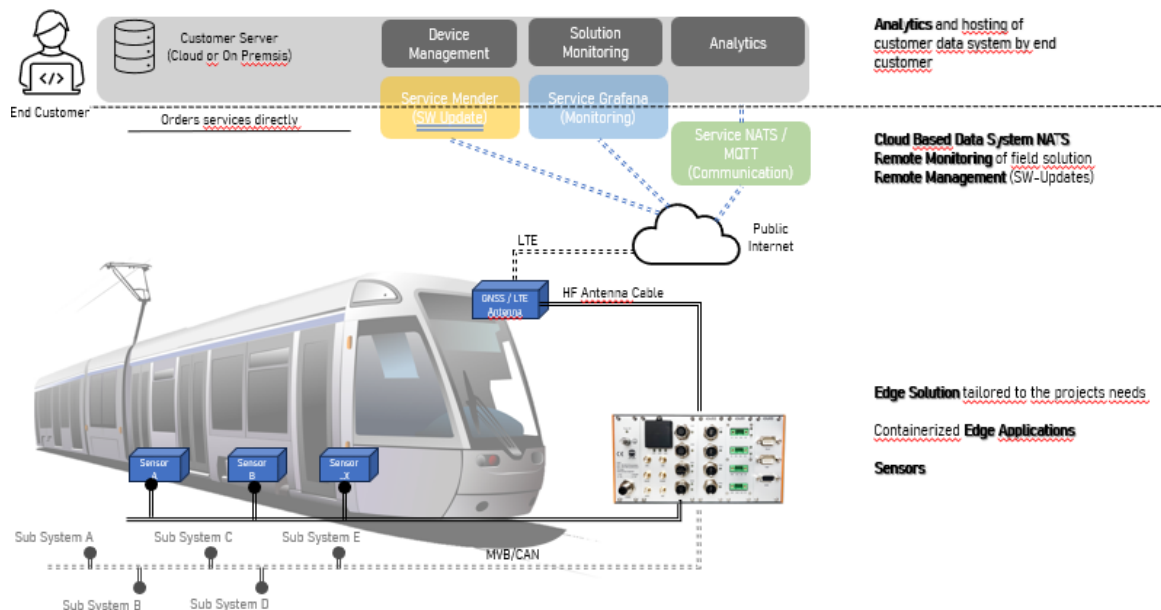


Obrázek 17: Rozsah aplikací prediktivní údržby v systémech veřejné dopravy.

Základní koncept řešení

Řešení je založeno na modulárním monitorovacím řetězci, který integruje sběr dat, jejich zpracování a podporu rozhodování do stávajících pracovních postupů údržby. Senzory a monitorovací systémy instalované na vozidlech sbírají data během běžného provozu, která jsou následně zpracována a analyzována za účelem detekce anomálií a identifikace vzorců degradace.

Výsledky jsou prostřednictvím georeferencování integrovány do systémů správy majetku a vizualizovány pomocí dashboardů, čímž podporují stanovování priorit údržbových zásahů. Systém funguje jako kontinuální smyčka propojující detekci, ověření a zásah a umožňuje prediktivní údržbu založenou na skutečném stavu.



Obrázek 18: Kompletní architektura systému prediktivní údržby od získávání dat po analýtu a monitorování.

Implementační poznatky

Implementace ukázala, že kvalita dat, stabilní datové toky a systémová integrace jsou zásadní pro získání použitelných výsledků. Automatizované detekce vyžadují ověření prostřednictvím terénních inspekcí, zatímco modulární architektura umožňuje flexibilní nasazení napříč různými systémy.

Zásadní je také připravenost organizace, protože prediktivní údržba zavádí nové pracovní postupy a role a její hodnota roste, pokud je integrována do stávajících procesů správy majetku a plánování.

Potenciál pro rozvoj a uplatnění

Řešení vykazuje vysoký potenciál uplatnitelnosti pro

dopravce spravující kolejovou infrastrukturu a kolejová vozidla. Jeho modulární přístup umožňuje postupnou implementaci a přizpůsobení různým sítím, typům vozidel a organizačním kontextům.

Tím, že řešení umožňuje včasný zásah a správu majetku orientovanou na životní cyklus, podporuje principy oběhového hospodářství, zejména prodlužování životnosti prostředků a zvyšování efektivity využívání zdrojů.

Řešení primárně přispívá k fázi EXTEND - údržba a opravy - tím, že umožňuje včasné zásahy a prodlužuje životnost prostředků.

3.2.4. Pilot P.4: Simulace elektrifikovaných koridorů veřejné dopravy a energetických toků (Gdyně, Polsko)

Stručný popis pilotního projektu

Tento pilotní projekt se zaměřuje na využití digitálního modelování a simulačních nástrojů k podpoře cirkulárního a zdrojově efektivního plánování elektrifikace v systémech veřejné dopravy. Realizuje jej v Gdyni dopravce PKA Gdynia ve spolupráci s Univerzitou v Gdaňsku (UG) a technologickým partnerem Kruch Railway Innovations. Jeho cílem je umožnit rozhodování založené na datech při investicích

do infrastruktury, technologií vozidel a provozních strategií.

Digitální dvojče západního koridoru bylo vyvinuto s využitím nástroje Energy Flow Simulation (EFS). Model integruje provozní data, jako jsou charakteristiky vozového parku, četnost spojů a spotřeba energie, a umožňuje simulovat různé scénáře elektrifikace, včetně bateriových elektrobusů, trolejbusů s dobíjením za jízdy (IMC) a hybridních konfigurací.

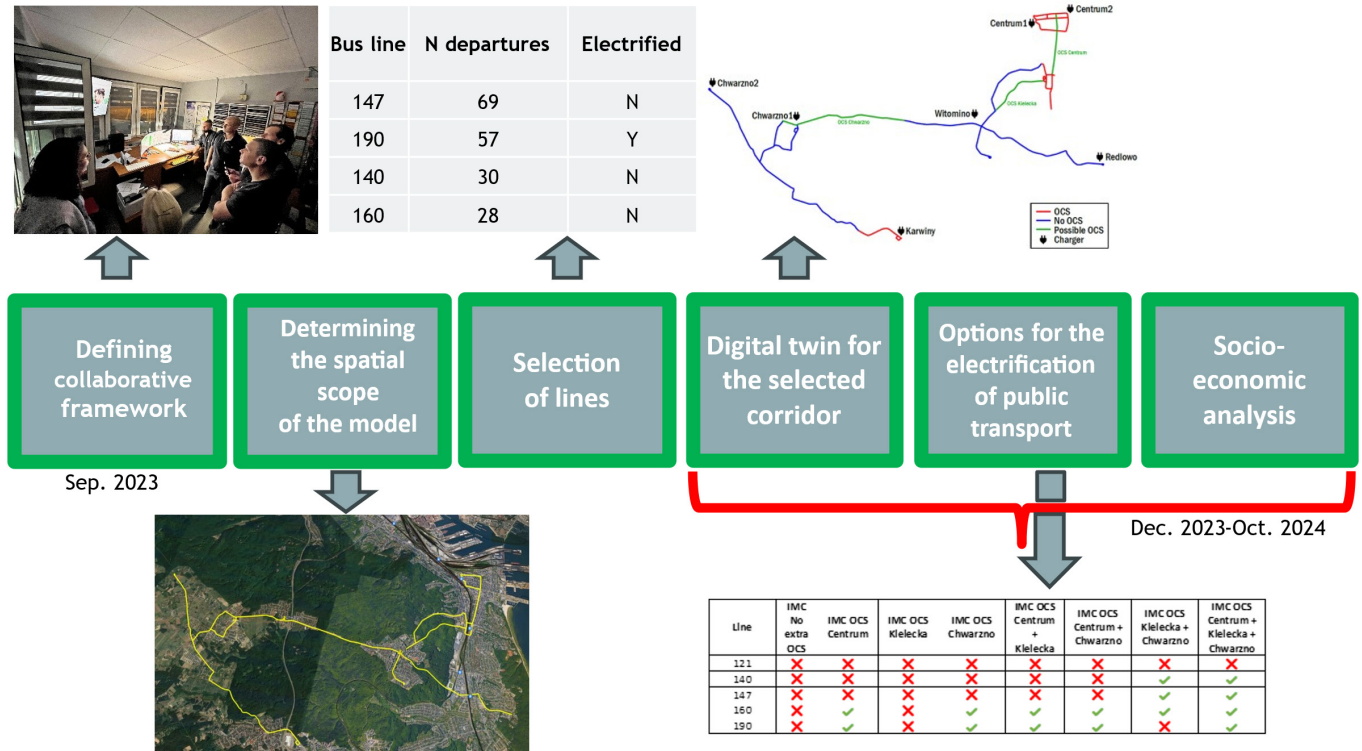


Obrázek 19: Prostorové uspořádání západního koridoru v Gdyni.

Potřebné zdroje

Pilotní projekt vyžadoval modelovací nástroje, provozní data a úzkou spolupráci mezi dopravci, výzkumníky a poskytovateli technologií. Mezi klíčové zdroje patřilo simulační prostředí EFS a podrobná vstupní data, jako jsou jízdni řady vozidel, parametry spotřeby energie a dopravní podmínky.

Institucionální koordinace byla nezbytná pro zajištění realistických modelových předpokladů a validace výsledků, včetně zapojení dopravce, městských orgánů a zainteresovaných subjektů v oblasti infrastruktury.



Obrázek 20: Proces vývoje modelu Energy Flow Simulation (EFS) pro digitální dvojče v Gdyni.

Důkazy o úspěšnosti

Pilotní projekt ukázal, že digitální simulace může účinně podpořit plánování elektrifikace a optimalizaci infrastruktury. Digitální dvojče koridoru bylo úspěšně vyvinuto a validováno s využitím reálných provozních dat z autobusové linky 190.

Bylo simulováno více než 110 scénářů elektrifikace, které porovnávaly bateriové elektrobusy, trolejbusy s dobíjením za jízdy (IMC) a hybridní přístupy. Analýza

ukázala, že provoz IMC vyžaduje cílené rozšíření infrastruktury, zatímco některé linky, například linka 190, mohou fungovat bez dodatečné trolejové infrastruktury.

Výsledky také ukázaly, že provoz bateriových elektrobusů může vyžadovat vyšší počet vozidel ve srovnání s řešeními IMC, a potvrdily, že dopravní podmínky významně ovlivňují spotřebu energie, potřebu vozidel a systémové náklady.

Line	E-bus base	E-bus extra	IMC No extra OCS	IMC OCS Centrum	IMC OCS Kielecka	IMC OCS Chwarzno	IMC OCS Centrum + Kielecka	IMC OCS Centrum + Chwarzno	IMC OCS Kielecka + Chwarzno	IMC OCS Centrum + Kielecka + Chwarzno
121	✓		X			✓		✓	✓	✓
140	X	✓+2	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
147	X	✓+3	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
160	X	✓+2	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
190 Loop	X	✓+3	✓	✓			✓	✓		✓
Total vehicles	26	36	26	26	26	26	26	26	26	26
Total chargers	7	7								
Extra Substations				1	1	2	2	3	3	4
Extra OCS km				1,51	1,54	3,12	3,05	4,63	4,66	6,17

Obrázek 21: Příklad výsledků simulace porovnávající různé scénáře elektrifikace, znázorňující energetickou bilanci vozidla a dosažitelný stav nabití po 10 hodinách provozu.

Line	Vehicles	IMC without OCS		IMC with extra OCS in Centrum		IMC with extra OCS in Chwarzno		IMC with extra OCS in Kielecka		IMC with extra OCS in Centrum and Chwarzno		IMC with extra OCS in Centrum and Kielecka		IMC with extra OCS in Chwarzno and Kielecka	
		SOC [%]	Battery [h]	SOC [%]	Battery [h]	SOC [%]	Battery [h]	SOC [%]	Battery [h]	SOC [%]	Battery [h]	SOC [%]	Battery [h]	SOC [%]	Battery [h]
121	3	20	1,4	20	1,4	49	>10	20	1,4	48,9	>10	20	1,4	49,1	>10
140	7	20	1	20	1	59,4	>10	20	2,7	59,8	>10	24,2	>10	64,2	>10
147	7	20	4	31,6	>10	66,4	>10	40,9	>10	68,8	>10	41,5	>10	71,1	>10
160	3	20	2	41	>10	67	>10	52	>10	68,8	>10	51,9	>10	78,8	>10
190Loop	6	54	>10	60,1	>10	54,7	>10	55,1	>10	60,3	>10	60,3	>10	56,1	>10

Obrázek 22: Porovnání scénářů elektrifikace ukazující provozní proveditelnost různých technologií vozidel a konfigurací infrastruktury i proveditelnost z hlediska stavu nabití po 10 hodinách provozu.

Zjištěné výzvy

Výzvy se týkaly především integrace dat a modelování. Provozní data z různých zdrojů (doprava, provoz a energie) vyžadovala harmonizaci, což zpočátku zpomalilo proces modelování.

Další složitost vznikla při modelování degradace baterií a výkonnosti v průběhu životního cyklu, jakož i při přesném zachycení dopravních podmínek, což vyžadovalo iterativní kalibraci modelu a zahrnutí prvků, jako jsou dopravní signály.

Tyto výzvy byly řešeny prostřednictvím postupného zpřesňování modelu a validace pomocí reálných dat.

Potenciál pro rozvoj a uplatnění

Pilotní projekt vykazuje vysoký potenciál přenosu pro města plánující elektrifikaci systémů veřejné dopravy. Přístup založený na digitálním dvojčeti umožňuje porovnat více scénářů ještě před rozhodnutím o investicích do infrastruktury, a tím podporuje efektivnější a informovanější rozhodování.

Jeho modulární struktura umožňuje přizpůsobení různým městským podmínkám, pokud jsou k dispozici dostatečná provozní data. Tento přístup podporuje cirkulární plánování tím, že optimalizuje využití zdrojů, snižuje zbytečné investice a zvyšuje efektivitu na úrovni celého systému.

3.2.5. Řešení S.4: Nástroj pro cirkulární obchodní plánování elektrifikovaných vozových parků a infrastruktury veřejné dopravy

Stručný popis řešení

Toto řešení poskytuje strukturovaný plánovací nástroj podporující dopravce a orgány veřejné dopravy při navrhování a porovnávání scénářů elektrifikace s využitím principů oběhového hospodářství. Vychází z pilotního projektu v Gdyni, kde byly k posouzení různých strategií elektrifikace použity modelování digitálního dvojčete a simulace energetických toků. Řešení převádí tyto zkušenosti do přenositelného rámce založeného na KPI, který propojuje cirkulární cíle s praktickým plánováním a investičním rozhodováním.

Cíle řešení

Cílem řešení je podpořit plánování elektrifikovaných systémů veřejné dopravy založené na důkazech a zlepšit konzistentnost při hodnocení scénářů. Tím, že převádí cíle oběhového hospodářství do měřitelných ukazatelů, umožňuje porovnávat možnosti elektrifikace, zvyšuje transparentnost předpokladů a podporuje integraci plánování vozového parku, infrastruktury a energetiky.

Základní koncept řešení

Řešení je založeno na plánovacím postupu řízeném pomocí KPI, který je podpořen strukturovaným procesem výběru a konfigurace. Umožňuje uživatelům definovat relevantní ukazatele, stanovit cíle a porovnávat různé scénáře elektrifikace pomocí konzistentního rámce.

Tento přístup chápe vozový park, infrastrukturu a energetické systémy jako integrovanou oblast plánování a propojuje technickou výkonnost, spotřebu energie a výsledky v oblasti cirkularity s cílem podpořit informované rozhodování. V praxi nástroj podporuje strukturovaný pracovní postup:

výběr → **konfigurace** → **analýza scénářů** → **porovnání** → **podpora rozhodování**

Řešení chápe vozový park, infrastrukturu a energetické systémy jako jednu oblast plánování, v níž energie působí jako systémová páteř ovlivňující výkonnost, náklady a výsledky v oblasti cirkularity.

Implementační poznatky

Implementace ukázala, že dostupnost a kvalita dat jsou zásadní a často vyžadují kombinaci více zdrojů. Standardizované definice KPI a jasné řízení, včetně určení odpovědnosti a postupů aktualizace, jsou nezbytné pro konzistentní používání.

Doporučuje se postupný přístup, který začne se základní sadou KPI a bude ji v průběhu času rozšiřovat, přičemž musí být zajištěn soulad se stávajícími procesy plánování a reportingu.

Potenciál uplatnitelnosti

Řešení vykazuje vysoký potenciál uplatnitelnosti pro dopravce veřejné dopravy plánující elektrifikaci vozového parku.

Lze jej uplatnit napříč různými typy systémů a přizpůsobit místním podmínkám, včetně energetického mixu, infrastrukturních omezení a provozních požadavků.

Tím, že řešení podporuje konzistentní porovnávání scénářů a plánování orientované na životní cyklus,

přispívá k efektivnějšímu využívání zdrojů a informovanějším investičním rozhodnutím.

Řešení primárně přispívá k fázi AVOID - počáteční plánování a optimalizace systému - tím, že umožňuje informovanější a konzistentnější rozhodování.

3.3. Aktivita A.3: Vývoj řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu v infrastruktuře veřejné dopravy

Tato aktivita se zaměřuje na prodlužování životního cyklu komponent infrastruktury veřejné dopravy a energetických zařízení prostřednictvím přístupů opětovného použití a změny účelu využití. Na úrovni infrastruktury řeší principy oběhového hospodářství tím, že zkoumá, jak mohou stávající komponenty a materiály zůstat v provozu i mimo svůj původní provozní kontext.

V rámci této aktivity byly realizovány dvě pilotní akce. V Szegedu pilotní projekt zkoumal proveditelnost opětovného použití trolejbusových výhybek s cílem prodloužit životnost kritických infrastrukturních komponent a snížit materiálový odpad. V Mariboru

pilotní projekt analyzoval změnu účelu využití trakčních baterií po ukončení jejich první životnosti na stacionární úložiště energie pro podporu nabíjecí infrastruktury elektrických autobusů.

Tyto pilotní projekty společně ukazují praktické přístupy k zachování hodnoty vložené do infrastruktury veřejné dopravy a souvisejících prostředků, a zároveň snižují spotřebu zdrojů a podporují cirkulárnější postupy správy majetku. Zkušenosti získané v rámci těchto pilotních projektů tvoří základ pro vývoj přenositelných řešení představených v následujících částech.

3.3.1. Pilot P.5: Opětovné použití trolejbusových výhybek (Szeged, Maďarsko)

Stručný popis pilotního projektu

Tento pilotní projekt se zaměřuje na praktické uplatnění principů oběhového hospodářství prostřednictvím opětovného použití komponent infrastruktury trolejbusové dopravy. Projekt realizovaný společností Szeged Transport Company (SZKT) ukazuje, jak lze komponenty, které již nejsou optimální pro provoz s vysokou intenzitou, znovu

využít v částech systému s nižšími provozními nároky.

V rámci pilotního projektu byly čtyři rychlostní výhybky trolejového vedení z provozní sítě, původně instalované v letech 2005 až 2014, nahrazeny novým zařízením a následně znovu použity ve vozovně. Tento přístup prodloužil životnost stávajících komponent a zároveň zvýšil spolehlivost infrastruktury jak v síti, tak ve vozovně.



Obrázek 23: Výhybka trolejového vedení používaná v síti v Szegedu.

Potřebné zdroje

Pilotní projekt vyžadoval poměrně omezené technické zdroje, protože práce spočívaly především ve výměně a přemístění stávajících infrastrukturních komponent v rámci trolejbusového systému. Realizace se opírala o interní kapacity společnosti SZKT, včetně týmů údržby

infrastruktury, provozu dopravy a logistických jednotek. Byla nutná koordinace při řízení instalačních prací a dočasných úprav provozu, jakož i spolupráce s místními orgány během krátkodobých zásahů do silničního provozu.



Obrázek 24: Instalace trolejbusové výhybky týmem údržby SZKT.

Důkazy o úspěšnosti

Pilotní projekt úspěšně prokázal, že opětovné použití infrastrukturních komponent může zvýšit spolehlivost a zároveň snížit investiční potřeby. V hlavní síti byly instalovány čtyři nové výhybky, zatímco čtyři znovu použité výhybky byly nasazeny ve vozovně, čímž se zlepšil výkon infrastruktury na osmi místech.

Výměna snížila počet poruch v úsecích s vysokou frekvencí provozu a odstranila problémy se zastaralými výhybkami ve vozovně, přičemž zároveň zabránila zbytečnému pořizování dalšího vybavení a snížila materiálový odpad.

Pilotní projekt úspěšně prokázal, že cirkulární opětovné použití infrastrukturních komponent může zvýšit provozní spolehlivost a zároveň snížit investiční potřeby. Mezi klíčové výsledky dosažené během realizace patří:

Zjištěné výzvy

Výzvy souvisely především s koordinací a integrací do stávajícího infrastrukturního systému. Rozdíly v podpurných prvcích, jako jsou stožáry a základy, vyžadovaly během instalace úpravy. Další úsilí bylo nutné věnovat organizaci dočasných dopravních opatření a zajištění bezpečné integrace znovu použitých komponent do systému.

Potenciál pro rozvoj a uplatnění

Pilotní projekt ukazuje jednoduchý a přenositelný cirkulární přístup využitelný v mnoha systémech veřejné dopravy. Infrastrukturní komponenty odstraněné z úseků s vysokou intenzitou provozu lze často znovu použít v prostředích s nižšími nároky, jako jsou vozovny.

Systematickou identifikací těchto příležitostí mohou dopravci prodlužovat životnost prostředků, snižovat investiční náklady a minimalizovat materiálový odpad, a tím podporovat efektivnější a cirkulárnější správu infrastruktury.

3.3.2. Řešení S.5: Definice kritérií pro zavádění opětovného použití trolejbusových výhybek

Stručný popis řešení

Toto řešení poskytuje přenositelný rámec pro cirkulární opětovné použití výhybek trolejového vedení v systémech veřejné dopravy. Vychází ze zkušeností z pilotního projektu v Szegedu a převádí tento praktický přístup do souboru kritérií pro zavádění, která mohou uplatnit i další dopravci.

Řešení zavádí kaskádový model opětovného použití, v němž jsou infrastrukturní komponenty odstraněné z úseků sítě s vysokou intenzitou provozu znovu nasazeny v místech s nižší provozní zátěží, například ve vozovných. Tento přístup prodlužuje životnost prostředků, snižuje množství odpadu a zvyšuje nákladovou efektivitu při obnově infrastruktury.

Cíle řešení

Cílem řešení je podpořit provozovatele veřejné dopravy při zavádění cirkulárních postupů správy infrastruktury.

Zaměřuje se na prodloužení provozní životnosti infrastrukturních komponent, snížení spotřeby materiálu, zvýšení investiční efektivity a zachování spolehlivosti a bezpečnosti prostřednictvím strukturovaných přístupů k opětovnému použití.

Základní koncept řešení

Řešení je založeno na přiřazování infrastrukturních komponent k různým úrovním provozní intenzity v rámci sítě. Komponenty odstraněné z úseků sítě s vysokou frekvencí provozu již nemusí splňovat přísné požadavky na spolehlivost, ale mohou stále účinně fungovat v prostředích s nižší zátěží, například ve

vozovných. To vede k dvouúrovňovému přístupu k infrastruktuře, který rozlišuje mezi provozními oblastmi s vysokou intenzitou a servisními prostředními s nižší intenzitou. Tím, že jsou technický stav komponent sladěn s provozními požadavky, mohou dopravci prodlužovat životnost prostředků a zároveň zachovat výkonnost systému.

Implementační poznatky

Implementace ukazuje, že úspěšné opětovné použití závisí na správném posouzení technického stavu a kompatibilitě se stávajícími prvky infrastruktury, jako jsou stožáry, vedení a základy. Během instalace je nutná účinná koordinace mezi údržbou a provozem, zatímco systematická identifikace a evidence znovu použitelných komponent jsou klíčové pro rozšíření tohoto přístupu.

Potenciál uplatnitelnosti

Řešení vykazuje vysoký potenciál uplatnitelnosti pro dopravce spravující trolejbusovou nebo tramvajovou infrastrukturu. V mnoha systémech existují podobné podmínky, kdy infrastruktura v sítích a vozovných funguje při různých úrovních intenzity provozu.

Začleněním provozní intenzity do správy majetku mohou dopravci systematicky identifikovat příležitosti k opětovnému použití, snižovat náklady a prodlužovat životní cyklus infrastruktury, a tím podporovat principy oběhového hospodářství.

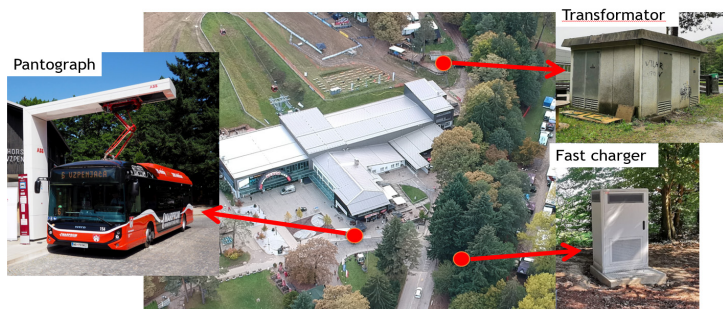
Řešení tak přispívá k fázi EXTEND - opětovné použití - v rámci oběhového hospodářství při správě infrastruktury veřejné dopravy.

3.3.3. Pilot P.6: Druhotné využití trakčních baterií jako stacionárního úložiště energie pro rychlé nabíjení napájené z obnovitelných zdrojů (Maribor, Slovinsko)

Stručný popis pilotního projektu

Tento pilotní projekt zkoumá využití lithium-iontových baterií po ukončení jejich první životnosti jako stacionárního úložiště energie pro podporu nabíjecí infrastruktury elektrických autobusů. Projekt realizovaný městem Maribor s podporou University of Maribor se zaměřuje na zlepšení energetické účinnosti a zároveň na prodloužení životního cyklu trakčních baterií.

Na konečné stanici Vzpenjača zajišťuje rychlonabíječka o výkonu 150 kW napájení pro linku elektrických autobusů G6, která jezdí na trase dlouhé 7,7 km a vyžaduje časté krátké dobíjení. Za účelem optimalizace spotřeby energie byl do nabíjecí infrastruktury integrován bateriový systém pro ukládání energie (BESS) založený na repasovaných bateriích, který funguje jako vyrovnávací zásobník mezi distribuční sítí, obnovitelnými zdroji energie a poptávkou po nabíjení.



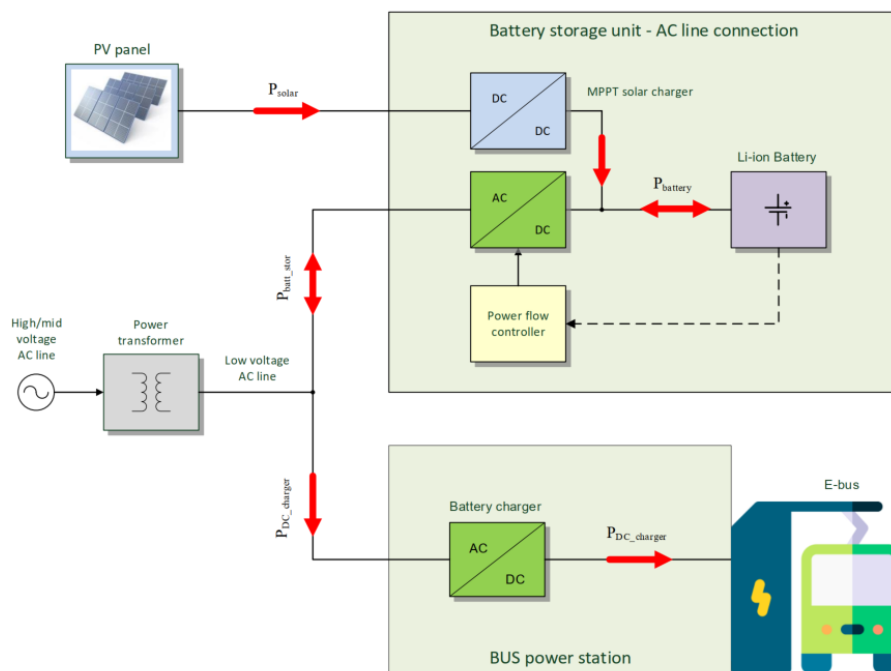
Obrázek 25: Současná nabíjecí infrastruktura na stanici Vzpenjača.

Potřebné zdroje

Pilotní projekt vyžadoval integraci bateriového úložiště druhého životního cyklu o kapacitě 136 kWh v kombinaci s 80 kW hybridním střídačem a napojením na stávající 150 kW stejnosměrnou rychlonabíječku. Systém zahrnoval také monitorovací a řídicí komponenty a menší fotovoltaickou instalaci. BESS je připojen v paralelní hybridní konfiguraci, která

umožňuje současné napájení ze sítě i z úložiště během nabíjení autobusů.

Realizace vyžadovala koordinaci mezi městskými orgány, výzkumnými partnery a technickými dodavateli, jakož i soulad s bezpečnostními a regulačními požadavky pro bateriové systémy.



Obrázek 26: Technické schéma paralelní konfigurace integrace BESS. Zdroj: University of Maribor.

Důkazy o úspěšnosti

Pilotní projekt potvrdil technickou proveditelnost integrace baterií s druhým životním cyklem do nabíjecí infrastruktury. Systém pokrývá roční poptávku po nabíjení přibližně 145 000 kWh, při denní spotřebě okolo 400 kWh a špičkách až 650 kWh, přičemž jednotlivé nabíjecí relace trvají přibližně 5 minut a přenese se při nich 8-14 kWh.

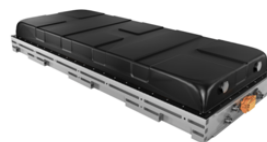
BESS umožnil snížení špičkového zatížení přibližně o 25 kW a prokázal hybridní provoz mezi sítí a úložištěm. Integrace fotovoltaické výroby dále podpořila energetickou flexibilitu a snížila závislost na elektrické síti.

Celkově pilotní projekt ukázal, že bateriové úložiště založené na bateriích s druhým životním cyklem může zlepšit energetický management a prodloužit životní cyklus baterií v systémech veřejné dopravy.



- Solar Panel (10 pcs. Array)**
350W Monocrystalline
- Vmp: 36,11V
 - Imp: 9,69A
 - Voc: 44,05V
 - Isc: 10,37A
 - Cell Size: 156mm
 - Cells Quantity: 72 PCS
 - Cells Array: 6'12 PCS
 - Panel Size: 1950*992*40mm
 - Weight: 19,5 KG

- Energy Storage Battery Pack**
- FPT - Model eBS 69
 - Application: Bus
 - Nominal capacity: 107 Ah
 - Nominal energy: 69,3 kWh
 - Nominal voltage: 647,5 V
 - Voltage range: 525 - 735 V
 - C-rate: 1 C
 - Weight: 389 kg
 - Cathode technology: NMC
 - Cell configuration: 175S-2P
 - Cooling system: Glycol/Water



- Three Phase Hybrid Inverter DEYE SUN-80K**
- Max. charging/discharging current of 160A
 - Support storing energy from diesel generator
 - Max. 10 pcs parallel for on-grid and off-grid operation
 - Support multiple batteries parallel
 - AC couple to retrofit existing solar system
 - 6 time periods for battery charging/discharging
 - High voltage battery, higher efficiency
 - 100% unbalanced output

Obrázek 27: Klíčové komponenty systému BESS: FV panely, střídač a bateriový blok s druhým životním cyklem.

Zjištěné výzvy

Mezi výzvy patřila omezená standardizace integrace baterií s druhým životním cyklem, kompatibilita mezi bateriovými moduly a systémy střídačů a zajištění tepelné stability a požární bezpečnosti.

Další otázky související se zajištěním vhodných baterií, regulačními požadavky a omezenými zkušenostmi trhu byly řešeny prostřednictvím pečlivého návrhu systému a spolupráce se specializovanými odborníky.

Potenciál pro rozvoj a uplatnění

3.3.4. Řešení S.6: Přenositelné obchodní modely pro druhotné využití trakčních baterií

Stručný popis řešení

Toto řešení poskytuje přenositelný rámec pro využití trakčních baterií po ukončení jejich první životnosti jako stacionárních úložišť energie v nabíjecí infrastruktuře veřejné dopravy. Vychází z pilotního projektu v Mariboru a převádí jeho technické a provozní zkušenosti do obchodních modelů a implementačních podmínek, které lze uplatnit i v jiných kontextech.

Řešení podporuje principy oběhového hospodářství tím, že prodlužuje životní cyklus baterií před jejich recyklací a zároveň zlepšuje energetický management, snižuje špičkovou poptávku po elektřině a podporuje integraci obnovitelných zdrojů energie.

Cíle řešení

Cílem řešení je pomoci dopravcům a orgánům veřejné dopravy zavádět bateriová úložiště založená na bateriích s druhým životním cyklem jako součást elektrifikované dopravní infrastruktury. Zaměřuje se na prodloužení životního cyklu baterií, zlepšení flexibility nabíjení, snížení špičkové poptávky, podporu

Pilotní projekt vykazuje vysoký potenciál uplatnitelnosti pro města rozšiřující infrastrukturu pro elektrické autobusy. Bateriová úložiště založená na bateriích s druhým životním cyklem mohou podpořit řízení špičkového zatížení, zvýšit energetickou flexibilitu a umožnit lepší integraci obnovitelných zdrojů energie.

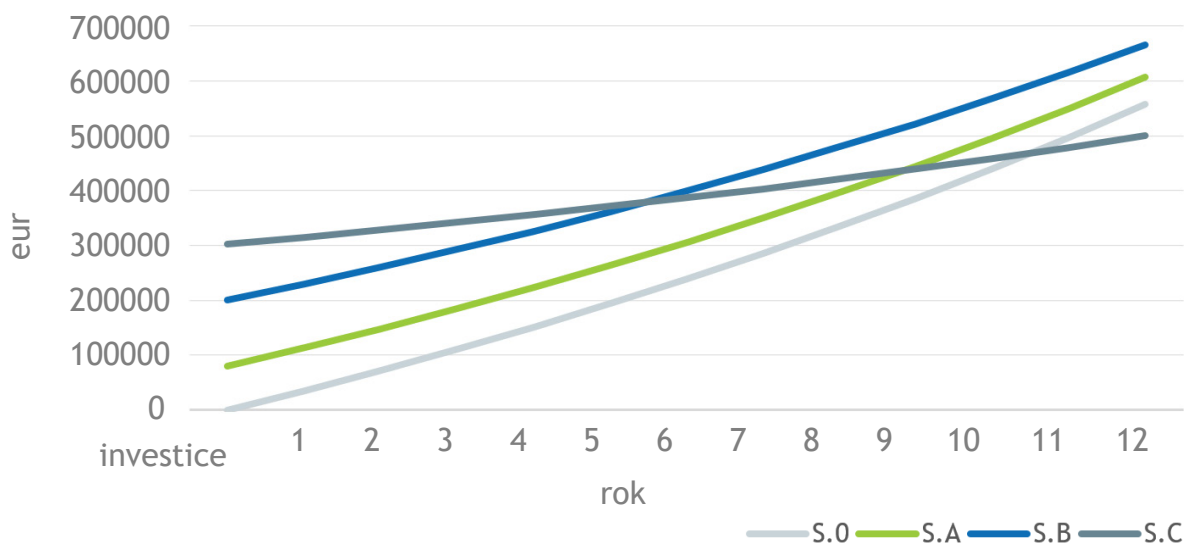
Modulární charakter řešení BESS umožňuje přizpůsobení různým podmínkám a podporuje principy oběhového hospodářství tím, že prodlužuje životní cyklus baterií a zvyšuje efektivitu využívání zdrojů.

integrace obnovitelných zdrojů energie a vytváření ekonomicky životaschopných přístupů k využití baterií s druhým životním cyklem.

Základní koncept řešení

Řešení je založeno na integraci systémů bateriového úložiště energie s druhým životním cyklem mezi elektrickou sítí, obnovitelné zdroje energie a poptávku po nabíjení. V této roli bateriový systém funguje jako flexibilní energetický buffer, který podporuje snižování špiček, přesun zatížení v čase a využívání energie z obnovitelných zdrojů.

Jeho praktické uplatnění závisí na sladění tří dimenzí: technické integrace, strategie energetického managementu a ekonomických a regulačních podmínek. Namísto nabídky jednoho pevně daného modelu poskytuje řešení flexibilní rámec, který lze přizpůsobit místní infrastruktuře, profilům zatížení a tržním podmínkám. Zatímco samotné snižování špiček přináší omezené přínosy, kombinace úložiště s optimalizací tarifů a integrací obnovitelných zdrojů energie významně zvyšuje celkovou výkonnost.



Obrázek 28: Porovnání kumulativních nákladů na elektřinu v různých scénářích energetického managementu.

- S.0: Výchozí stav (bez úložiště): plná závislost na elektřině ze sítě
- S.1: Snižování špiček: omezení krátkodobých výkonových špiček s omezeným ekonomickým přínosem
- S.2: Optimalizace tarifů: přesun spotřeby energie do období s nižší cenou, zvyšující nákladovou efektivitu
- S.3: Integrace obnovitelných zdrojů: kombinace úložiště s obnovitelnými zdroji energie za účelem snížení závislosti na síti a maximalizace dlouhodobé hodnoty

Implementační poznatky

Implementace ukázala, že klíčovou podmínkou úspěchu je kompatibilita mezi bateriovými moduly, systémy střídačů a nabíjecí infrastrukturou, přičemž požadavky na bezpečnost a architekturu systému je nutné zohlednit již od samého začátku.

Ekonomická životaschopnost výrazně závisí na velikosti systému, profilu zatížení, tarifech za elektřinu a omezeních elektrické sítě. Samotné snižování špiček přináší v malém měřítku omezenou návratnost,

zatímco kombinace úložiště s integrací obnovitelných zdrojů energie významně zvyšuje dlouhodobou hodnotu.

Potenciál uplatnitelnosti

Řešení vykazuje vysoký potenciál uplatnitelnosti pro systémy veřejné dopravy procházející elektrifikací. Mnoho měst čelí podobným výzvám souvisejícím s poptávkou po nabíjení, omezeními elektrické sítě a budoucím nakládáním s bateriemi.

Bateriová úložiště založená na bateriích s druhým životním cyklem nabízejí praktický způsob, jak tyto otázky řešit současně, a mohou být využita u průběžných nabíjecích stanic, ve vozovkách nebo v mobilních uzlech. Tímto způsobem řešení podporuje jak cíle oběhového hospodářství, tak flexibilnější energetický management v systémech veřejné dopravy.

Řešení primárně přispívá k fázi EXTEND - změna účelu využití - v hierarchii oběhového hospodářství tím, že umožňuje kaskádové využití trakčních baterií před jejich konečnou recyklací.

3.4. Aktivita A.4: Usnadnění zavádění řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu u vozidel a kolejových vozidel

Tato aktivita se zaměřuje na prodloužení životnosti komponent kolejových vozidel prostřednictvím renovace, repasování a lepšího sdílení informací napříč sektorem veřejné dopravy.

Pilotní projekt realizovaný v Szegedu demonstruje přepracování konstrukce a repasování zastaralé řídicí jednotky dveří tramvaje, které umožňuje další provoz stárnoucích tramvajových vozidel Tatra. Nahrazením kritického elektronického komponentu, který již není na trhu dostupný, pilotní projekt ukazuje, jak může

cílené přepracování komponent zachovat provozní hodnotu stávajících kolejových vozidel.

Zkušenosti získané v rámci pilotního projektu jsou propojeny s vývojem digitální platformy s použitými komponenty a nástroje pro zprostředkování kontaktů, která podporuje výměnu informací a spolupráci mezi aktéry veřejné dopravy s cílem usnadnit opětovné použití a repasování komponent vozidel.

3.4.1. Pilot P.7: Repasování a přepracování konstrukce řídicích jednotek tramvají za účelem umožnění opětovného použití komponent (Szeged, Maďarsko)

Stručný popis pilotního projektu

Tento pilotní projekt se zaměřuje na prodloužení provozní životnosti tramvajových vozidel prostřednictvím přepracování konstrukce a repasování kritického elektronického komponentu. Projekt realizovaný společností Szeged Transport Company (SZKT) řeší problém zastaralých řídicích jednotek dveří používaných ve vozových parcích tramvají Tatra T6A2 a KT4D-ME, které již nejsou na trhu náhradních dílů dostupné.

Za účelem zmírnění tohoto rizika byla vyvinuta nová, parametrizovatelná a diagnostikovatelná řídicí jednotka s využitím moderních komponent. Jednotka byla navržena tak, aby byla kompatibilní s oběma typy tramvají a aby se integrovala do stávajících dveřních systémů, což umožňuje další provoz stárnoucích vozidel bez nutnosti jejich předčasné výměny.



Obrázek 29: Tramvajová vozidla Tatra (typy KT4D a T6A2) v provozu v Szegedu.

Potřebné zdroje

Realizace vyžadovala technickou analýzu stávajících systémů, vývoj nového hardwaru a diagnostického softwaru a vytvoření kontrolovaného testovacího prostředí.

Další činnosti zahrnovaly certifikaci akreditovaným subjektem, regulační schválení pro provoz a výrobu počáteční série náhradních jednotek, podpořené úzkou spoluprací mezi interními týmy a externími partnery.



Obrázek 30: Kontrolované testovací prostředí použité pro funkční testování nově vyvinuté řídicí jednotky dveří.

Důkazy o úspěšnosti

Pilotní projekt úspěšně vyvinul a nasadil náhradní řídicí jednotku kompatibilní se dvěma typy tramvají. Celkem bylo identifikováno 99 původních jednotek jako kritické komponenty v rámci 28 vozidel a byla vyrobena a instalována počáteční série 40 nových jednotek.

Řešení odstranilo problém zastaralosti náhradních dílů u klíčového komponentu, zajistilo pokračování provozu vozového parku a zavedlo diagnostické funkce podporující lepší údržbu a detekci poruch.



Obrázek 31: Nově vyrobená řídicí jednotka dveří instalovaná v tramvajovém vozidle.

Zjištěné výzvy

Hlavní výzvou byl schvalovací proces pro nově vyvinutý elektronický komponent kritický z hlediska bezpečnosti, protože regulační postupy nebyly jednoznačně definovány a vyžadovaly rozsáhlou koordinaci s certifikačními orgány. Další složitost spočívala v zajištění kompatibility s různými tramvajovými systémy a ve stanovení technických specifikací vhodných pro dlouhodobý provoz.

Potenciál pro učení a přenos

Pilotní projekt ukazuje přenositelný přístup k řešení zastaralosti náhradních dílů u stárnoucích kolejových vozidel. Mnoho měst provozuje podobné tramvajové vozové parky a čelí srovnatelným výzvám.

Tuto metodiku - identifikaci kritických komponent, přepracování náhrad a získání certifikace - mohou převzít i další dopravci, čímž podpoří cirkulární strategie údržby a prodloužení životnosti vozidel.

Tento přístup primárně přispívá k dimenzi EXTEND rámce AETE, zejména prostřednictvím renovace a repasování komponent kolejových vozidel.

4. Získané poznatky

Napříč pilotními projekty CE4CE se objevilo několik klíčových témat, která ukazují, jak cirkulární řešení fungují v praxi za různých provozních podmínek.

Data a systémová integrace

Pilotní projekty zaměřené na prediktivní údržbu ukázaly, že účinnost digitálních řešení silně závisí na kvalitě dat a systémové integraci. V Lipsku umožnilo kontinuální monitorování z vozidla včasné odhalování závad infrastruktury, zároveň však odhalilo potřebu stabilních datových toků a ověřování prostřednictvím terénních inspekcí. Podobně přístupy založené na simulaci ukázaly, že harmonizace dat z různých zdrojů je předpokladem spolehlivého modelování a podpory rozhodování.

Prodlužování životnosti prostředků prostřednictvím opětovného použití a repasování

Pilotní projekty zaměřené na opětovné použití infrastruktury a komponent zdůraznily potenciál prodlužování životnosti prostředků. V Szegedu ukázalo opětovné použití trolejbusových výhybek, že komponenty odstraněné z úseků sítě s vysokou intenzitou provozu lze účinně znovu nasadit v prostředích s nižšími nároky. Podobný princip byl uplatněn při repasování řídicích jednotek tramvají, kde přepracování konstrukce umožnilo další provoz stárnoucích vozidel navzdory zastaralosti náhradních dílů.

Systémová integrace a tvorba hodnoty v energetických aplikacích

Pilotní projekty související s energetikou ukázaly, že hodnota cirkulárních řešení roste se systémovou integrací. V Mariboru vykazovalo bateriové úložiště založené na bateriích s druhým životním cyklem omezené přínosy, pokud bylo využíváno pouze ke snižování špiček, avšak výrazně vyšší hodnotu přineslo v kombinaci s integrací obnovitelných zdrojů energie a flexibilním energetickým managementem. To zdůrazňuje význam chápání cirkulárních řešení jako součásti širší optimalizace systému, nikoli jako samostatných zásahů.

Organizační připravenost a implementační procesy

Ve všech pilotních projektech závisela úspěšná realizace na koordinaci mezi více zúčastněnými stranami a na integraci do stávajících provozních struktur. Jako účinné při zvládnutí technické a organizační složitosti se ukázaly postupné implementační přístupy, které začínaly pilotním testováním a následně pokračovaly postupným rozšiřováním.

Tyto poznatky jsou shrnuty v následující tabulce.

Oblast	Klíčové poznatky
Technické aspekty a data	<ul style="list-style-type: none"> Úspěšná řešení závisí na kompatibilitě se stávající infrastrukturou a systémy, zejména v prostředí starších systémů. Spolehlivá implementace vyžaduje vysoce kvalitní a harmonizovaná data podpořená stabilními datovými toky. Modulární návrh systému umožňuje škálovatelné nasazení a flexibilní integraci.
Provozní aspekty	<ul style="list-style-type: none"> Implementace vyžaduje koordinaci napříč organizačními funkcemi a začlenění do stávajících pracovních postupů. Včasné zapojení zúčastněných stran výrazně snižuje rizika a usnadňuje realizaci. Postupné přístupy umožňují testování, ověřování a pozvolné rozšiřování.
Ekonomické aspekty	<ul style="list-style-type: none"> Cirkulární řešení obvykle vyžadují počáteční investice, ale vytvářejí hodnotu v delším časovém horizontu. Ekonomická výkonnost závisí na rozsahu systému, úrovni integrace a provozním kontextu. Významná část hodnoty vzniká prostřednictvím nepřímých přínosů, jako jsou spolehlivost a efektivita.
Poznatky z oblasti oběhového hospodářství	<ul style="list-style-type: none"> Největší potenciál spočívá v prodlužování životnosti prostředků, opětovném použití komponent a změně účelu využití energetických zařízení. Cirkulární strategie často sledují kaskádovou logiku napříč různými kontexty využití. Pro zachycení plné hodnoty je nezbytná perspektiva životního cyklu.
Přenositelnost	<ul style="list-style-type: none"> Nejvyšší potenciál přenosu vykazují řešení založená na modulárních a přizpůsobitelných přístupech. Přenos závisí na místních organizačních, technických a regulačních podmínkách. Sdílení znalostí a jasná dokumentace podporují replikaci.

Tabulka 7: Přehled průřezových získaných poznatků.

5. Kontrolní seznam implementace a klíčové aspekty

Na základě poznatků uvedených v kapitole 4 poskytuje tato kapitola praktické pokyny pro implementaci řešení CE4CE v různých místních podmínkách. Převádí identifikované poznatky do konkrétních kroků, klíčových faktorů úspěchu a rizikových hledisek s cílem podpořit zúčastněné strany při zavádění přístupů oběhového hospodářství v systémech veřejné dopravy.

Tyto pokyny jsou určeny provozovatelům veřejné dopravy, orgánům veřejné dopravy a dalším zúčastněným stranám, které chtějí přizpůsobit a implementovat řešení CE4CE s ohledem na místní technické, organizační a ekonomické podmínky.

5.1. Klíčové aspekty úspěšné implementace

Implementace řešení CE4CE vyžaduje zohlednění souboru klíčových aspektů, které určují proveditelnost, účinnost a škálovatelnost. Tyto aspekty odrážejí praktické požadavky identifikované prostřednictvím pilotních aktivit a procesů vývoje řešení.

Úspěšná implementace závisí na zajištění kompatibility se stávající infrastrukturou a systémy, zejména v prostředí starších systémů, a také na dostupnosti spolehlivých a dobře strukturovaných dat. Zároveň hraje klíčovou roli organizační připravenost, včetně koordinace mezi jednotlivými odděleními, zapojení

zúčastněných stran a schopnosti integrovat nové přístupy do stávajících pracovních postupů.

Ekonomickou životaschopnost je třeba posuzovat z hlediska životního cyklu se zohledněním přímých i nepřímých přínosů, zatímco regulační požadavky a schvalovací postupy mohou ovlivnit harmonogram implementace i návrh řešení. Kromě toho by řešení měla být navržena s ohledem na škálovatelnost a přenositelnost, aby bylo možné jejich přizpůsobení různým provozním a institucionálním podmínkám.

5.2. Kontrolní seznam implementace

Tabulka 9 poskytuje strukturovaný postup krok za krokem na podporu implementace řešení oběhového hospodářství v systémech veřejné dopravy, od počátečního posouzení až po rozšiřování a integraci do standardního provozu.

Krok	Zaměření
Krok 1: Počáteční posouzení	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikovat příležitosti pro oběhové hospodářství v oblasti infrastruktury, vozidel a energetických systémů • Analyzovat stávající postupy řízení životního cyklu majetku • Definovat prioritní oblasti pro zásah
Krok 2: Analýza proveditelnosti	<ul style="list-style-type: none"> • Posoudit technickou proveditelnost vybraných řešení • Vyhodnotit dostupnost dat a systémové požadavky • Analyzovat ekonomickou životaschopnost a potenciální přínosy • Identifikovat regulační omezení
Krok 3: Návrh řešení	<ul style="list-style-type: none"> • Definovat technický koncept a architekturu systému • Vybrat vhodné technologie a partnery • Vypracovat implementační plán a harmonogram • Definovat ukazatele výkonnosti
Krok 4: Implementace	<ul style="list-style-type: none"> • Nasadit řešení v kontrolovaném pilotním prostředí • Monitorovat výkonnost a shromažďovat data • Zapojit provozní pracovníky a další zúčastněné strany • Upravovat systém na základě zpětné vazby
Krok 5: Vyhodnocení a optimalizace	<ul style="list-style-type: none"> • Analyzovat výsledky pilotního projektu a data o výkonnosti • Identifikovat možnosti zlepšení a optimalizační potenciál • Ověřit ekonomické a provozní přínosy
Krok 6: Škálování a další uplatnění	<ul style="list-style-type: none"> • Vypracovat strategii rozšiřování v rámci organizace • Přizpůsobit řešení jiným kontextům nebo lokalitám • Sdílet znalosti a získané poznatky • Integrovat řešení do standardního provozu

Tabulka 9: Kontrolní seznam implementace krok za krokem.

5.3. Běžná rizika a opatření ke zmírnění

Implementace řešení oběhového hospodářství v systémech veřejné dopravy zahrnuje soubor běžných rizik souvisejících s daty, technologiemi, organizační kapacitou a regulačními podmínkami.

Jedna z klíčových výzev se týká dostupnosti a kvality dat, protože neúplná nebo nekonzistentní data mohou omezit účinnost digitálních nástrojů a rozhodování založeného na důkazech. To vyžaduje včasné posouzení dostupnosti dat spolu s validačními postupy a zavedením spolehlivých procesů správy dat.

Implementaci mohou ovlivnit také technické nekompatibility se stávající infrastrukturou a staršími systémy. Tyto výzvy lze řešit přijetím modulárních a flexibilních návrhů systémů, které umožňují postupnou integraci do stávajícího prostředí bez nutnosti rozsáhlých změn systému.

Regulační požadavky a schvalovací postupy mohou ovlivnit harmonogram implementace, zejména u inovativních nebo bezpečnostně kritických řešení. Proto je důležité včasné zapojení regulačních orgánů, aby se vyjasnily požadavky a snížilo riziko zpoždění.

Implementaci mohou dále ovlivnit omezení organizační kapacity, včetně nedostatku odborných znalostí nebo zdrojů. Tato rizika lze zmírnit budováním kapacit, cíleným školením a přidělením odpovídajících zdrojů na podporu implementace a provozu.

Nakonec hraje při úspěšné implementaci zásadní roli zapojení zúčastněných stran. Omezené zapojení nebo nesoulad mezi zúčastněnými stranami mohou bránit pokroku, zatímco průběžná komunikace a včasné zapojení podporují koordinaci, přijetí a účinnou implementaci.

Rizika	Opatření ke zmírnění
Nedostatek dat nebo nízká kvalita dat	Včasné posouzení a validace dat
Technická nekompatibilita	Modulární návrh systému
Regulační zpoždění	Včasné zapojení regulačních orgánů
Omezená organizační kapacita	Budování kapacit a školení
Nízké zapojení zúčastněných stran	Průběžná komunikace se zúčastněnými stranami

5.4. Závěry a perspektivy

Příručka CE4CE ukazuje, jak lze principy oběhového hospodářství převést do praktických aplikací v systémech veřejné dopravy. Prostřednictvím pilotních aktivit realizovaných v různých provozních kontextech projekt přinesl cenné zkušenosti s tím, jak zachovávat hodnotu, snižovat množství odpadu a zvyšovat efektivitu využívání zdrojů napříč infrastrukturou, vozidly a energetickými systémy.

Řešení představená v této příručce na těchto zkušenostech stavějí a poskytují strukturované, přenositelné přístupy, které mohou orgánům veřejné dopravy a dopravcům pomoci při zavádění cirkulárních postupů.

Společně s průřezovými získanými poznatky nabízejí jak strategickou orientaci, tak praktické pokyny pro přechod od lineární správy majetku k cirkulárnímu přístupu.

Kontrolní seznam uvedený v této příručce poskytuje strukturovaný přístup, který lze přizpůsobit různým kontextům veřejné dopravy a různým cirkulárním řešením. Průběžná výměna znalostí, spolupráce zúčastněných stran a další rozvoj cirkulárních obchodních modelů jsou nezbytnými předpoklady pro rozšíření těchto přístupů a podporu přechodu k udržitelnějším a cirkulárnějším systémům veřejné dopravy.

6. Reference

Výstupy projektu CE4CE:

- D.1.1.3 The Public Transport Circularity Compass - shrnutí výsledků s doporučeními pro zavádění.
- D.1.2.2 Zpráva o implementaci, testování, vyhodnocení a vzájemném hodnocení platformy CE4CE Public Transport Circularity Platform.
- D.3.1.1 Zpráva o společných požadavcích, přípravě pilotních projektů, implementaci a vyhodnocení: prediktivní údržba v Lipsku a Bergamu a simulace e-koridoru v Gdyni.
- D.3.1.2 Zpráva o vývoji společných digitálních řešení umožňujících a urychlujících cirkularitu ve veřejné dopravě.
- D.3.2.1 Zpráva o společných požadavcích a plánu přípravy pilotních projektů, implementace a vyhodnocení: opětovné použití trolejbusových výhybek v Szegedu a opětovné využití použitých baterií v Mariboru.
- D.3.2.2 Zpráva o vývoji řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu infrastruktury veřejné dopravy.
- D.3.3.1 Zpráva o společných požadavcích a plánu přípravy pilotních projektů, implementace a vyhodnocení.
- D.3.3.2 Zpráva na podporu zavádění řešení pro zachování hodnoty a snížení množství odpadu u vozidel a kolejových vozidel.

CE4CE project output factsheets:

- O1.1 CE4CE Public Transport Circularity Compass
- O1.2 Znalostní platforma CE4CE pro cirkularitu ve veřejné dopravě
- O3.1 Digitální optimalizace infrastruktury a vozidel prostřednictvím prediktivní údržby
- O3.2 Moduly pro prediktivní údržbu infrastruktury a kolejových vozidel
- O3.3 Simulace e-koridoru a energetických toků pro modelování cirkulárních scénářů rozšiřování elektrifikace
- O3.4 Nástroj pro cirkulární obchodní plánování elektrifikovaných vozových parků a infrastruktury veřejné dopravy
- O3.5 Prokázání proveditelnosti opětovného použití trolejbusových výhybek
- O3.6 Definice kritérií pro zavádění opětovného použití trolejbusových výhybek
- O3.7 Analýza využití použitých baterií k ukládání obnovitelné energie pro napájení rychlonabíječky jako příklad strategické orientace na cirkularitu
- O3.8 Vývoj přenositelných obchodních modelů pro opětovné využití baterií k ukládání obnovitelné energie v systémech veřejné dopravy
- O3.9 Návrh řídicích jednotek tramvají v rámci repasování tramvají
- O3.10 Online trh s použitými díly a nástroj pro zprostředkování kontaktů pro použité díly, produkty a sdílení informací



Scan me for the project website

Copyright: Szeged Transport Company

Projekt CE4CE (Infrastruktura veřejné dopravy ve střední Evropě - usnadnění přechodu na oběhové hospodářství) podporuje systémové uvažování v oblasti oběhového hospodářství u aktérů veřejné dopravy ve střední Evropě s cílem snižovat množství odpadu a vytvářet hodnotu v rámci nových životních cyklů infrastruktury a kolejových vozidel.

KONTAKTUJTE NÁS

Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH / Leipzig Public Transport Company
 Koordinátor projektu: pan Stefan Röll
 E-mail: CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de
 Webová stránka projektu: <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>
 LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/interreg-ce4ce/>
 YouTube: <https://www.youtube.com/@InterregCE4CE>
 Projektová znalostní platforma: <https://circularity4publictransport.eu/>

