

A KÖRFORGÁSOS KÖZÖSSÉGI KÖZLEKEDÉS ELŐMOZDÍTÁSA

Körforgásos gazdasági pilottapasztalatok és
megoldások közösségi közlekedési
üzemeltetők számára



Interreg
CENTRAL EUROPE



Co-funded by
the European Union

CE4CE

Impresszum

Projekt

CE0100250 CE4CE -Közösségi közlekedési infrastruktúra Közép-Európában - a körforgásos gazdaságra való átállás elősegítése

Kapcsolat

Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH/ Lipcsei Közlekedési Vállalat,
Cím: Georgiring 3, 04103 Leipzig, Németország
Web: <https://www.l.de/verkehrsbetriebe/>
E-mail: CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de

Finanszírozó

Interreg Central Europe program
Web: <https://www.interreg-central.eu/>

Szerzők

Danijel Hojski, Marjan Lep, Vlasta Rodošek (Maribori Egyetem, Szlovénia)

Közreműködők

Stefan Röhl, Conrad Jentzsch (Lipcsei Közlekedési Vállalat, Németország), Jan Röhl (Kruch Railways, Ausztria), Liliana Donato, Sara Biffi (ATB Bergamo, Olaszország), Gabriele Grea (Redmint Impresa Sociale srl, Olaszország), Dominika Kowalkowska (PKA Gdynia, Lengyelország), Agnieszka Szmelter-Jarosz, Marcin Wolek (Gdański Egyetem, Lengyelország), Németh Zoltán Ádám, Gábor Jéga-Szabó (SZKT Szeged, Magyarország), Mitja Klemencic (Maribor Önkormányzata), Alexandra Scharzenberger, Marta Woronowicz (trolley:motion szövetség, Ausztria), Laura López, Ana-Maria Baston (Rupprecht Consult, Németország), Nikolett Csörgő (Mobilissimus Kft, Magyarország)

Tördelés és dizájn

Danaja Dvornik (@_studio_kai_)

Megjelenés dátuma

2026.április

Szerzői jog

Jelen kiadvány szerzői joga a CE4CE projektkonzorciumot illeti, amelyet a Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH vezet. A kiadványban szereplő valamennyi kép és szöveges elem - amennyiben a forrás feltüntetésre került - a megjelölt szervezetek vagy személyek tulajdonát képezi.

A CE4CE projektről

A CE4CE projekt abban támogatja a közép-európai országok közösségi közlekedési szereplőit, hogy a körforgásos gazdaság rendszerszemléletét alkalmazva csökkentsék a hulladékot, és új életciklusok mentén értéket teremtsenek az infrastruktúra és a gördülőállomány területén. Ennek érdekében a CE4CE közösen olyan megoldásokat dolgoz ki, amelyek növelik az ágazat tudását és kapacitásait, segítenek csökkenteni a megvalósítás akadályait és költségeit, valamint előmozdítják új szolgáltatások és szakképzett munkahelyek kialakulását, továbbá olyan stratégiák és cselekvési tervek kidolgozását, amelyek javítják a szakpolitika-alkotást, a tanulást és a tapasztalatcserét regionális, illetve transznacionális szinten.

A CE4CE célja, hogy a körforgásos gazdaság elveit meghonosítsa a közösségi közlekedési ágazatban, és ezáltal csökkentsen a hulladékot, növelje az ágazat hatékonyságát, valamint javítsa a közösségi közlekedés ökológiai lábnyomát.



1. ábra: A CE4CE partnerei a megoldásokról és cselekvési tervekről folytatott közös megbeszélésen 2025-ben. Forrás: A CE4CE konzorcium.

Tartalom

1. Bevezetés	6
2. A CE4CE pilotprojektjeinek és megoldásainak felépítése	6
2.1. A CE4CE tevékenységeinek kapcsolódása az AETE életciklus-keretrendszerhez	7
3. CE4CE pilotprojektek és megoldások	10
3.1. A.1. tevékenység: A CE4CE Circularity Compass és Tudásplatform fejlesztése a közösségi közlekedés számára	11
3.1.1. Pilot P.1: Circularity Compass a közösségi közlekedés számára	11
3.1.2. S.1 megoldás: Körforgásos közösségi közlekedési tudásplatform	13
3.1.3. S.2 megoldás: Használt eszközök online piactere és közvetítő platformja	15
3.2. A.2. tevékenység: Közös digitális megoldások fejlesztése a körforgásosság közösségi közlekedésben történő bevezetéséhez és felgyorsításához	16
3.2.1. Pilot P.2: Digitális infrastruktúra- és járműoptimalizálás prediktív karbantartással (Lipcse, Németország)	16
3.2.2. Pilot P.2: Digitális infrastruktúra- és járműoptimalizálás prediktív karbantartással (Bergamo, Olaszország)	18
3.2.3. S.3 megoldás: Modulok az infrastruktúra és a gördülőállomány prediktív karbantartásához	20
3.2.4. Pilot P.4: Villamosított közösségi közlekedési folyosók és energiaáramlások szimulációja (Gdynia, Lengyelország)	22
3.2.5. S.4 megoldás: Körforgásos üzleti tervezési eszköz villamosított közösségi közlekedési flottákhoz és infrastruktúrához ...	24
3.3. A.3. tevékenység: Megoldások fejlesztése a közösségi közlekedési infrastruktúra értékének megőrzésére és hulladékának csökkentésére	25
3.3.1. Pilot P.5: Trolibusz-felsővezetéki váltók újrahasználata (Szeged, Magyarország)	25
3.3.2. S.5 megoldás: A trolibusz-felsővezetéki váltók újrahasználataira vonatkozó alkalmazási kritériumok meghatározása	27
3.3.3. Pilot P.6: A vonatási akkumulátorok második életciklusú felhasználása helyhez kötött energiatárolásra, megújuló energiával táplált gyorsítottéshez (Maribor, Szlovénia)	27
3.3.4. S.6 megoldás: Átültethető üzleti modellek a vonatási akkumulátorok második életciklusú felhasználására	29
3.4. A.4. tevékenység: A járművek és a gördülőállomány értékét megőrző és hulladékát csökkentő megoldások elterjedésének elősegítése	30
3.4.1. Pilot P.7: Villamosok vezérlőegységeinek újragyártása és újratervezése az alkatrészek újrahasználatainak lehetővé tételére (Szeged, Magyarország)	30
4. Levont tanulságok	33
5. Megvalósítási ellenőrzőlista és kulcsszemponatok	35
5.1. A sikeres megvalósítás kulcstényezői	35
5.2. Megvalósítási ellenőrzőlista	35
5.3. Gyakori kockázatok és kockázatcsökkentő intézkedések.....	37
5.4. Következtetések és kitekintés	37
6. Hivatkozások	38

Rövidítések jegyzéke

Rövidítés	Meghatározás
AETE	Avoid - Extend - Transform - Enable (elkerülés - meghosszabbítás - átalakítás - elősegítés)
BESS	Akkumulátoros energiatároló rendszer
CAN-BUS	Controller Area Network (CAN) busz
CE4CE	Körforgásos gazdaság Közép-Európában
DC	Egyenáram
EFS	Energiaáramlási szimuláció
GNSS	Globális navigációs műholdrendszer
IMC	Menet közbeni töltés
KPI	Kulcsfontosságú teljesítménymutató
PV	Fotovoltaikus
RES	Megújuló energiaforrások

A partnerek rövidítéseinek jegyzéke

Rövidítés	Meghatározás
LVB	Leipziger Verkehrsbetriebe, Németország
KRUCH	KRUCH Vasúti Innovációk, Ausztria
TM	trolley:motion, Ausztria
ATB	Azienda Trasporti Bergamo, Olaszország
REDMINT	Redmint Impresa Sociale, Olaszország
SZKT	Szegedi Közlekedési Társaság, Magyarország
MOBILISSIMUS	Mobilissimus, Magyarország
PKA	Gdynia közösségi közlekedési autóbusz-üzemeltetője, Lengyelország
MOM	Maribor Önkormányzata, Szlovénia
UG	Gdański Egyetem, Lengyelország
UM	Maribori Egyetem, Szlovénia
RUPPRECHT	Rupprecht Consult (az LVB tanácsadója), Németország

Vezetői összefoglaló

A CE4CE projekt a közép-európai közösségi közlekedési rendszerek körforgásos gazdasági gyakorlatai felé történő átállást támogatja azzal, hogy a körforgásos gazdaság elveit gyakorlati pilotintézkedésekké és átültethető megoldásokká alakítja, amelyek az infrastruktúra és a gördülőállomány teljes életciklusát érintik. Valós működési környezetben végzett kísérleteken és megoldásfejlesztésen keresztül a CE4CE hozzájárul a hulladék csökkentéséhez, az érték megőrzéséhez és új, körforgásos értékláncok kialakításához a közösségi közlekedésben.

A projekt keretében a közösségi közlekedési hatóságok, szolgáltatók és más érintettek közösen dolgoztak ki és teszteltek olyan pilotintézkedéseket és megoldásokat, amelyek növelik az ágazati tudást és kapacitásokat, segítik a megvalósítási akadályok és költségek csökkentését, valamint lehetővé teszik új szolgáltatások, készségek és körforgásos üzleti modellek kialakítását. A valós üzemi körülmények között alkalmazott konkrét megoldásokra építve a CE4CE az erőforrás-hatékonyság javítását, a környezeti hatások mérséklését és a közösségi közlekedési rendszerek hosszú távú fenntarthatóságát támogatja.

A kézikönyvben bemutatott pilotprojektek és megoldások közös fejlesztésen, pilotesztelésen és szakértői felülvizsgálaton alapulnak. Olyan körforgásos gyakorlatokat szemléltetnek, mint az eszközök élettartamának meghosszabbítása, újrahasználata, más célú hasznosítása és újragyártása, továbbá olyan támogató mechanizmusokat is bemutatnak - köztük digitális eszközöket, platformokat és üzleti modelleket -, amelyek elősegítik ezek szélesebb körű elterjedését a közösségi közlekedési ágazatban.

A CE4CE megvalósítása egy olyan transznacionális partnerségben történt, amely a teljes értékláncot és a rendszer egészét figyelembe vevő szemléletet képviseli, és hat közép-európai országból közösségi közlekedési hatóságokat és szolgáltatókat, önkormányzatokat, ipari és kutatási szervezeteket fog össze. A társult partnerek és a nemzetközi hálózatok bevonása tovább erősítette a kommunikációt, a tudáscserét és a projekt eredményeinek szélesebb körű átadását.

Ez a kézikönyv a CE4CE keretében kidolgozott fő pilotintézkedések és megoldások dokumentálását és terjesztését célozza, valamint gyakorlati felismeréseket, illetve útmutatást kínál azoknak az érintetteknek, akik a körforgásos gazdaság elveit közösségi közlekedési környezetben kívánják alkalmazni.

A kézikönyv felépítése a következő:

A 2. fejezet

bemutatja a CE4CE megközelítés fogalmi és módszertani keretét, beleértve az AETE modellt és annak jelentőségét a körforgásos gazdaság közösségi közlekedésben történő alkalmazása szempontjából.

A 3. fejezet

ismerteti a CE4CE pilotintézkedéseit és a hozzájuk kapcsolódó megoldásokat, kiemelve, miként alakultak át a gyakorlati tapasztalatok átültethető, alkalmazásközpontú kimenetekké.

A 4. fejezet

összegezi az összes pilotprojekt és megoldás legfontosabb tanulságait, azonosítva a közös sikertényezőket, kihívásokat és a megismételhetőség szempontjából releváns következtetéseket.

A 5. fejezet

megvalósítási útmutatót ad, benne gyakorlati lépésekkel, fő szempontokkal és kockázati tényezőkkel a CE4CE megoldások bevezetéséhez, és kitekintést nyújt a jövőbeli alkalmazásokra és a skálázhatóságra.



2. ábra: A CE4CE konzorcium a Mariborban tartott záró projekttalálkozón, 2026 márciusában. Szerzői jog: Maribori Egyetem.

1. Bevezetés

A CE4CE projekt fő célkitűzése

A CE4CE projekt fő célja, hogy lehetővé tegye a közösségi közlekedési hatóságok és szolgáltatók számára a lineáris eszközgazdálkodási megközelítésekről a körforgásos, életciklus-orientált modellekre való áttérést. A műszaki, szervezeti és piaci akadályok kezelésével a CE4CE támogatja az értékmegőrzést, a hulladékcsökkentést és az erőforrások hatékonyabb használatát a közösségi közlekedési infrastruktúra, a járművek és a kapcsolódó eszközök teljes körében.

Ennek érdekében a CE4CE a pilotmegvalósítást olyan, bevezetésorientált megoldások kidolgozásával kapcsolja össze, amelyek átültetése és adaptálása a projektpartnerségen túl is megvalósítható.

Projektpartnerség

A CE4CE megvalósítása transznacionális partnerségben zajlik, amely több közép-európai ország közösségi közlekedési hatóságait és szolgáltatóit, önkormányzatait, kutatóintézeteket és megoldásszolgáltatókat fogja össze. Ez a sokszínűség lehetővé teszi a körforgásos gazdasági

megközelítések tesztelését és fejlesztését eltérő működési, szervezeti és szabályozási környezetekben, miközben elősegíti a régiók közötti kölcsönös tanulást és tudáscserét.

A kézikönyv hatóköre

A kézikönyv célja a CE4CE keretében kidolgozott pilotintézkedések és megoldások dokumentálása, rendszerezése és bemutatása. Arra összpontosít, hogy a körforgásos gazdaság elveit miként tesztelték a gyakorlatban, és hogy az ebből született megoldások hogyan támogathatják a közösségi közlekedési szervezetek általi bevezetést.

A kézikönyv gyakorlati referenciaanyagként készült a körforgásos gazdaság megközelítéseit alkalmazni kívánó közösségi közlekedési hatóságok, szolgáltatók, szakpolitikai döntéshozók és más érintettek számára. Strukturált leírásokat ad a pilotokról és a megoldásokról, kiemeli a levont tanulságokat, és támogatja az átültethetőséget, illetve a más környezetben történő megismételhetőséget.

2. A CE4CE pilotprojektjeinek és megoldásainak felépítése

A CE4CE keretében a pilotintézkedések és a megoldások a projektben meghatározott három tematikus tevékenységi klaszter szerinti elrendezésben kerülnek bemutatásra. Ezek a klaszterek a körforgásos gazdaság egymástól elkülönülő kihívásterületeit mutatják be a közösségi közlekedés vonatkozásában, és közös keretet biztosítanak a projekteredmények fejlesztéséhez.

Minden tevékenységi klaszter a pilotintézkedéseket és a hozzájuk kapcsolódó megoldásokat egyaránt magában foglalja. A pilotintézkedések valós üzemi körülmények között megvalósított gyakorlati beavatkozások, amelyek célja a megközelítések tesztelése, empirikus bizonyítékok gyűjtése, valamint a műszaki, szervezeti és piaci kihívások feltárása. A pilotmegvalósítás és a közös fejlesztési folyamatok során szerzett tapasztalatok, eredmények és felismerések alapján minden pilot közvetlenül egy releváns megoldáshoz kapcsolódik, amely a pilot tanulságait átültethető, alkalmazásorientált kimenetűvé sűríti.

A kézikönyvben tárgyalt négy tematikus terület a következő:

- **A.1: A CE4CE Circularity Compass és Tudásplatform fejlesztése a közösségi közlekedés számára,** beleértve egy strukturált körforgásossági értékelési keretrendszert, egy webalapú tudásplatformot, valamint egy online használati- és közvetítőplatformot, amely a közösségi közlekedés életciklusában érintett szereplők közötti együttműködést és információmegosztást támogatja

- **A.2: Közös digitális megoldások fejlesztése a körforgásosság közösségi közlekedésben történő bevezetéséhez és felgyorsításához,** beleértve egy közös elemzési keretrendszert, valamint a prediktív karbantartással és az e-folyosók szimulációjával kapcsolatos pilotokat.

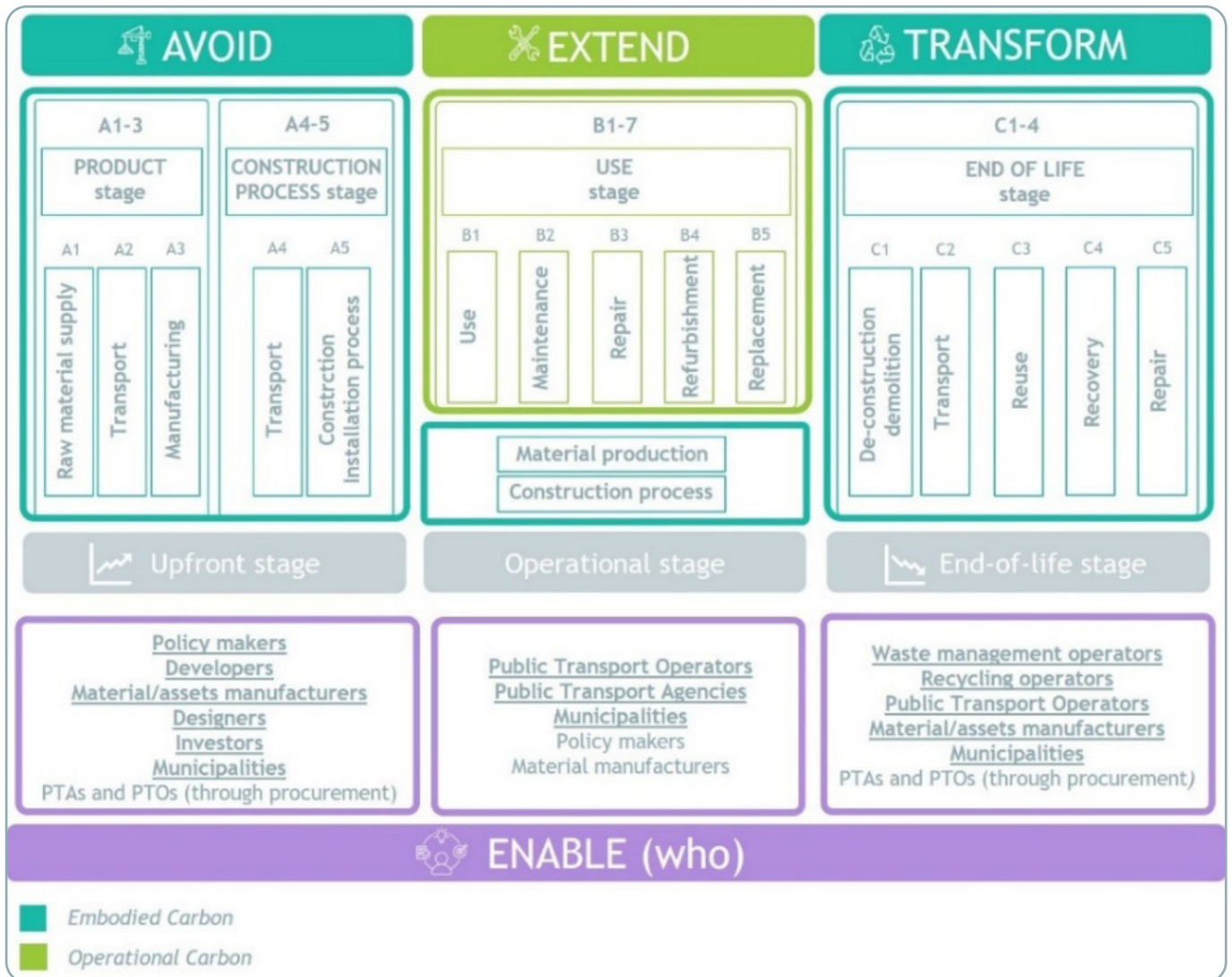
- **A.3: A közösségi közlekedési infrastruktúra értékét megőrző és hulladékát csökkentő megoldások fejlesztése,** ide tartozik az infrastruktúraelemek újrahaználata és az energiához kapcsolódó eszközök második életciklusú alkalmazása.

- **A.4: A járművek és a gördülőállomány értékének megőrzését, valamint hulladékának csökkentését szolgáló megoldások átvételének elősegítése,** különös tekintettel az újragyártásra, az újrahaználatra és a piacorientált mechanizmusokra.

A tevékenység alapú felépítés lehetővé teszi az olvasók számára, hogy könnyen eligazodjanak az azonos tematikus területen belüli pilotintézkedések és megoldások között, és világosan lássák, miként járulnak hozzá a CE4CE eredményei a körforgásos gazdaság elveinek megvalósításához a közösségi közlekedési rendszerek különböző szegmenseiben.

2.1. A CE4CE tevékenységeinek kapcsolódása az AETE életciklus-keretrendszerhez

A CE4CE tevékenységei, valamint a hozzájuk kapcsolódó Minden CE4CE tevékenység elsősorban meghatározott pilotintézkedések és megoldások összhangban állnak az **AETE-cselekvési területekre összpontosít**, miközben a **AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE)** (elkerülés - rendszer egészében a támogató feltételekhez is meghosszabbítás - átalakítás - elősegítés) életciklus-hozzájárul. Az egyes tevékenységek keretében keretrendszerrel, amely a körforgásos gazdaság közösségi megvalósított pilotprojektek ezért a körforgásos közlekedésben történő alkalmazását támogatja. Ezen gazdaság elveit olyan konkrét életciklus-szakaszokra keretrendszer segítségével szisztematikusan azonosítható, irányítva ültetik át a gyakorlatba, mint a használat, a hogy a közösségi közlekedési eszközök különböző karbantartás, az újrahasználát, a felújítás vagy az új életciklus-szakaszaiban hol és miként teremthető vagy funkcióra történő átalakítás. őrizhető meg körforgásos érték.



3. ábra: A PTI életciklus EN15978 alapú, adaptált változata.

A.1: A CE4CE Circularity Compass és Tudásplatform fejlesztése a közösségi közlekedés számára

Ez a tevékenység elsősorban az AETE keretrendszer ENABLE dimenzióját célozza. A CE4CE Circularity Compass és a kapcsolódó Tudásplatform fejlesztésével és tesztelésével megteremti azokat a rendszerszintű és szervezeti előfeltételeket, amelyek szükségesek a körforgásos gazdaság közösségi közlekedésben való elterjedéséhez.

A Circularity Compass pilot az ENABLE dimenziót azzal támogatja, hogy strukturált **értékelési módszertant** kínál a körforgásossági hiányszorosságok azonosítására és új életciklus-alapú értékláncok kialakítására. Elősegíti a stratégiai gondolkodást, az érintettek bevonását és a megalapozott döntéshozatalt.

A Tudásplatform és a használt eszközök online piactere és közvetítő platformja tovább erősíti az ENABLE feltételeit az életciklusban érintett szereplők közötti tudáscsere, információmegosztás és együttműködés ösztönzésével. Ezzel párhuzamosan a közvetítő platform közvetetten az **EXTEND - újrahasznalet és újragyártás területét is támogatja**, mivel piaci mechanizmusokat teremt a második életciklusú alkatrészek és a felújított eszközök számára.

Ez a tevékenység tehát azt az átfogó alapot teremti meg, amelyre a műszakilag fókuszáltabb pilotintézkedések és megoldások épülnek.

A.2: Digitális megoldások a körforgásosság közösségi közlekedésben történő bevezetéséhez és felgyorsításához

Ez a tevékenység elsősorban az AETE keretrendszer **ENABLE** dimenzióját célozza. A prediktív karbantartást, a szimulációt és az üzleti tervezést támogató digitális eszközök révén megteremti azokat a feltételeket, amelyek az **AVOID** és **EXTEND** intézkedések támogatásához szükségesek az infrastruktúra és a gördülőállomány teljes életciklusa során. A prediktív karbantartási pilotprojektek különösen az **EXTEND - karbantartás és javítás** szakaszhoz járulnak hozzá azzal, hogy lehetővé teszik a korai beavatkozást, csökkentik a meghibásodásokat és meghosszabbítják az eszközök élettartamát. Az e-folyosók és az energiaáramlások szimulációja az **AVOID** dimenziót támogatja azáltal, hogy jobb tervezési döntéseket tesz lehetővé, és segít elkerülni az eszközök túlméretezését.

A.3: Megoldások a közösségi közlekedési infrastruktúra értékének megőrzésére és a hulladék csökkentésére

Ez a tevékenység elsősorban az AETE keretrendszer **EXTEND** és **TRANSFORM** dimenziójához kapcsolódik. A trolibusz-felsővezeteki váltók újrahasznaletára fókuszáló pilotok közvetlenül az **EXTEND - újrahasznalet területét** célozzák, mivel az infrastruktúraelemek az első használati fázisukon túl is üzemben maradnak, ezáltal megőrizve a bennük rejlő anyag- és energiatartalmat. A Mariborban megvalósított pilot, amely a használt akkumulátorok gyorstöltők energiaellátására történő alkalmazását vizsgálja, az **EXTEND - más célú hasznosítás területét érinti**, mivel az akkumulátorokat eredeti vontatási funkciójukból helyhez kötött energiatárolási célra rendelik át. Ugyanakkor ez a tevékenység a **TRANSFORM** dimenzióhoz is hozzájárul, mivel megalapozza az új életciklus-alapú értékláncok és az első életciklus végét érintő kezelési stratégiák kialakítását.

A.4: A járművek és a gördülőállomány értékének megőrzését, valamint a hulladékcsökkentést szolgáló megoldások átvételének elősegítése

Ez a tevékenység elsősorban az **EXTEND - felújítás és újrahasznalet**, valamint az **ENABLE** dimenziókat célozza. A villamosok vezérlőegységeinek újragyártására fókuszáló pilot a járműalkatrészek funkcionális élettartamának meghosszabbítását célozza újratervezés és felújítás révén. A kapcsolódó megoldás, egy online használati eszköz- és közvetítőplatform, az **ENABLE** feltételeit erősíti az életciklusban érintett szereplők közötti információmegosztás, piacépítés és együttműködés támogatásával, amelyek a skálázható újrahasznaletai és újragyártási gyakorlatok előfeltételei.

Összességében a CE4CE tevékenységei azt mutatják be, hogy a közösségi közlekedési rendszerekben miként valósul meg a különböző AETE cselekvési területek egymást kiegészítő módon történő kezelése. Míg az egyes pilotok konkrét szakaszokra - például karbantartásra, újrahasznaletra vagy más célú hasznosításra - összpontosíthatnak, együttes hatásuk a lineáris eszközgazdálkodásról a körforgásos, életciklus-orientált közösségi közlekedési rendszerek felé történő rendszerszintű átmenetet támogatja.

A tematikus tevékenységi klaszterek és a hozzájuk tartozó pilot-megoldások áttekintését az 1. táblázat tartalmazza, amely a pilotintézkedések, a megoldások és az érintett partnerek közötti kapcsolatokat foglalja össze.

Tevékenység	Pilot	Megoldás	A megoldás típusa	Elsődleges AETE-cselekvés
A.1 A CE4CE Circularity Compass és Tudásplatform fejlesztése a közösségi közlekedés számára	P.1 Circularity Compass a közösségi közlekedés számára - a körforgásossági hiányosságok felmérése és új értékláncok tervezése az erőforrás-hatékonyság növelése érdekében	S.1 CE4CE Körforgásos Közösségi Közlekedési Tudásplatform	Digitális platform / tudásközpont	ENABLE - rendszerszintű tudás és együttműködés
		S.2 Használt eszközök online piactere és közvetítő platformja használt alkatrészekhez, termékekhez és információmegosztáshoz	Digitális piactér / közvetítő eszköz	EXTEND - újrahasználat / újragyártás támogatása
A.2 Közös digitális megoldások fejlesztése a körforgásosság közösségi közlekedésben történő bevezetéséhez és felgyorsításához	P.2 és P.3 Digitális infrastruktúra- és járműoptimalizálás prediktív karbantartással	S.3 Modulok az infrastruktúra és a gördülőállomány prediktív karbantartásához	Állapotfelügyeleti rendszer / digitális megoldás	EXTEND - karbantartás / javítás
	P.4 E-folyosó és energiaáramlások szimulációja a villamosítás nagyobb léptékű bevezetésére szolgáló körforgásos foratókönyvek modellezésére (autóbuszsáv, villamos ellátás és menet közbeni töltés)	S.4 Körforgásos üzleti tervezési eszköz villamosított közösségi közlekedési flottákhoz és infrastruktúrához	Tervezési eszköz / döntéstámogató eszköz	AVOID - előzetes tervezés / rendszeroptimalizálás
A.3 A közösségi közlekedési infrastruktúra értékének megőrzését, valamint hulladékának csökkentését szolgáló megoldások átvételének elősegítése	P.5 A trolibusz-felsővezetéki váltók újrahasználatának megvalósíthatósági demonstrációja	S.5 A trolibusz-felsővezetéki váltók újrahasználatára vonatkozó alkalmazási kritériumok meghatározása	Módszertan / döntési keretrendszer	EXTEND - újrahasználat
	P.6 A használt akkumulátoros alkalmazások elemzése megújuló energia tárolására, gyorsított energiaellátásához, a körforgásosság felé mutató stratégiai irány példaként	S.6 Átültethető üzleti modellek a vontatási akkumulátorok második életciklusú, helyhez kötött tárolási felhasználására	Üzleti modell / megvalósítási keretrendszer	EXTEND - más célú hasznosítás
A.4 A járművek és a gördülőállomány értékét megőrző és hulladékát csökkentő megoldások elterjedésének elősegítése	P.7 Villamosok vezérlőegységeinek tervezése a villamosok újragyártásán belül	Népszerűsítés és nagyobb léptékű bevezetés az S.2 használt eszközök online piactere és közvetítő platformján keresztül		EXTEND - felújítás / újragyártás

1. táblázat: A CE4CE pilotprojektjeinek és a hozzájuk kapcsolódó megoldásoknak az áttekintése tevékenységként.

3. CE4CE pilotprojektek és megoldások

A pilotintézkedések a CE4CE projekt egyik alapvető megvalósítási elemét jelentik. A körforgásos gazdaság fogalmait, módszereit és eszközeit valós üzemi körülmények között alkalmazható konkrét megoldásokká alakítják, lehetővé téve a közösségi közlekedési hatóságok, szolgáltatók és más érintettek számára, hogy megközelítéseket teszteljenek, megvalósíthatóságot értékeljenek és gyakorlati tapasztalatokat szerezzenek.

A CE4CE keretében megvalósított pilotok több célt is szolgálnak. Empirikus bizonyítékot nyújtanak a körforgásos gazdasági gyakorlatok műszaki, szervezeti és gazdasági vonatkozásairól, támogatják a partnerek közötti tanulást, és csökkentik a megvalósítással, illetve az átvétellel kapcsolatos bizonytalanságokat. Ugyanakkor a pilotintézkedések hídként is működnek a stratégiai célkitűzések és a megoldásfejlesztés között, mivel azokat a felismeréseket és adatokat szolgáltatják, amelyek a pilotok tapasztalatainak átültethető és skálázható megoldásokká történő konszolidálásához szükségesek.

A CE4CE keretében a pilotintézkedések meghatározott fókuszterületekre összpontosítanak, amelyek a projekt által megcélzott fő körforgásos gazdasági beavatkozási pontokat tükrözik a közösségi közlekedési infrastruktúra terén és a gördülőállomány életciklusa során:

- A körforgásosság értékelése és új életciklus-alapú értékláncok tervezése
- A közösségi közlekedési infrastruktúra és a gördülőállomány prediktív karbantartása
- A villamosított közösségi közlekedési folyosók és energiaáramlások digitális szimulációja
- A közösségi közlekedési infrastruktúraelemek újrahaználata
- A vontatási akkumulátorok helyhez kötött energiatárolásra történő, második életciklusú felhasználása
- A gördülőállomány alkatrészeinek újragyártása és újrahaználata

Ezeket a fókuszterületeket hét pilotintézkedés kezeli, amelyeket különböző közép-európai városok közösségi közlekedési hatóságai és szolgáltatói valósítottak meg :

- A közösségi közlekedésre szabott **Circularity Compass** pilotot a [trolley:motion](#) szövetség koordinálta (a Rupprecht Consult támogatásával). A pilot keretében egy strukturált értékelő eszközt dolgoztak ki és teszteltek a körforgásossági hiányosságok azonosítására, valamint új értékláncok tervezésére az erőforrás-hatékonyság növelése érdekében. A pilot részét képezte egy webes felület fejlesztése és annak gyakorlati alkalmazása a projektpartnerségen belül.
- A németországi **Lipcsében** a helyi közösségi közlekedési szolgáltató, az LVB **prediktív karbantartási** pilotot valósított meg: kiválasztott infrastruktúra- és gördülőállomány-eszközök digitális állapotfelügyeletével tesztelte az adatvezérelt karbantartási megközelítéseket, és támogatta az élettartam meghosszabbítását.

- Az olaszországi **Bergamóban** egy hasonló **prediktív karbantartási pilotot** valósított meg az **ATB** eltérő működési környezetben, ami lehetővé tette a módszertanok, az adatigények és a szervezeti feltételek hálózatok közötti összehasonlítását.
- A lengyelországi **Gdyniában** a közösségi közlekedési szolgáltató, a **PKA** egy pilotot valósított meg a **villamosított közösségi közlekedési folyosók szimulációjára építve**, hogy elemezze az energiaáramlásokat és értékelje a körforgásos villamosítási forgatókönyveket, beleértve a menet közbeni töltést és az autóbusszávok villamosítását is.
- A magyarországi **Szegeden** a közösségi közlekedési szolgáltató, az **SZKT** olyan pilotot valósított meg, amely a **trolibusz-felsővezetéki váltók újrahaználata demonstrálta**, középpontba helyezve a nagy igénybevételnek kitett infrastruktúraelemek élettartamának meghosszabbítását és az anyaghulladék csökkentését.
- A szlovéniai **Mariborban** Maribor Önkormányzata - **MOM** a **vontatási akkumulátorok helyhez kötött energiatárolásra történő, második életciklusú felhasználását** elemezte a megújuló energiával táplált gyorstöltő infrastruktúra támogatására, vizsgálva a műszaki megvalósíthatóságot és az integráció szempontjait.
- **Szegeden az SZKT** egy további pilotot is megvalósított, amely a **villamosok vezérlőegységeinek újragyártására és újratervezésére** irányult az alkatrészek élettartamának meghosszabbítása és az újrahaználata lehetővé tétele érdekében, adaptált tervezés és információmegosztás révén.

Míg a pilotintézkedések a megközelítések valós működési környezetben történő tesztelésére és validálására összpontosítanak, addig a megoldások olyan konszolidált, alkalmazásorientált kimenetek, amelyek a pilotmegvalósításra és a közös elemző munkára épülnek.

A **megoldások** a pilotok tapasztalatait **strukturált eszközökké, módszertanokká, kritériumokká és üzleti modellekké** alakítják, amelyek más közösségi közlekedési környezetekben is átültethetők, megismételhetők és skálázhatók. Minden megoldás ugyanazon tematikus tevékenységi területen belül egy vagy több pilotintézkedéshez kapcsolódik, és empirikus bizonyítékokra, az érintettek visszajelzéseire, valamint iteratív finomítási folyamatokra épül.

Minden tevékenységi terület esetében a pilotintézkedéseket a hozzájuk tartozó megoldásokkal együtt mutatjuk be, kiemelve a teszteléstől és validálástól a konszolidációig és az átadásig vezető folyamatot.

3.1. A.1. tevékenység: A CE4CE Circularity Compass és Tudásplatform fejlesztése a közösségi közlekedés számára

Bár ez a tevékenység formálisan nem tartozik a „A közösségi közlekedés körforgásossá tételének bemutatása” munkacsomaghoz, a Circularity Compass megvalósítása és validálása pilotjellegű tesztelési folyamat keretében történt. Az eszközt kidolgozták, majd műhelymunkák, felmérések és validációs gyakorlatok során tesztelték a közösségi közlekedés szereplőivel, köztük szolgáltatókkal, hatóságokkal, kutatókkal és iparági képviselőkkel. Ezek a

tevékenységek lehetővé tették a módszertan gyakorlati ellenőrzését és az eszköz finomítását valós üzemi visszajelzések alapján. A Circularity Compass így műszaki pilotként és megoldásként is értelmezhető, amely a körforgásos közösségi közlekedési rendszerekre való átállást támogatja, még ha szervezeti szempontból a projekt módszertani munkacsomagjába, nem pedig a demonstrációs munkacsomagba tartozik is.

3.1.1. Pilot P.1: Circularity Compass a közösségi közlekedés számára

A pilot rövid leírása

A Circularity Compass pilotot azért dolgozták ki, hogy kezelje a körforgásos közösségi közlekedési rendszerekre való átállás egyik kulcsfontosságú kihívását: a gyakorlati eszközök hiányát, amelyek segítenek a szervezeteknek megérteni, hol és hogyan építhetők be a körforgásos gazdaság elvei a mindennapi működésbe és a stratégiai tervezésbe.

Miközben a körforgásos gazdaság fogalmait egyre gyakrabban tárgyalják a közlekedési ágazatban, a közösségi közlekedési hatóságok és szolgáltatók gyakran nem rendelkeznek olyan strukturált megközelítésekkel, amelyekkel ezeket az elveket konkrét intézkedésekké fordíthatnák le. A Circularity Compass ezért olyan gyakorlati tájékoztatói eszközként szolgál, amely segít a szervezeteknek felmérni jelenlegi körforgásossági gyakorlataikat, és azonosítani a fejlesztési lehetőségeket a közösségi közlekedési rendszer egészében.

A pilot célja egy olyan módszertan kidolgozása és validálása volt, amely lehetővé teszi a közösségi közlekedési szereplők számára, hogy értékeljék a körforgásos gazdasági gyakorlatokat az infrastruktúra, a járművek és az energiarendszerek életciklusa mentén. A CE4CE-ben megvalósított infrastruktúra- vagy technológiai pilotoktól eltérően a Circularity Compass tudásalapú megoldást képvisel, amely a rendszer jobb megértésén és a megalapozottabb döntéshozatalon keresztül hivatott elősegíteni a körforgásos átmenetet.

A Circularity Compass megoldás

[A Circularity Compass](#) egy online [önértékelő eszköz](#), amely a CE4CE tudásplatformon érhető el. Strukturált keretrendszert biztosít, amely lehetővé teszi a közösségi közlekedési szervezetek számára a körforgásos gazdasági gyakorlatok értékelését rendszereik különböző összetevői mentén.

Az értékelés a közösségi közlekedési rendszerek négy kulcsterületét fedi le: a flottákat, beleértve a járműveket és akkumulátorokat; az infrastruktúrát; az energetikai rendszereket; valamint az irányítást, amely magában foglalja a szervezeti és egyéb támogató feltételeket is. E területek együttes kezelésével az eszköz a körforgásosság rendszerszintű jellegét tükrözi a közösségi közlekedésben.

A keretrendszer a körforgásos életciklus logikáját követi: Avoid - Extend - Transform - Enable (AETE). A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a szervezeteket arra ösztönzi, hogy átgondolják, miként csökkenthetik az erőforrás-felhasználást jobb tervezéssel és beszerzéssel, hogyan hosszabbíthatják meg az eszközök élettartamát karbantartással és felújítással, miként alakíthatják át az eszközöket újrahasználat vagy új funkcióra történő átalakítás révén, valamint hogyan teremthetik meg a körforgásos megvalósításhoz szükséges szervezeti feltételeket.

Az eszköz magját egy strukturált önértékelő kérdőív adja, amely a fő életciklus-szakaszokat fedi le a gyártástól és beszerzéstől kezdve az üzemeltetésen és karbantartáson át egészen az életciklus végi kezelésig. Az eredmények világos áttekintést nyújtanak a jelenlegi körforgásossági gyakorlatokról, és rámutatnak azokra a területekre, ahol a szervezetek továbbfejleszthetik körforgásos stratégiáikat és megoldásaikat.

10 R-principles for circular public transport systems



4. ábra: A körforgásos gazdaság 10R elvének közösségi közlekedési rendszerekre adaptált változata.

Szükséges erőforrások

A Circularity Compass bevezetése elsősorban szervezeti és elemzési erőforrásokat igényel. Az eszköz az érintettek bevonására, szakértői moderációra és a közösségi közlekedési szervezeteken belül rendelkezésre álló operatív tudásra támaszkodik.

A tesztelési szakasz műhelymunkák, szakértői konzultációk és önértékelő felmérések révén zajlott közösségi közlekedési szolgáltatók, hatóságok és kutatók bevonásával. Ez az együttműködésen alapuló folyamat biztosította, hogy az eszköz valós üzemi feltételeket tükrözzön, és különböző szervezeti környezetekben is alkalmazható legyen.

Várt eredmények/előnyök

A Circularity Compass lehetővé teszi a közösségi közlekedési szervezetek számára a körforgásossági hiányosságok azonosítását, a körforgásos gazdaság bevezetésére való felkészültség értékelését, valamint a közösségi közlekedés teljes életciklusa mentén jelentkező fejlesztési lehetőségek feltárását.

Az összetett információk világos értékelési keretbe rendezésével az eszköz támogatja a tudatosság növelését és a stratégiai tervezést. Segít a szervezeteknek jobban megérteni, hogyan alkalmazhatók a körforgásos gazdaság elvei a gyakorlatban, különösen az infrastruktúra-menedzsment, a flotta üzemeltetése és az energetikai rendszerek területén.



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

5. ábra: A CE4CE Circularity Compass online önértékelő eszköz felülete.

Skálázhatóság és jövőbeli fejlesztési potenciál

A Circularity Compass olyan skálázható keretrendszert biztosít, amely támogatja a körforgásos gazdasági gyakorlatok bevezetését a közösségi közlekedési ágazatban. Tudatosságnövelő és önértékelő eszközként segíti a szervezeteket a körforgásossági hiányosságok azonosításában, valamint az infrastruktúrával, flottákkal és energiarendszerekkel kapcsolatos intézkedések prioritizálásában.

Az értékelés eredményei kiindulópontként

szolgálhatnak részletesebb elemzésekhez, például életciklus-értékelésekhez, körforgásos beszerzési stratégiákhoz vagy erőforrás-hatékonysági tervezéshez. Ugyanakkor az eszköz további fejlődése és gyakorlati relevanciája erősen függ az érintettek aktív részvételétől, valamint az ágazati tudás és tapasztalat folyamatos bővítésétől.

Tartós érintetti hozzájárulással a Circularity Compass egy tágabb tudás- és benchmarkplatformmá fejlődhet, amely támogatja a közösségi közlekedési rendszerek körforgásos átmenetét.

3.1.2. S.1 megoldás: Körforgásos közösségi közlekedési tudásplatform

A megoldás rövid leírása

A CE4CE Tudásplatform egy online tudásközpont, amely a körforgásos gazdasági gyakorlatokra való átállást támogatja a közösségi közlekedési ágazatban. Strukturált digitális környezetet biztosít, ahol a közösségi közlekedés szereplői hozzáférhetnek a közlekedési rendszerek körforgásosságával kapcsolatos eszközökhöz, jó gyakorlatokhoz, módszertanokhoz és tananyagokhoz.

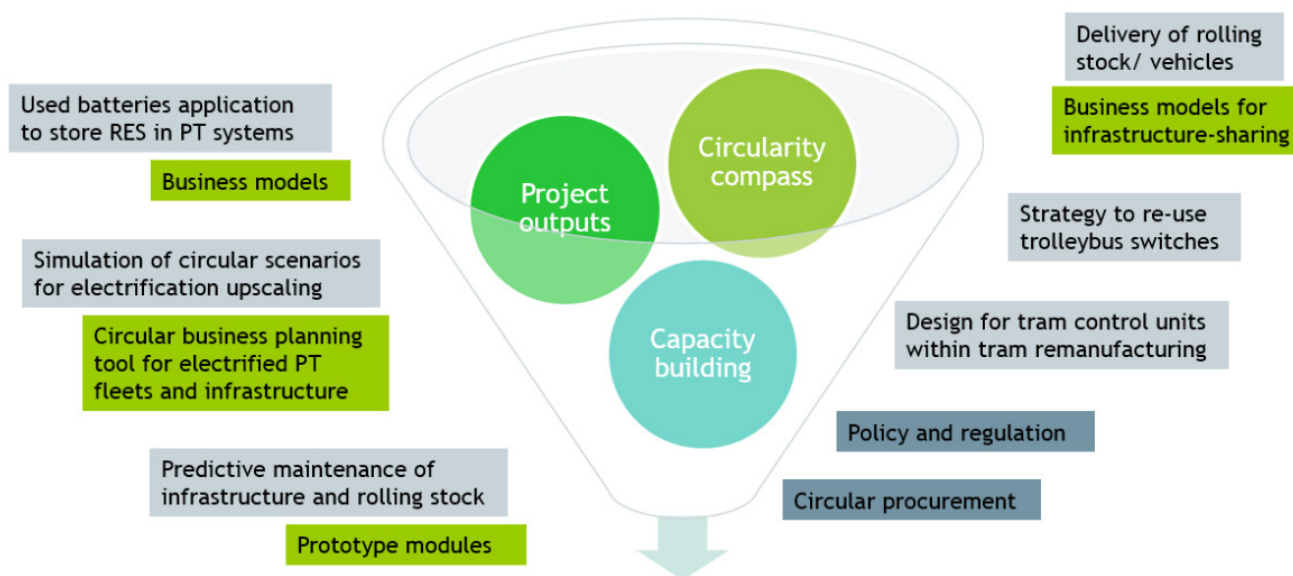
A platform a projekt során azonosított egyik fő kihívásra reagál: a körforgásos közösségi közlekedési megoldásokkal kapcsolatos tudás gyakran széttagolt, és a gyakorlati szakemberek számára nehezen hozzáférhető. A releváns erőforrások központosításával és azoknak a projekt gyakorlati eredményeihez való kapcsolásával a platform támogatja a kapacitásfejlesztést, a tudáscserét és a körforgásos

megoldások szélesebb körű elterjedését.

A platform nyilvánosan elérhető itt: <https://circularity4publictransport.eu/>

A megoldás célkitűzései

A CE4CE Tudásplatform elsődleges célja a közösségi közlekedés szereplőinek kapacitásbővítése a körforgásos gazdaság elveinek alkalmazása érdekében. A gyakorlatban a platform központi belépési pontként működik, ahol a felhasználók hozzáférhetnek a körforgásos gazdasághoz kapcsolódó eszközökhöz és erőforrásokhoz, gyakorlati példákat és tesztelt megoldásokat ismerhetnek meg, valamint jobban megérthetik, hogyan kezelhetők az azonosított körforgásossági hiányosságok. Támogatja az ágazaton belüli tudásátadást, miközben segíti a szervezeteket az elérhető megközelítések és megvalósítási utak közötti eligazodásban.



CE4CE knowledge platform matches new skills with knowledge

6. ábra: A körforgásos megoldásokat, eszközöket és a kapacitásfejlesztést összekapcsoló CE4CE Tudásplatform fogalmi felépítése.

A megoldás alapelve

A CE4CE Tudásplatform a Circularity Compass-szal párhuzamosan készült, amely önértékelő eszközként szolgál a közösségi közlekedési szervezetek körforgásos gazdasági gyakorlatainak értékelésére.

A két megoldás fogalmilag összekapcsolódik:

- a **Circularity Compass** lehetővé teszi a szervezetek számára, hogy felmérjék körforgásossági teljesítményüket és azonosítsák a fejlesztendő területeket
- a **Tudásplatform** biztosítja azokat az erőforrásokat, eszközöket és példákat, amelyek segítenek kezelni az azonosított hiányosságokat

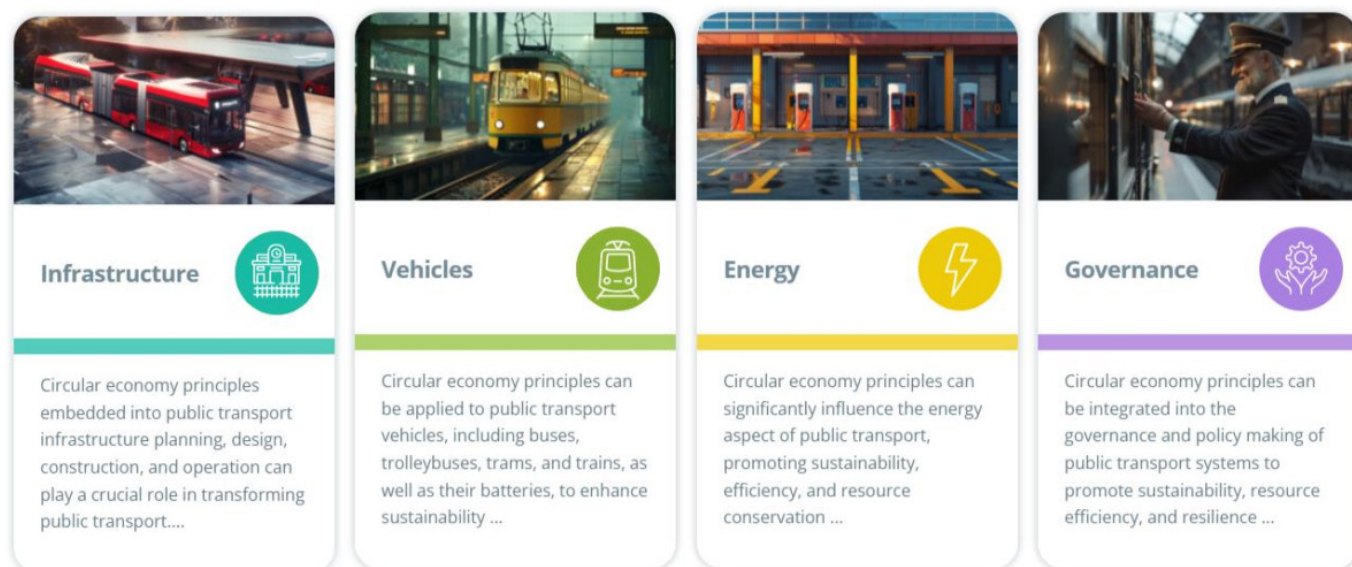
Ily módon a platform összekapcsolja az **értékelés eredményeit** a **gyakorlati megvalósítás támogatásával**.

A platform koncepciója a **körforgásos gazdaság 10R elvére épül**, a közösségi közlekedés sajátosságaihoz igazítva. Ezek az elvek irányítják a tudáserőforrások megszerezését a közösségi közlekedési rendszer fő komponensei - például infrastruktúra, járművek, energetikai rendszerek és irányítás - mentén.

A Tudásplatform öt fő komponensre tagolódik:

1. **Kompetenciatérkép** - azonosítja azokat a kulcskézségeket és tudásterületeket, amelyek a körforgásos gazdaság elveinek közösségi közlekedésben történő megvalósításához szükségesek.
2. **Circularity Compass** - an online self-assessment survey allowing organisations to evaluate their circularity status.
3. **Jó gyakorlatok** - esettanulmányok gyűjteménye, amely az ágazat körforgásos megoldásait mutatja be.
4. **Tudásközpont** - eszközök, útmutatók, jelentések és módszertanok tárháza, amely támogatja a körforgásos tervezést, üzemeltetést és karbantartást.
5. **Matchmaking Fórum** - tervezett digitális piactér, amely lehetővé teszi a pótalkatrészek és berendezések cseréjét a közösségi közlekedési szervezetek között.

E felépítés révén a platform összekapcsolja a **körforgásossági értékelést, a tudáserőforrásokat és a gyakorlati megoldásokat**, átfogó támogató környezetet teremtve a körforgásos közösségi közlekedési rendszereket megvalósító szervezetek számára.



7. ábra: A CE4CE Tudásplatform fő kompetenciaterei: infrastruktúra, járművek, energetika és irányítás.

A megoldás összegzése

A CE4CE Tudásplatform strukturált és skálázható környezetet biztosít a körforgásos közösségi közlekedési rendszerekre való átállás támogatására. Az értékelés (Circularity Compass), a tudáserőforrások és a gyakorlati megoldások összekapcsolásával lehetővé teszi, hogy az érintettek a tudatosítástól eljussanak a megvalósításig. Hosszú távú értéke a tartalom folyamatos fejlesztésétől, az érintettek bevonásától és az ágazati kezdeményezésekhez való kapcsolódástól függ; így központi referenciaponttá válhat a közösségi közlekedés körforgásos gazdasági gyakorlatai számára.

3.1.3. S.2 megoldás: Használt eszközök online piactere és közvetítő platformja

A megoldás rövid leírása

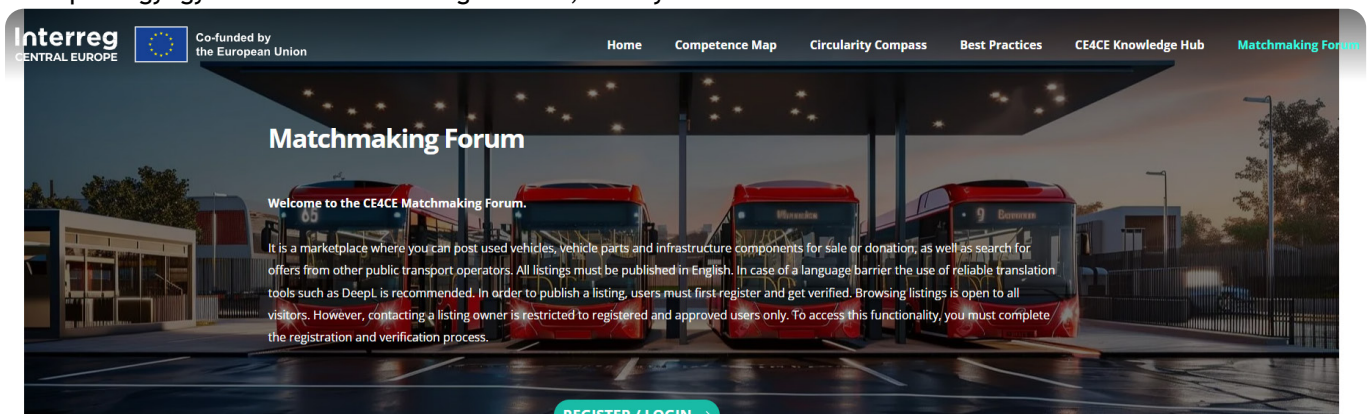
A megoldás egy digitális közvetítő platformot vezet be, amely lehetővé teszi a közösségi közlekedés szereplői számára, hogy információt cseréljenek használt járművekről, pótalkatrészekről és infrastruktúraelemekről, ezáltal támogatva ezek újrahasználatát és újragyártását.

A CE4CE Tudásplatform funkcionális moduljaként kifejlesztett megoldás a tudás- és kapacitásépítő szerepet egy gyakorlati eszközzel egészíti ki, amely

segíti a körforgásos felhasználási esetek azonosítását és megvalósítását. Olyan ágazati hiányosságra reagál, ahol a strukturált csere-mechanizmusok hiánya miatt az újrahasználati lehetőségek gyakran elvesznek a korlátozott láthatóság és a széttagolt kommunikáció következtében.

A Matchmaking Fórum nyilvánosan elérhető itt:

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



8. ábra: A CE4CE Matchmaking Fórum felhasználói felülete - nyitóoldal.

A megoldás célkitűzései

A megoldás fő célja, hogy lehetővé tegye a használt eszközök strukturált kereteken belül történő cseréjét a közösségi közlekedési ágazatban, és növelje az újrahasználatos komponensek láthatóságát.

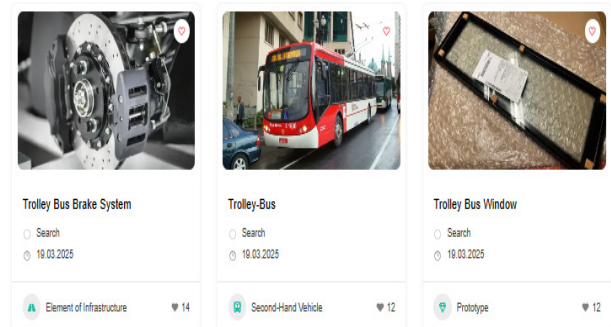
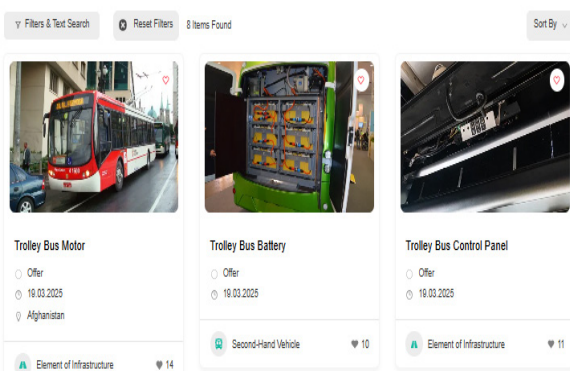
Az információáramlás javításával és a szolgáltatók, hatóságok, illetve beszállítók közötti kapcsolatok támogatásával a platform hozzájárul az újrahasználati és újragyártási gyakorlatokhoz, csökkenti az eszközök idő előtti selejtezését, és erősíti az együttműködést az ágazaton belül.

A megoldás alapelve

A megoldás egy digitális közvetítő fórumra épül, amely a használt közösségi közlekedési eszközök iránti kínálatot és keresletet kapcsolja össze. Működése egyszerű folyamatot követ:

1. a szervezetek járművekre, alkatrészekre vagy infrastruktúraelemekre vonatkozó ajánlatokat vagy igényeket tesznek közzé
2. a felhasználók releváns szempontok alapján keresik és szűrik a hirdetéseket
3. az érdeklődő felek a platformon keresztül veszik fel egymással a kapcsolatot

A platform információmegosztó és közvetítő eszközként működik, nem tranzakciós rendszerként. Az információs hiányosságok csökkentésével és az átláthatóság növelésével megteremti azokat a feltételeket, amelyek mellett az újrahasználati és újragyártási gyakorlatok ágazati szinten is nagyobb léptékben is alkalmazhatók.



9. ábra: Példák a CE4CE Matchmaking Fórumon közzétett, használt járművekre, alkatrészekre és infrastruktúraelemekre vonatkozó hirdetésekre.

A megoldás összegzése

A Matchmaking Fórum olyan gyakorlati támogató eszköz, amely az újrahasználat megkönnyítésével és a közösségi közlekedési eszközök életciklusának meghosszabbításával támogatja a körforgásos gazdaság megvalósítását. Hatékonysága a szélesebb körű részvétellel nő, mivel a nagyobb felhasználószám

javítja a láthatóságot és az egymásra találás lehetőségét.

Az érintettek további bevonásával és a funkciók továbbfejlesztésével a platform fontos mechanizmussá válhat a közösségi közlekedés körforgásos értékláncainak támogatásában.

3.2. A.2. tevékenység: Közös digitális megoldások fejlesztése a körforgásosság közösségi közlekedésben történő bevezetéséhez és felgyorsításához

Ez a tevékenység a közösségi közlekedési infrastruktúra és a gördülőállomány körforgásos és erőforrás-hatékony kezelését támogató digitális eszközök alkalmazására összpontosít. Azt vizsgálja, miként javíthatja az adatvezérelt állapotfelügyelet és szimuláció a karbantartási gyakorlatokat, az infrastruktúra-tervezést és a működési hatékonyságot a rendszer teljes életciklusa során.

E tevékenység keretében három pilot valósult meg Lipcsében, Bergamóban és Gdyniában. A lipcsei és a bergamói pilot a digitális állapotfelügyelet

alkalmazásával történő prediktív karbantartást teszteli, míg a gdyniai pilot digitális ikermodell-alkotást és energiaáramlás-szimulációt alkalmaz a villamosított közösségi közlekedési folyosók tervezésének támogatására.

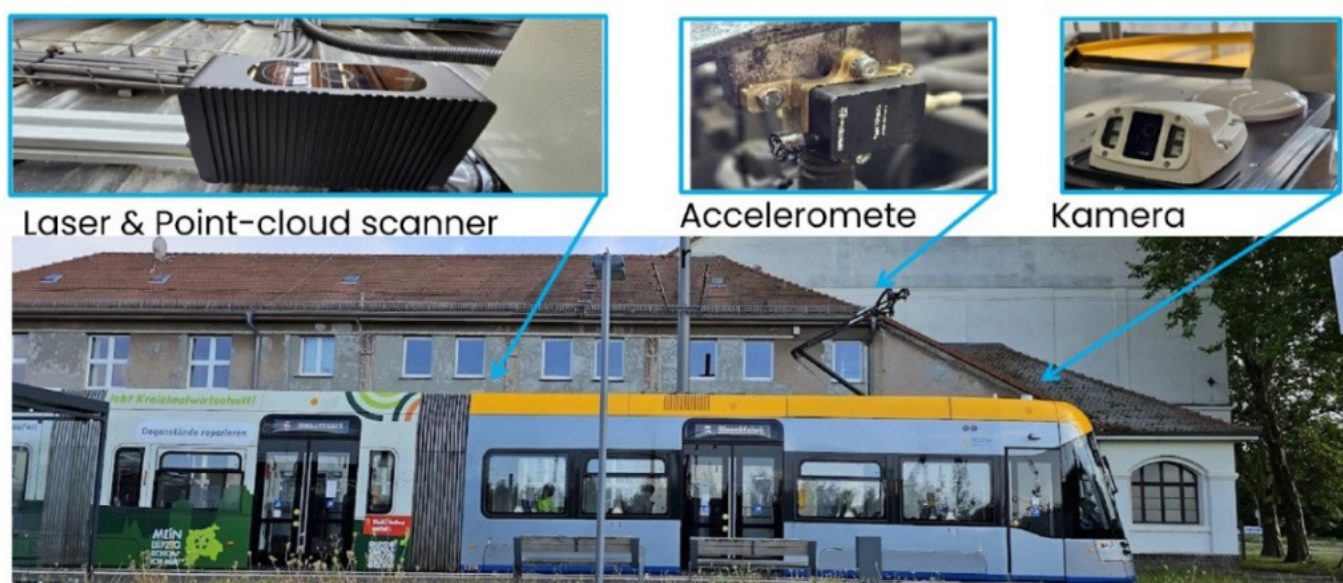
E pilotok eredményei és tapasztalatai képezik annak a közös megoldásnak az alapját, amely moduláris digitális eszközöket kínál a prediktív karbantartáshoz és a közösségi közlekedési rendszerek körforgásos tervezéséhez; ezt a következő szakasz mutatja be.

3.2.1. Pilot P.2: Digitális infrastruktúra- és járműoptimalizálás prediktív karbantartással (Lipcse, Németország)

A pilot rövid leírása

Ez a pilot a közösségi közlekedési infrastruktúra és a gördülőállomány digitális állapotfelügyelet alkalmazásával történő prediktív karbantartási megközelítések bevezetésére összpontosít. A lipcsei Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) által megvalósított pilot célja, hogy a reaktív és időalapú karbantartásról adatvezérelt, prediktív karbantartásra álljon át, ezzel meghosszabbítva az eszközök élettartamát, csökkentve a nem tervezett meghibásodásokat és minimalizálva az erőforrás-igényes beavatkozásokat.

Három villamost szereltek fel érzékelőkkel, kamerákkal és lézeres rendszerekkel, hogy a rendszeres üzem során az 1-es vonal 14 km-es szakaszán a pályát és a felsővezetékét figyeljék. Az összegyűjtött adatokat azzal a céllal elemezték, hogy a kopás korai jeleit észleljék és lehetővé tegyék a célzott karbantartási beavatkozások elvégzését, miközben az energiafogyasztás nyomok követésének lehetőségeit is vizsgálták.

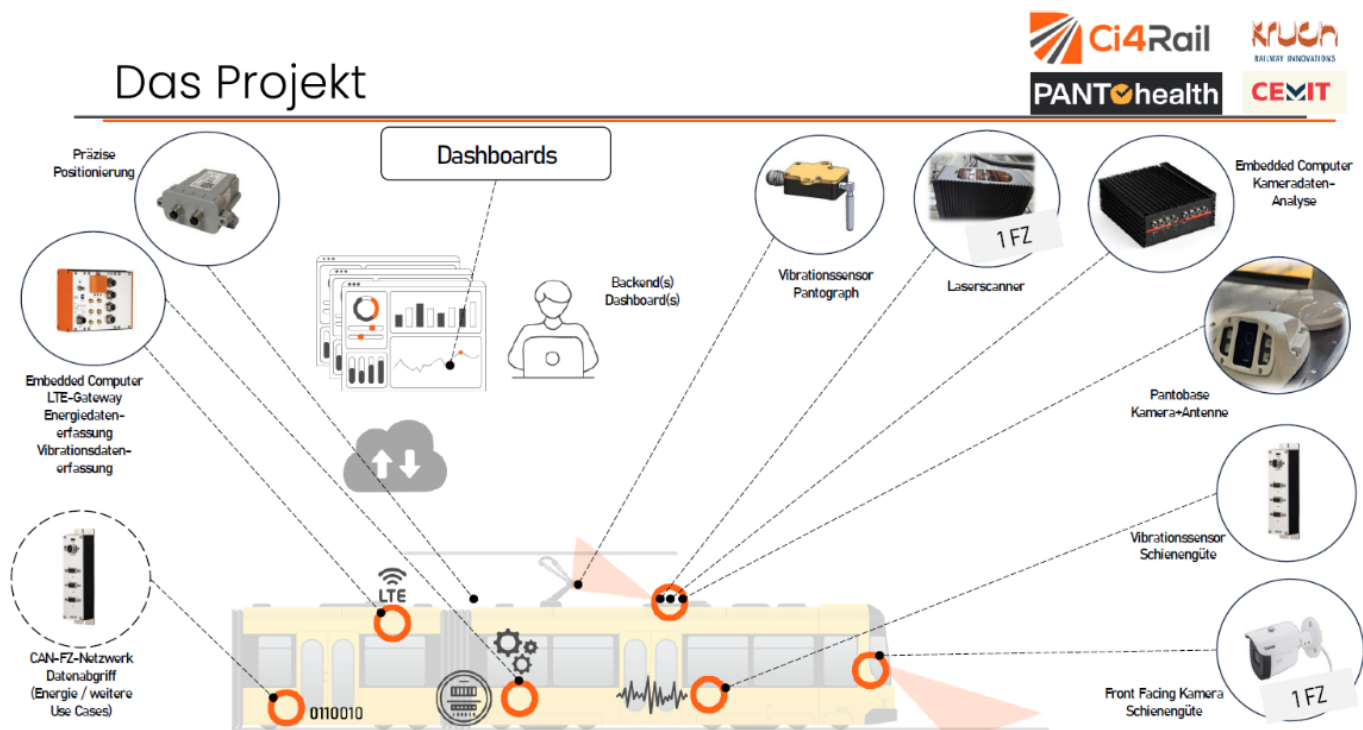


10. ábra: A villamosokra telepített rezgésfelügyeleti rendszer egy része (PantoHealth).

Szükséges erőforrások

A megvalósításhoz érzékelőrendszerekre, adatfeldolgozási infrastruktúrára és elemző szoftverre volt szükség, valamint a szolgáltató, a technológiai partnerek és a projektpartnerek közötti összehangolt

együttműködésre. További feladatot jelentett a személyzet képzése, a munkafolyamatokba való integráció, valamint a vasúti szabványoknak és tanúsítási eljárásoknak való megfelelés biztosítása a valós üzemi környezetben történő alkalmazáshoz.



11. ábra: A lipcei pilotban megvalósított prediktív karbantartási állapotfelügyeleti rendszer áttekintése.

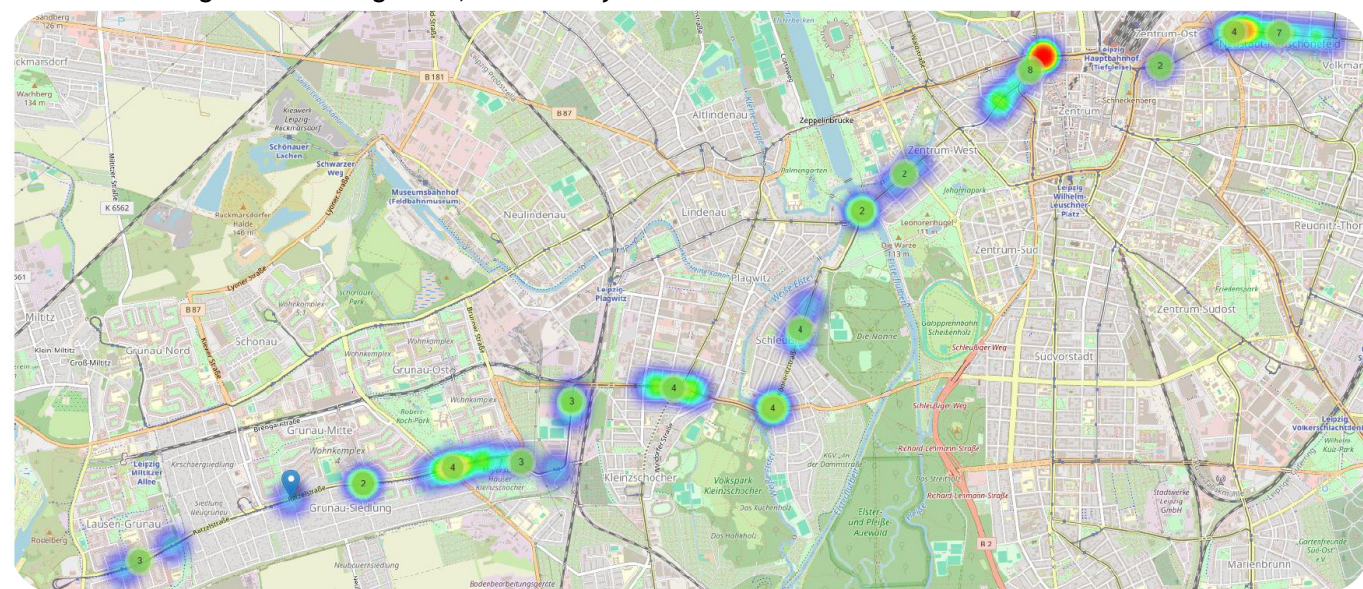
A siker bizonyítékai

A pilot megerősítette, hogy a folyamatos, járműalapú állapotfelügyelet valós üzemi körülmények között (2024. június - 2025. február) megvalósítható és hatékony, és lehetővé teszi az infrastrukturális hibák korai felismerését.

Nyolc kritikus felsővezeteki pontot azonosítottak, köztük két korrigált szakaszszigetelőt; emellett nyolc

pályahibás területet tártak fel, köztük három korábban nem észlelt sántorést. Tíz helyszínt ellenőriztek, és javító intézkedéseket hajtottak végre.

Az eredmények nyomán frissítették a gyorsabb állapotromlást mutató szakaszok karbantartási terveit, továbbá javult az adatok megbízhatósága az energetikai felügyelethez használt közvetlen CAN-BUS interfész integrálásával.



12. ábra: Hőterkép a pályahibás területekről.

A felmerült kihívások

A megvalósítás során több kihívás is felmerült. Ezek közé tartozott az új érzékelőrendszerek integrálása a meglévő járművekbe, az adatok minőségének és megbízhatóságának biztosítása, valamint a meglévő energetikai mérőrendszerek korlátainak kezelése. Különösen a már meglévő, pontatlan energetikai adatok tették szükségessé alternatív adatforrások azonosítását és további interfészek integrálását a járművek energetikai adatainak közvetlen eléréséhez.

A folyamatos üzem mellett történő telepítéssel, a több szolgáltató közötti koordinációval és a szigorú vasúti tanúsítási követelmények teljesítésével kapcsolatos működési kihívásokat fokozatos bevezetéssel, szoros együttműködéssel és iteratív teszteléssel kezelték.

3.2.2. Pilot P.2: Digitális infrastruktúra- és járműoptimalizálás prediktív karbantartással (Bergamo, Olaszország)

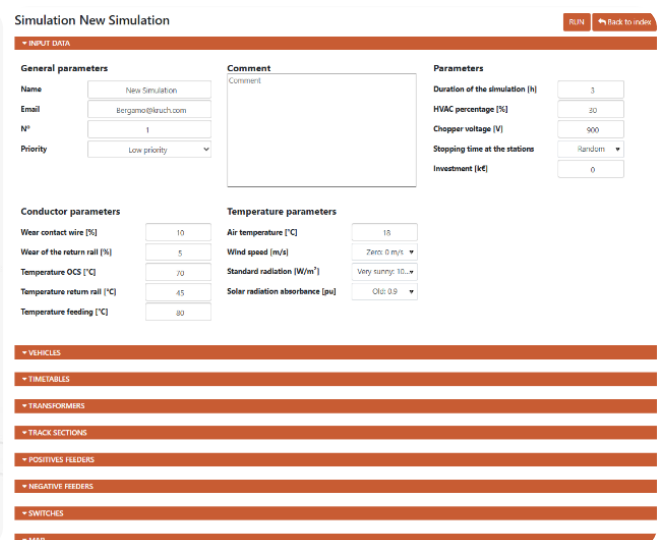
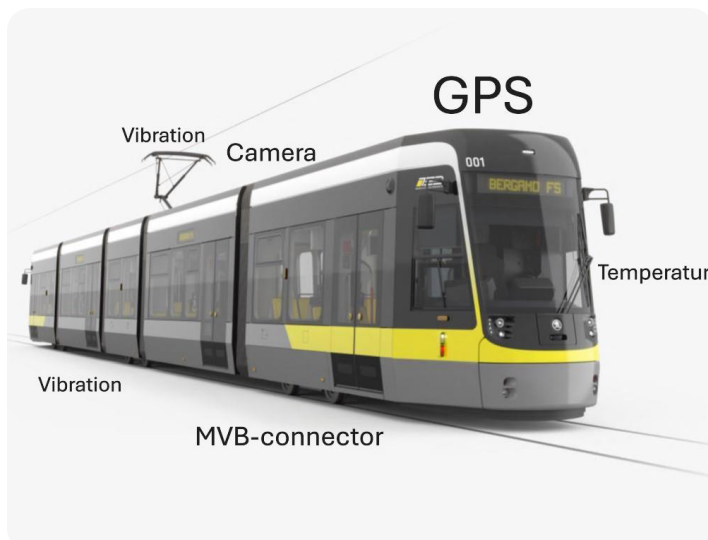
A pilot rövid leírása

Ez a pilot a villamos infrastruktúra és a gördülőállomány digitális állapotfelügyeleti és szimulációs eszközök segítségével történő prediktív karbantartására összpontosít. Az Azienda Trasporti Bergamo (ATB) és a KRUCH Railway Innovations együttműködésében valósult meg, azzal a céllal, hogy javítsa az infrastruktúra megbízhatóságát és optimalizálja a hálózaton belüli energiafelhasználást.

Tanulási és átültethetőségi potenciál

A pilot jelentős átültethetőségi potenciált mutat a moduláris megközelítésnek és a járművek állapotfelügyeleti platformként való alkalmazásának köszönhetően, mivel így külön ellenőrző berendezés nélkül is méretezhetően telepíthető.

A fő tanulságok közé tartozik, hogy fontos az adatok minősége, a bevezetés fokozatossága és az elemzés karbantartási folyamatokba történő integrálása. Ez a megközelítés a korai beavatkozás lehetővé tételével, az eszközök élettartamának meghosszabbításával és az erőforrás-hatékonyság javításával támogatja a körforgásos gazdaság alapelveit.



13. ábra: A bergamói prediktív karbantartási pilotban alkalmazott érzékelőalapú állapotfelügyeleti rendszer és digitális szimulációs eszköz.

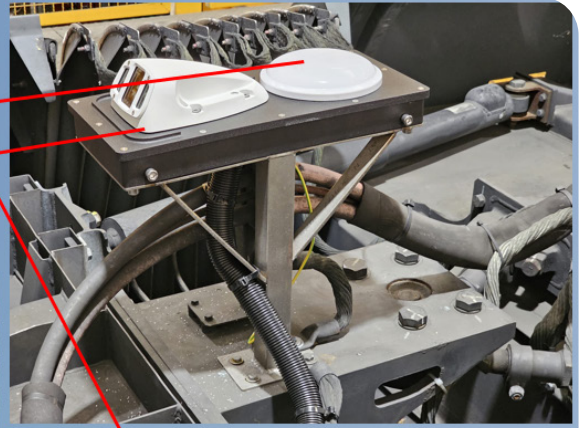
Szükséges erőforrások

A megvalósításhoz moduláris érzékelőrendszerekre, fedélzeti számítástechnikai egységekre, kommunikációs infrastruktúrára és adatelemző eszközökre volt szükség. Emellett MATLAB és SIMULINK/SimPowerSystems alapú szimulációs

környezetet fejlesztettek a villamoshálózat és annak villamosenergia-ellátó rendszerének modellezésére. A pilot az ATB, a KRUCH és más érintettek közötti összehangolt együttműködést is igényelte, beleértve ebbe a rendszer kalibrálását, a személyzet képzését, valamint a karbantartási és eszközgazdálkodási folyamatokba történő integrálását.

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

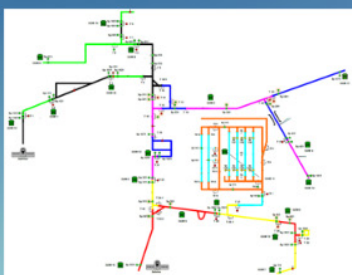


14. ábra: A villamos áramszedőjére telepített érzékelőrendszer a jármű és a felsővezeték kölcsönhatásának felügyeletére.

DEVELOPING A DIGITAL TWIN: Energy Flow Simulation

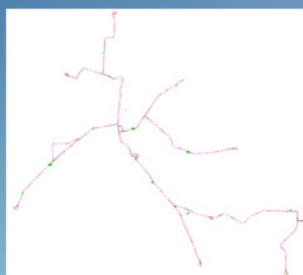
1

transport network



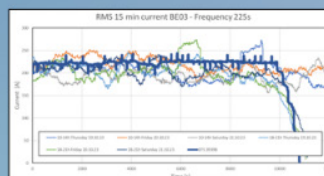
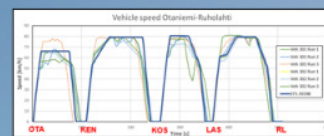
2

digital model



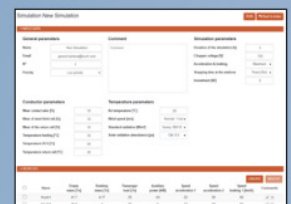
3

validation



4

dashboard



15. ábra: A bergamói villamoshálózat üzemi és energetikai forgatókönyveinek elemzésére használt digitális ikermodell és energiaáramlás-szimuláció.

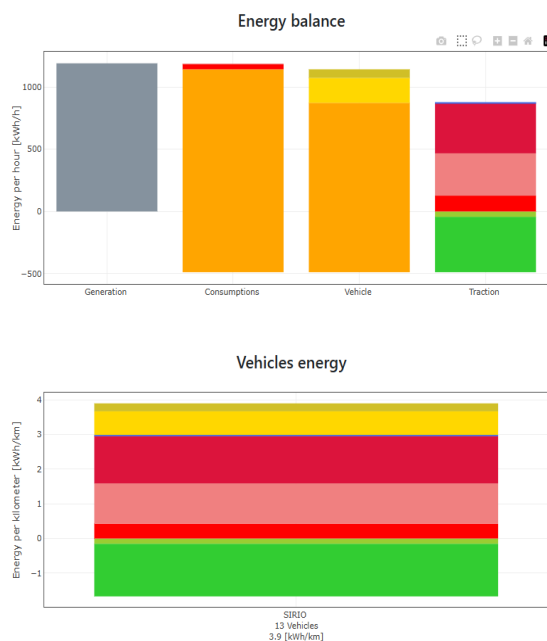
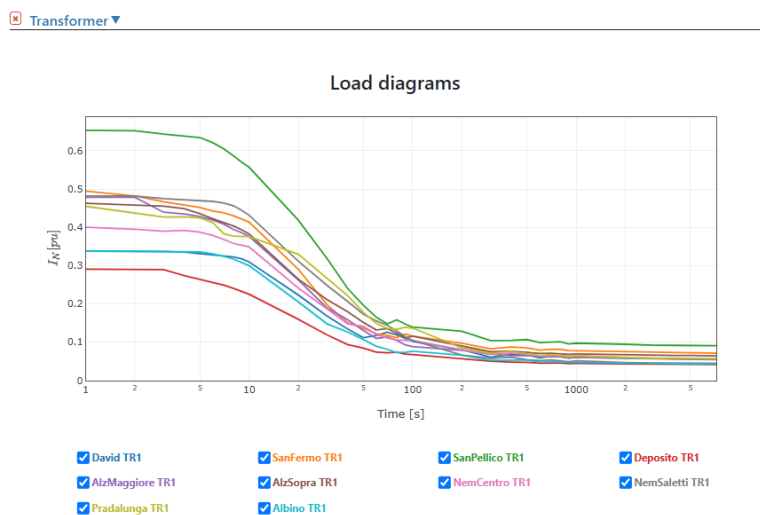
A siker bizonyítékai

A pilot megerősítette, hogy a valós idejű állapotfelügyelettel kombinált szimuláció támogatja a prediktív karbantartást és az energiaoptimalizálást. Az állapotfelügyeleti rendszert a T1 vonalon közlekedő 004. számú villamosra telepítették, amely 1-3 másodpercenként történő folyamatos adatgyűjtést tett lehetővé, beleértve a helyzetre, sebességre és energiafogyasztásra vonatkozó paramétereket is.

A rendszer észlelte az áramszedő és a felsővezeték közötti szabálytalan kölcsönhatásokat, és

azonosította a fokozott kopási kockázattal jellemezhető helyszíneket. Ezzel párhuzamosan elkészült a villamoshálózat digitális ikermodellje, amelyet több üzemi forgatókönyv szimulálására használtak, elemezve az energiafogyasztást, a rekuperációs potenciált és a rendszer teljesítményét.

Összességében a pilot igazolta, hogy az állapotfelügyeleti adatok és a szimulációs eszközök integrálása javítja a döntéshozatalt, és támogatja a hatékonyabb infrastruktúra- és energiagazdálkodást.



16. ábra: A bergamói villamoshálózat transzformátorterhelésének elemzéséhez és az energiafogyasztás optimalizálásához használt energiaáramlás-szimulációs eredmények.

A felmerült kihívások

A kihívást jelentett az érzékelőrendszerek meglévő járművekbe történő integrálása, valamint a megbízható adatátvitel biztosítása városi környezetben. Az érzékelők pontosságának és a kommunikáció stabilitásának javítása érdekében kalibrációs és konfigurációs módosításokra volt szükség.

További nehézséget jelentett a valós állapotfelügyeleti adatok és a szimulációs modellek integrálása, ami folyamatos validációt és szoros koordinációt igényelt a projektpartnerek között.

Tanulási és átültethetőségi potenciál

A pilot jelentős átültethetőségi potenciált mutat,

3.2.3. S.3 megoldás: Modulok az infrastruktúra és a gördülőállomány prediktív karbantartásához

A megoldás rövid leírása

Ez a megoldás moduláris keretrendszert biztosít a közösségi közlekedési infrastruktúra és a gördülőállomány folyamatos, járműbe integrált állapotfelügyeletre épülő prediktív karbantartásához. A megvalósult lipcei és a bergamói pilotokra támaszkodik, és az infrastruktúra állapotfelügyeletét, az energetikai adatok elemzését, valamint a

különösen a kis- és közepes méretű villamos hálózatok számára. Az állapotfelügyelet moduláris felépítése, valamint az adatgyűjtés, -elemzés és -szimuláció szétválasztása miatt rugalmasan adaptálható különböző hálózatokhoz.

A fő tanulságok közé tartozik, hogy fontos a moduláris rendszerek előzetes tesztelése, az állapotfelügyelet és a szimuláció összekapcsolása, valamint a szolgáltatók és a technológiai szolgáltatók közötti szoros együttműködés biztosítása. A megközelítés az eszközök élettartamának meghosszabbításával és a rendszerszintű erőforrás-hatékonyság javításával támogatja a körforgásos gazdaság alapelveit.

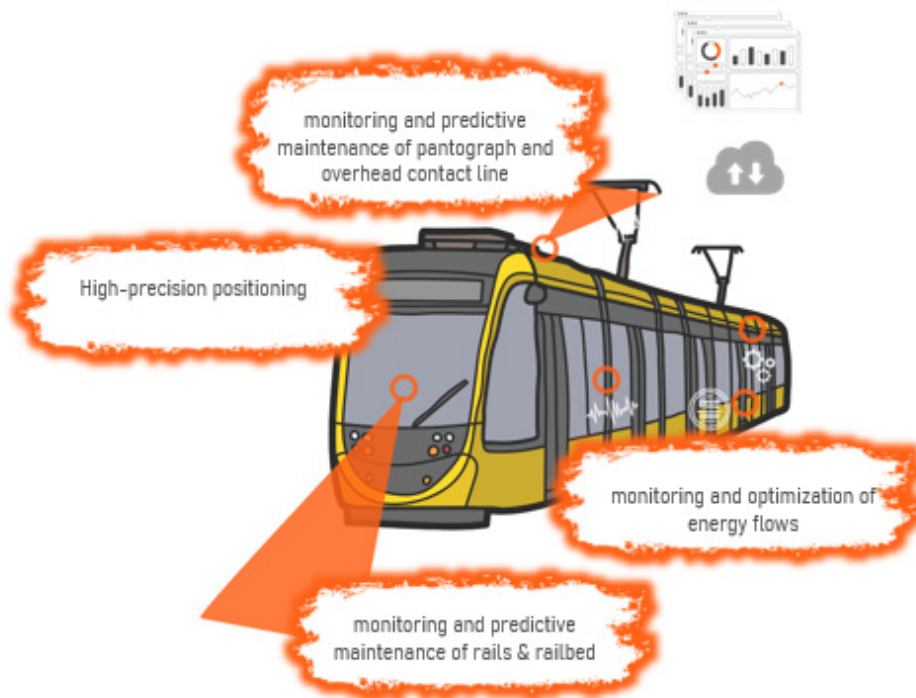
szimulációt egy átültethető megközelítésben egyesíti.

A megoldás támogatja a reaktív és időalapú karbantartásról az adatvezérelt eszközgazdálkodásra történő átállást, lehetővé téve a hibák korábbi felismerését, a célzottabb beavatkozásokat és a jobb üzemi megbízhatóságot.

A megoldás célkitűzései

A megoldás célja, hogy lehetővé tegye az infrastruktúra és a járművek állapotának folyamatos felügyeletét, a hibák korai észlelését és az időben történő karbantartási beavatkozások támogatását.

Az adatok rendelkezésre állásának és a döntéshozatal minőségének javításával hozzájárul az eszközök élettartamának meghosszabbításához, az anyagigényes javítások csökkentéséhez és az általános erőforrás-hatékonyság növeléséhez.



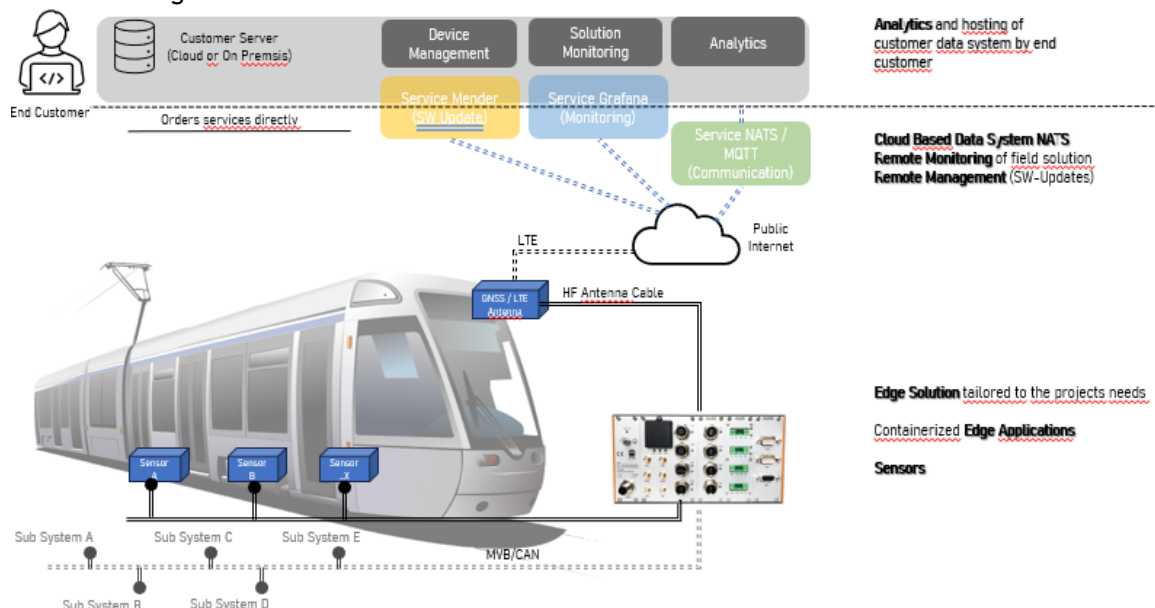
17. ábra: A prediktív karbantartási alkalmazások köre a közösségi közlekedési rendszerekben.

A megoldás alapelve

A megoldás egy moduláris állapotfelügyeleti láncra épül, amely az adatgyűjtést, -feldolgozást és döntéstámogatást a meglévő karbantartási munkafolyamatokba integrálja. A járművekre telepített érzékelők és állapotfelügyeleti rendszerek a normál üzem során adatokat gyűjtenek, ezek feldolgozása és elemzése teszi lehetővé az anomáliák kimutatását és az állagromlási mintázatok

azonosítását.

Az eredményeket georeferálás révén integrálják eszközgazdálkodási rendszerekbe, és irányítópultokon vizualizálják, támogatva ezzel a karbantartási feladatok prioritizálását. A rendszer egy folytonos ciklusban működik, amely összekapcsolja az észlelést, a validálást és a beavatkozást, lehetővé téve a prediktív, állapotalapú karbantartást.



18. ábra: A prediktív karbantartási rendszer teljes architektúrája az adatgyűjtéstől az elemzésen át a állapotfelügyeletig.

Megvalósítási tanulságok

A megvalósítás rámutatott arra, hogy az adatminőség, a stabil adatáramlás és a rendszerintegráció kulcsfontosságú a használható eredmények eléréséhez. Az automatizált észlelések helyszíni ellenőrzéssel történő validálást igényelnek, míg a moduláris felépítés lehetővé teszi a rugalmas alkalmazást a különböző rendszerekben.

A szervezeti felkészültség szintén lényeges, mivel a prediktív karbantartás új munkafolyamatokat és szerepköröket hoz létre, és akkor válik igazán értékessé, ha a meglévő eszközgazdálkodási és tervezési folyamatokkal integráltan működik.

Átültethetőségi potenciál

A megoldás erős átültethetőségi potenciált mutat a

3.2.4. Pilot P.4: Villamosított közösségi szimulációja (Gdynia, Lengyelország)

A pilot rövid leírása

Ez a pilot a digitális modellezési és szimulációs eszközök alkalmazására összpontosít a közösségi közlekedési rendszerek körforgásos és erőforrás-hatékony villamosítási tervezésének támogatására. A pilotot a gdyniai PKA Gdynia közösségi közlekedési szolgáltató valósította meg a Gdański Egyetemmel (UG) és a Kruch Railway Innovations technológiai partnerrel együttműködésben, azzal a céllal, hogy adatvezérelt döntéshozatalt tegyen lehetővé az infrastruktúra-beruházások, járműtechnológiák és működési stratégiák terén.

kötött pályás infrastruktúrát és gördülőállományt kezelő szolgáltatók számára. Moduláris megközelítése lehetővé teszi a fokozatos bevezetést és a különböző hálózatokhoz, járműtípusokhoz és szervezeti környezetekhez való igazítást.

Ez a megoldás a korai beavatkozás és az életciklus-alapú eszközgazdálkodás lehetővé tételével támogatja a körforgásos gazdaság alapelveit, különösen az eszközök élettartamának meghosszabbítása és az erőforrás-hatékonyság javítása terén.

A megoldás elsősorban az EXTEND - karbantartás és javítás szakaszhoz járul hozzá a korai beavatkozás lehetővé tételével és az eszközök élettartamának meghosszabbításával.

Közlekedési folyosók és energiaáramlások

A nyugati folyósó digitális ikermodelljét az Energy Flow Simulation (EFS) eszközzel fejlesztették ki. A modell üzemi adatokat integrál, például a flottajellemzőket, a járatsűrűséget és az energiafogyasztást, lehetővé téve különböző villamosítási forgatókönyvek szimulációját, beleértve az akkumulátoros elektromos buszokat, a menet közbeni töltéssel (IMC) működő trolibuszokat és a hibrid konfigurációkat.



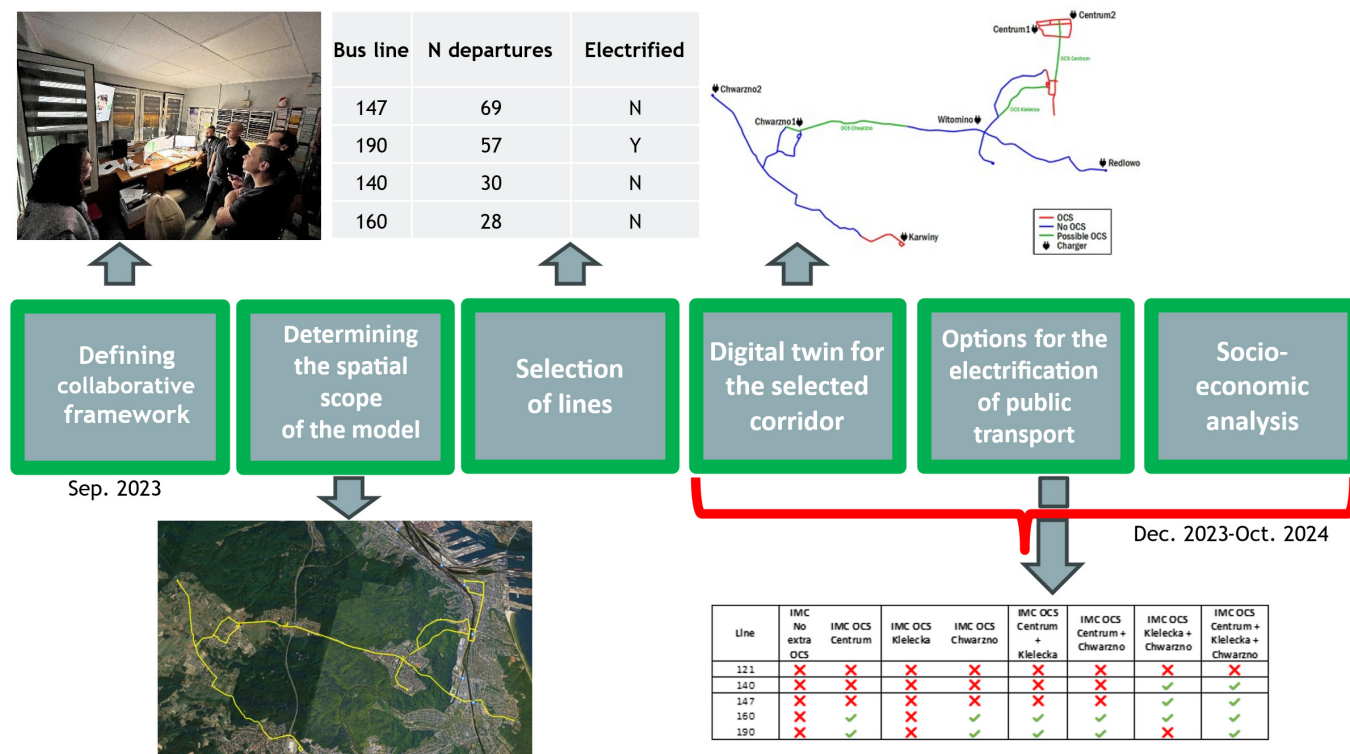
19. ábra: A gdyniai nyugati folyósó térbeli elrendezése.

Szükséges erőforrások

A pilot modellezési eszközöket, üzemi adatokat és a közlekedési szolgáltatók, kutatók, valamint technológiai szolgáltatók közötti szoros együttműködést igényelt. A fő erőforrásoknak részét képezte az EFS szimulációs környezet és a részletes bemeneti adatok, például járműmenetrendek,

energiafogyasztási paraméterek és forgalmi viszonyok.

Az intézményi koordináció elengedhetetlen volt a valósághű modellezési feltételezések és az eredmények validálásának biztosításához, beleértve a szolgáltató, az önkormányzati hatóságok és az infrastruktúrában érintett szereplők bevonását.



20. ábra: Az energiaáramlási szimuláció (EFS) modelljének fejlesztési folyamata a gdyniai digitális ikermodellhez.

A siker bizonyítékai

A pilot igazolta, hogy a digitális szimuláció képes a villamosítási tervezés és az infrastruktúra-optimalizálás hatékony támogatására. A folyósó digitális ikermodellje sikeresen elkészült és valós üzemi adatokkal, a 190-es buszjárat adatai alapján validálták.

Több mint 110 villamosítási forgatókönyvet szimuláltak, összehasonlítva az akkumulátoros elektromos buszokat, a menet közben tölthető (IMC) trolibuszokat és a hibrid megközelítéseket. Az elemzés kimutatta,

hogy az IMC üzem célzott infrastruktúra-bővítéseket igényel, míg bizonyos járatok - például a 190-es - további felsővezeteki infrastruktúra nélkül is üzemeltethetők.

Az eredmények arra is rámutattak, hogy az akkumulátoros elektromos buszüzem az IMC megoldásokhoz képest nagyobb járműszámot igényelhet, és megerősítették, hogy a forgalmi viszonyok jelentősen befolyásolják az energiafogyasztást, a járműigényt és a rendszerköltségeket.

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

21. ábra: Példa a különböző villamosítási forgatókönyveket összehasonlító szimulációs eredményekre, bemutatva a jármű energiamegterhelését és a töltöttségi szint megvalósíthatóságát 10 órás üzem után.

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

22. ábra: A villamosítási forgatókönyvek összehasonlítása, amely különböző járműtechnológiák és infrastruktúra-konfigurációk üzemeltetési megvalósíthatóságát mutatja.

A felmerült kihívások

A kihívások főként az adatintegrációhoz és a modellezéshez kapcsolódtak. A különböző forrásokból származó üzemi adatokat (forgalom, üzemeltetés és energia) harmonizálni kellett, ami kezdetben lelassította a modellezési folyamatot.

További nehézséget jelentett az akkumulátorok degradációjának és életciklus-teljesítményének modellezése, valamint a forgalmi viszonyok pontos leképezése, ami a modell iteratív kalibrálását és további elemek, például közlekedési jelzőlámpák, bevonását igényelte.

E kihívásokat a modell iteratív finomításával és valós adatokon alapuló validációval kezelték.

3.2.5. S.4 megoldás: Körforgásos üzleti közlekedési flottákhoz és infrastruktúrához

A megoldás rövid leírása

Ez a megoldás strukturált tervezési eszközt biztosít a közösségi közlekedési szolgáltatók és hatóságok számára a villamosítási forgatókönyvek körforgásos gazdasági elvek szerinti kialakításához és összehasonlításához. A gdyniai pilotra épül, ahol digitális ikermodell-alkotást és energiaáramlás-szimulációt alkalmaztak különböző villamosítási stratégiák értékelésére. A megoldás ezeket a tapasztalatokat egy átültethető, KPI-alapú keretrendszerre formálja, összekapcsolva a körforgásos célokat a gyakorlati tervezési és beruházási döntésekkel.

A megoldás célkitűzései

A megoldás célja, hogy támogassa a villamosított közösségi közlekedési rendszerek bizonyítékalapú tervezését és javítsa a forgatókönyvek értékelésének következetességét. A körforgásos gazdasági célkitűzések mérhető mutatókká alakításával lehetővé teszi a villamosítási opciók összehasonlítását, javítja a feltételezések átláthatóságát, és támogatja a flotta-, az infrastruktúra- és az energetikai tervezés integrációját.

A megoldás alapelve

A megoldás egy KPI-vezérelt tervezési munkafolyamatra épül, amelyet strukturált kiválasztási és konfigurációs folyamat támogat. Lehetővé teszi a felhasználók számára a releváns mutatók meghatározását, célértékek kitűzését és a különböző villamosítási forgatókönyvek összehasonlítását, egy egységes keretrendszerben.

A megközelítés a flottát, az infrastruktúrát és az

Tanulási és átültethetőségi potenciál

A pilot jelentős átültethetőségi potenciállal bír azon városok esetén, ahol a közösségi közlekedési rendszerek villamosítását tervezik. A digitális ikermodell-megközelítés lehetővé teszi több forgatókönyv összehasonlítását még az infrastruktúra-beruházások melletti elköteleződés előtt, így támogatva a hatékonyabb és megalapozottabb döntéshozatalt.

Moduláris felépítése lehetővé teszi a különböző városi környezetekhez való alkalmazkodást, feltéve, hogy elegendő üzemi adat áll rendelkezésre. Ez a megközelítés az erőforrás-felhasználás optimalizálásával, a szükségtelen beruházások csökkentésével és a rendszerszintű hatékonyság javításával támogatja a körforgásos tervezést.

tervezési eszköz villamosított közösségi

energetikai rendszereket integrált tervezési területként kezeli, összekapcsolva a műszaki teljesítményt, az energiafelhasználást és a körforgásossági eredményeket a megalapozott döntéshozatal érdekében.

Működés közben az eszköz a következő strukturált munkafolyamatot támogatja:

kiválasztás → konfigurálás → forgatókönyv-elemzés → összehasonlítás → döntéstámogatás

A megoldás a flottát, az infrastruktúrát és az energetikai rendszereket egységes tervezési területként kezeli, amelyben az energia a rendszer gerincéként befolyásolja a teljesítményt, a költségeket és a körforgásossági eredményeket.

A megvalósítás tanulságai

A megvalósítás megmutatta, hogy az adatok elérhetősége és minősége kritikus tényező, és gyakran több forrás kombinálását igényli. A szabványosított KPI-definíciók és az egyértelmű irányítási keretek - beleértve a felelősségi köröket és a frissítési eljárásokat - alapvetőek a következetes használathoz.

Ajánlott a fokozatos megközelítés: érdemes egy KPI alaphalmazzal indulni, majd ezt idővel bővíteni, és eközben biztosítani kell a meglévő tervezési és jelentéstételi folyamatoknak való megfelelést.

Átültethetőségi potenciál

A megoldás jelentős átültethetőségi potenciállal bír a flottájuk villamosítását tervező közösségi közlekedési

szolgáltatók számára. Különböző rendszertípusokban alkalmazható, és a helyi feltételekhez - így az energiámixhez, az infrastrukturális korlátokhoz és az üzemeltetési követelményekhez - igazítható.

Azzal, hogy segíti a következetes forgatókönyv-összehasonlítást és az életciklus-orientált tervezést, a

3.3. A.3. tevékenység: Megoldások fejlesztése a közösségi közlekedési infrastruktúra értékének megőrzésére és hulladékának csökkentésére

Ez a tevékenység a közösségi közlekedés infrastrukturális elemeinek és az energiagazdálkodási eszközök életciklusának meghosszabbítását célozza, az újrahasználat és új funkcióra történő átalakítás módszereinek alkalmazásával. Infrastrukturális szinten érvényesíti a körforgásos gazdaság elveit azzal, hogy feltárja, miként maradhatnak használatban a meglévő alkatrészek és anyagok az eredeti üzemi környezetükön kívül is.

E tevékenység keretében két pilotintézkedés valósult meg. Szegeden a pilot a trolibusz-felsővezetéki váltók újrahasználatának megvalósíthatóságát vizsgálta a kritikus infrastruktúraelemek élettartamának

megoldás hozzájárul a hatékonyabb erőforrás-felhasználáshoz és a megalapozottabb beruházási döntésekhez.

A megoldás elsősorban az AVOID - előzetes tervezés és rendszeroptimalizálás szakaszhoz járul hozzá azáltal, hogy megalapozottabb és következetesebb döntéshozatalt tesz lehetővé.

meghosszabbítása és az anyaghulladék csökkentése érdekében. Mariborban a pilot a vontatási akkumulátorok második életciklusú, helyhez kötött energiatárolóként történő hasznosítását elemezte az elektromos autóbuszok töltőinfrastruktúrájának támogatására.

E pilotok együtt olyan gyakorlati megközelítéseket mutatnak be, amelyek a közösségi közlekedési infrastruktúrában és a kapcsolódó eszközökben megtestesülő érték megőrzését szolgálják, miközben csökkentik az erőforrás-felhasználást és támogatják a körforgásosabb eszközgazdálkodási gyakorlatokat. Az ezek során szerzett tapasztalatok képezik a következő szakaszokban bemutatott, átültethető megoldások alapját.

3.3.1. Pilot P.5: Trolibusz-felsővezetéki váltók újrahasználatára (Szeged, Magyarország)

A pilot rövid leírása

Ez a pilot a körforgásos gazdaság elveinek gyakorlati alkalmazására összpontosít a trolibusz-infrastruktúra elemeinek újrahasználatára révén. A Szegedi Közlekedési Társaság (SZKT) által megvalósított pilot azt szemlélteti, hogyan használhatók újra a nagy igénybevételű üzemre már nem optimális alkatrészek a rendszer alacsonyabb terhelésű részein.

A pilot keretében az üzemi hálózathoz négy, eredetileg 2005 és 2014 között telepített nagysebességű felsővezetéki váltót új berendezésre cseréltek, majd ezt követően a járműtelepen újra felhasználták. Ez a megközelítés meghosszabbította a meglévő alkatrészek élettartamát, miközben javította a megbízhatóságot mind a hálózati, mind a járműtelepi infrastruktúrában.



23. ábra: A szegedi hálózatban használt trolibusz-felsővezetéki váltó.

Szükséges erőforrások

A pilot viszonylag korlátozott műszaki erőforrásokat igényelt, mivel a munka elsősorban a meglévő infrastruktúraelemek cseréjére és áthelyezésére irányult a trolibusz-rendszeren belül. A megvalósítás az SZKT belső kapacitásaira támaszkodott, beleértve

az infrastruktúra-karbantartó csapatokat, a forgalomüzemeltetést és a logisztikai egységeket. Koordinációra volt szükség a szerelési munkák és az ideiglenes szolgáltatásmódosítások kezeléséhez, valamint a helyi hatóságokkal való együttműködésre a rövid idejű közúti beavatkozások során.



24. ábra: Az SZKT karbantartó csapata trolibusz-váltót telepít.

A siker bizonyítékai

A pilot sikeresen bizonyította, hogy az infrastruktúraelemek újrahaználata javíthatja a megbízhatóságot, miközben csökkenti a beruházási igényt. Négy új váltót telepítettek a főhálózatba, míg négy újrahaználott váltót a járműtelepen helyeztek üzembe, így nyolc helyszínen javult az infrastruktúra teljesítménye.

A csere csökkentette a meghibásodásokat a nagy forgalmú szakaszokon, megszüntette az elavult telephelyi váltókkal kapcsolatos problémákat, miközben elkerülhetővé tette a további berendezések szükségtelen beszerzését és mérsékelte az anyaghulladékot.

A pilot sikeresen igazolta, hogy az infrastruktúraelemek körforgásos újrahaználata javíthatja az üzemi megbízhatóságot, miközben csökkenti a beruházási igényeket. A megvalósítás során elért fő eredmények a következők:

A felmerült kihívások

A kihívások főként a koordinációhoz és a meglévő infrastruktúra rendszerébe történő integrációhoz kapcsolódtak. A tartóelemek, például oszlopok és alapok, közötti különbségek a telepítés során igazításokat tettek szükségessé. Az ideiglenes forgalmi rend megszervezése és az újrahaználott alkatrészek a rendszerbe történő biztonságos integrálása további erőfeszítéseket igényelt.

Tanulási és átültethetőségi potenciál

A pilot egyszerű és átültethető körforgásos megközelítést mutat, amely számos közösségi közlekedési rendszerben alkalmazható. A nagy igénybevételű hálózati szakaszokról leszerelt infrastruktúraelemek gyakran újra felhasználhatók alacsonyabb terhelésű környezetekben, például telephelyeken.

Az ilyen lehetőségek rendszerszintű azonosításával a szolgáltatók meghosszabbíthatják az eszközök élettartamát, csökkenthetik a beruházási költségeket és minimalizálhatják az anyaghulladékot, támogatva a hatékonyabb és körforgásosabb infrastruktúragazdálkodást.

3.3.2. S.5 megoldás: A trolibusz-felsővezetéki váltók újrahaznátára vonatkozó alkalmazási kritériumok meghatározása

A megoldás rövid leírása

Ez a megoldás átültethető keretrendszert kínál a trolibusz-felsővezetéki váltók közösségi közlekedési rendszerekben történő körforgásos újrahaznátához. A szegedi pilot tapasztalataira épül, és a gyakorlati megközelítést olyan alkalmazási kritériumrendszerre alakítja, amelyet más szolgáltatók is használhatnak.

A megoldás egy lépcsőzetes újrahaznátati modellt vezet be, amelyben a nagy igénybevételű hálózati szakaszokról leszerelt infrastruktúraelemeket alacsonyabb üzemi terhelésű helyszíneken - például telephelyeken - telepítik újra. Ez a megközelítés meghosszabbítja az eszközök élettartamát, csökkenti a hulladékot és javítja az infrastruktúra-megújítás költséghatékonyságát.

A megoldás célkitűzései

A megoldás célja, hogy támogassa a közösségi közlekedési szolgáltatókat a körforgásos infrastruktúra-gazdálkodási gyakorlatok bevezetésében.

Arra összpontosít, hogy strukturált újrahaznátati módszerek alkalmazásával meghosszabbítsa az infrastruktúraelemek üzemi élettartamát, csökkentse az anyagfelhasználást, javítsa a beruházások hatékonyságát, és fenntartsa a megbízhatóságot és a biztonságot.

A megoldás alapelve

A megoldás alapja az infrastruktúraelemek különböző üzemi igénybevételi szintekhez történő hozzárendelése a hálózaton belül. A nagy forgalmú hálózati szakaszokról leszerelt elemek már nem feltétlenül felelnek meg a szigorú megbízhatósági követelményeknek, de alacsonyabb terhelésű környezetekben - például telephelyeken - továbbra is hatékonyan működhetnek. Ez az infrastruktúra

kétszintű megközelítéséhez vezet, amelyben elkülönül a nagy igénybevételű üzemi környezet és az alacsonyabb igénybevételű kiszolgáló környezet. Az alkatrészek állapotának az üzemi követelményekhez való megfeleltetésével a szolgáltatók meghosszabbíthatják az eszközök élettartamát, miközben fenntartják a rendszer teljesítményét.

A megvalósítás tanulságai

A megvalósítás azt mutatja, hogy a sikeres újrahaznátati feltétele a megfelelő állapotfelmérés és a meglévő infrastruktúraelemekkel - például oszlopokkal, vezetékezéssel és alapozásokkal - való kompatibilitás. A telepítés során hatékony koordinációra van szükség a karbantartás és az üzemeltetés között, miközben az újrahaznátálható alkatrészek szisztematikus azonosítása és nyomon követése kulcsfontosságú a megközelítés kiterjesztéséhez.

Átültethetőségi potenciál

A megoldás jelentős átültethetőségi potenciált mutat a trolibusz- vagy villamosinfrastruktúrát üzemeltető szolgáltatók számára. Sok rendszerben hasonló feltételek állnak fenn, ahol az infrastruktúra eltérő intenzitási szinteken működik a hálózatokon és a telephelyeken.

Az üzemi igénybevétel szempontjának eszkozigazdálkodásba való integrálásával a szolgáltatók rendszerszinten képesek az újrahaznátati lehetőségek azonosítására, a költségek csökkentésére és az infrastruktúra életciklusának meghosszabbítására, ezzel támogatva a körforgásos gazdaság alapelveit.

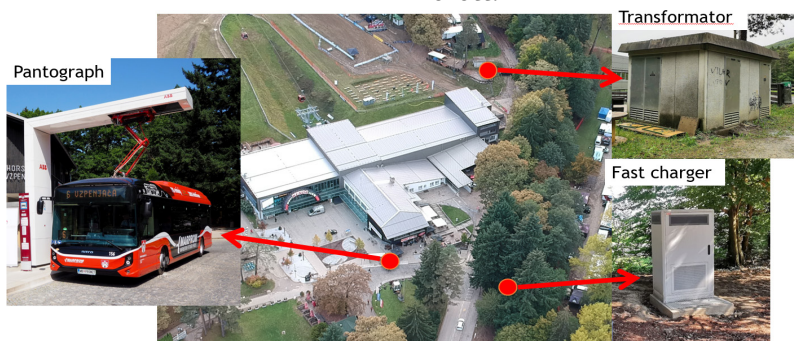
A megoldás ezért a körforgásos gazdaság keretrendszerének **EXTEND** - újrahaznátati szakaszához járul hozzá a közösségi közlekedési infrastruktúra kezelésével.

3.3.3. Pilot P.6: A vontatási akkumulátorok második életciklusú felhasználása helyhez kötött energiatárolásra, megújuló energiával táplált gyorstöltéshez (Maribor, Szlovénia)

A pilot rövid leírása

Ez a pilot a második életciklusú lítiumion-akkumulátorok helyhez kötött energiatárolóként való alkalmazását vizsgálja az elektromos autóbusszok töltőinfrastruktúrájának támogatására. Maribor Önkormányzata a Maribori Egyetem támogatásával valósította meg, és célja az energiahatékonyság javítása a vontatási akkumulátorok életciklusának meghosszabbítása mellett.

A Vzpenjača végállomáson egy 150 kW-os gyorstöltő támogatja a G6 jelű elektromos autóbusszvonalat, amely 7,7 km-es útvonalon közlekedik, gyakori, rövid töltési eseményekkel. Az energiafelhasználás optimalizálása érdekében egy új funkcióra átalakított akkumulátorokra épülő akkumulátoros energiatároló rendszert (BESS) integráltak a töltőinfrastruktúrába, amely pufferként működik a hálózat, a megújuló források és a töltési igény között.



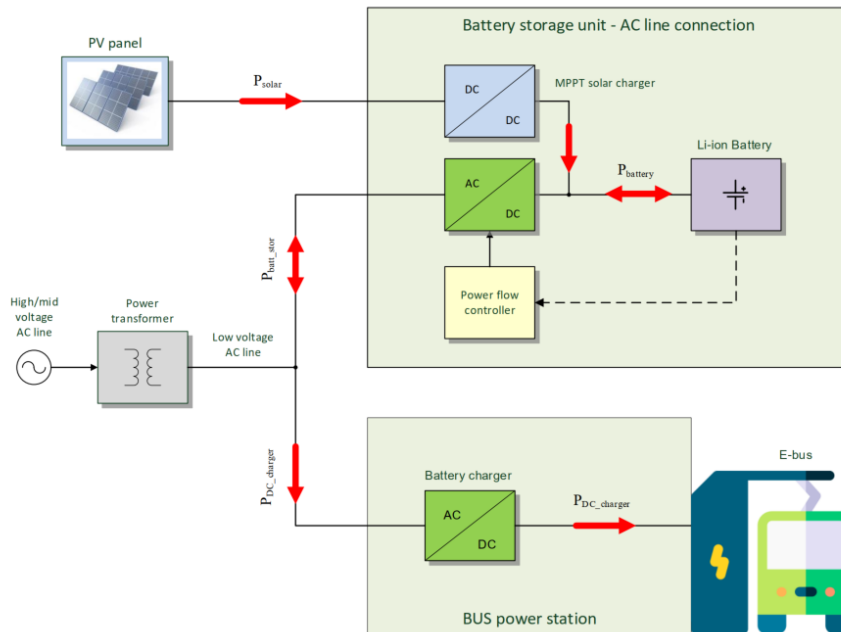
25. ábra: A Vzpenjača állomás jelenlegi töltőinfrastruktúrája.

Szükséges erőforrások

A pilot egy 136 kWh kapacitású, második életciklusú akkumulátoros energiatároló rendszer integrálását igényelte, amelyet egy 80 kW-os hibrid inverterrel és egy meglévő 150 kW-os egyenáramú gyorstöltővel kapcsoltak össze. A rendszer állapotfelügyeleti és vezérlési komponenseket, valamint egy kis fotovoltaikus egységet is tartalmaz. A BESS

párhuzamos hibrid konfigurációban csatlakozik, lehetővé téve a hálózat és a tároló egyidejű energiaellátását az autóbuszok töltési eseményei során.

A megvalósításhoz az önkormányzati hatóságok, a kutatási partnerek és a műszaki szolgáltatók közötti koordinációra, valamint az akkumulátorrendszerekre vonatkozó biztonsági és szabályozási követelmények betartására volt szükség.



26. ábra: A BESS-integráció párhuzamos konfigurációjának műszaki ábrája. Forrás: Maribori Egyetem.

A siker bizonyítékai

A pilot megerősítette a második életciklusú akkumulátorok töltőinfrastruktúrába történő integrálásának műszaki megvalósíthatóságát. A rendszer évente körülbelül 145 000 kWh töltési igényt szolgál ki, napi mintegy 400 kWh fogyasztással és akár 650 kWh-os csúcsokkal, miközben az egyes töltési események körülbelül 5 percig tartanak, 8-14 kWh átadott energiával.

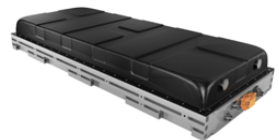
A BESS körülbelül 25 kW-os csúcsterhelés-csökkentést tett lehetővé, és a hálózat és a tároló közötti hibrid működést szemléltette. A fotovoltaikus termelés integrálása tovább növelte az energetikai rugalmasságot és csökkentette a hálózattól való függést.

Összességében a pilot azt mutatta meg, hogy a második életciklusú akkumulátoros energiatárolás javíthatja az energiagazdálkodást és meghosszabbíthatja az akkumulátorok életciklusát a közösségi közlekedési rendszerekben.



- 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 eB5 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

27. ábra: A BESS-rendszer fő komponensei: PV-panelek, inverter és második életciklusú akkumulátorcsomag.

A felmerült kihívások

A kihívások közé tartozott a második életciklusú akkumulátorok integrációjának korlátozott szabványosítása, az akkumulátormodulok és az inverterrendszerek közötti kompatibilitás, valamint a hőstabilitás és a tűzbiztonság fenntartása.

A megfelelő akkumulátorok beszerzésével, a szabályozási követelményekkel és a korlátozott piaci tapasztalattal kapcsolatos további kérdések kezelése a rendszer gondos tervezésével és szakértői együttműködéssel történt.

3.3.4. S.6 megoldás: Átültethető üzleti modellek a vontatási akkumulátorok második életciklusú felhasználására

A megoldás rövid leírása

Ez a megoldás átültethető keretrendszert biztosít a vontatási akkumulátorok második életciklusú, helyhez kötött energiatárolóként történő felhasználásához a közösségi közlekedés töltési infrastruktúrájában. A maribori pilotra épül, és annak műszaki, illetve működési tapasztalatait olyan üzleti modellekké és megvalósítási feltételekké alakítja, amelyek más környezetben is alkalmazhatók.

A megoldás azzal támogatja a körforgásos gazdaság elveit, hogy meghosszabbítja az akkumulátorok újrahasznosítás előtti élettartamát, miközben javítja az energiagazdálkodást, csökkenti a csúcsidőszaki villamosenergia-igényt és elősegíti a megújuló energiaforrások integrálását.

A megoldás célkitűzései

A megoldás célja, hogy segítse a közösségi közlekedési szolgáltatókat és hatóságokat a második életciklusú akkumulátortárolás bevezetésében, mint a villamosított közlekedési infrastruktúra részében.

Arra összpontosít, hogy meghosszabbítsa az akkumulátorok életciklusát, javítsa a töltési rugalmasságot, csökkentse a csúcsterhelést, támogassa

Tanulási és átültethetőségi potenciál

A pilot jelentős átültethetőségi potenciállal bír az elektromos autóbusz-infrastruktúrájukat bővítő városok számára. A második életciklusú akkumulátoros energiatárolás támogathatja a csúcsterhelés kezelését, javíthatja az energetikai rugalmasságot és lehetővé teszi a megújuló energiaforrások jobb integrációját.

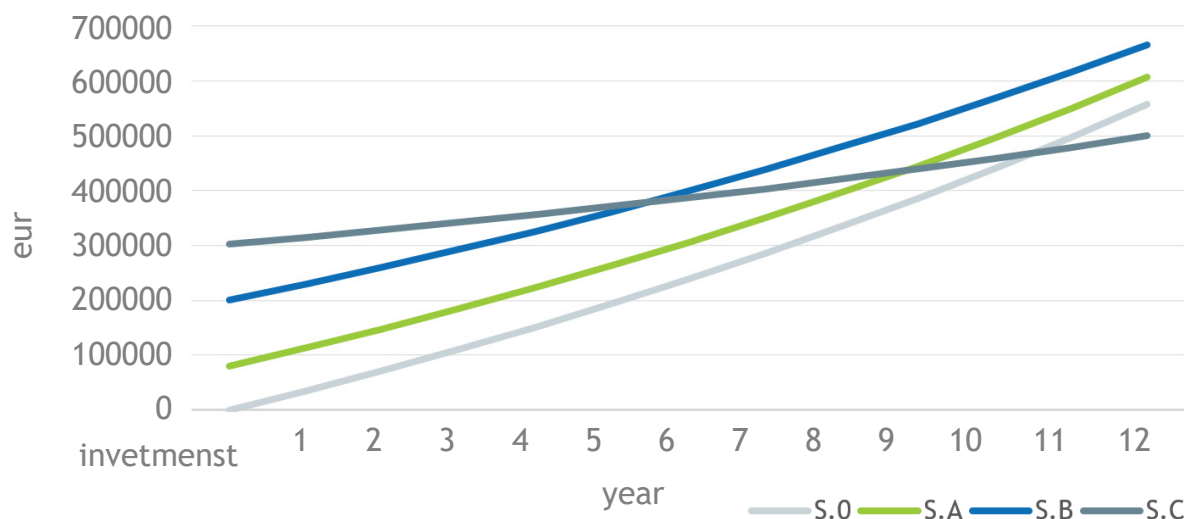
A BESS-megoldások moduláris jellege lehetővé teszi a különböző környezetekhez történő adaptálását, az akkumulátorok életciklusának meghosszabbításával és az erőforrás-hatékonyság javításával támogatva a körforgásos gazdaság elveit.

a megújuló energia integrációját, és gazdaságilag életképes megközelítéseket hozzon létre a második életciklusú akkumulátoros alkalmazások számára.

A megoldás alapelve

A megoldás azon alapul, hogy a második életciklusú akkumulátoros energiatároló rendszereket az elektromos hálózat, a megújuló energiaforrások és a töltési igény közé integrálják. Ebben a szerepben az akkumulátorrendszer rugalmas energiapufferként működik, amely segíti a csúcsterhelés csökkentését, a terhelés áthelyezését és a megújuló energia felhasználását.

Gyakorlati alkalmazása három dimenzió összehangolásától függ: a műszaki integrációtól, az energiagazdálkodási stratégiától, valamint a gazdasági és szabályozási feltételektől. Ahelyett, hogy egyetlen rögzített modellt kínálna, a megoldás olyan rugalmas keretrendszert ad, amely a helyi infrastruktúrához, terhelési profilokhoz és piaci feltételekhez igazítható. Bár a csúcsterhelés csökkentése önmagában korlátozott előnyöket nyújt, ha a tárolást tarifaoptimalizálással és a megújuló energiák integrálásával kombináljuk, az jelentősen javítja az összteljesítményt.



28. ábra: A kumulált villamosenergia-költségek összehasonlítása különböző energiagazdálkodási forgatókönyvekben.

- S.0: Alapeset (tárolás nélkül): teljes mértékben a hálózati villamos energiára támaszkodik
- S.1: Csúcsterhelés-csökkentés: a rövid távú teljesítménycsúcsok csökkentése korlátozott gazdasági megtérüléssel
- S.2: Tarifaoptimalizálás: az energiafelhasználás alacsonyabb költségű időszakokra való áthelyezése, javítva a költséghatékonyságot optimisation: shifting energy use to lower-cost periods, improving cost efficiency
- S.3: Megújulók integrálása: a tárolás és a megújuló energiaforrások kombinálása a hálózati függőség csökkentése és a hosszú távú érték maximalizálása érdekében

A megvalósítás tanulságai

A megvalósítás megmutatta, hogy az akkumulátormodulok, az inverterrendszerek és a töltőinfrastruktúra közötti kompatibilitás a siker kulcsfontosságú feltétele, viszont a biztonsági követelményeket és a rendszerarchitektúrát már a kezdetektől figyelembe kell venni.

Az üzleti modell erősen függ a rendszer méretétől, a terhelési profiltól, a villamosenergia-tarifáktól és a hálózati korlátoktól. Önmagában a csúcsterhelés

csökkentése kis léptékű, korlátozott megtérülést kínál, ha azonban a tárolást a megújuló energiák integrálásával kombináljuk, az jelentősen javítja a hosszú távú értéket.

Átültethetőségi potenciál

A megoldás jelentős átültethetőségi potenciállal bír a villamosítás alatt álló közösségi közlekedési rendszerek számára. Sok város szembesül hasonló kihívásokkal a töltési igény, a hálózati korlátok és a jövőbeli akkumulátorgazdálkodás terén.

A második életciklusú akkumulátoros energiatárolás praktikus megoldást kínál e problémák egyidejű kezelésére, és alkalmi töltőállomásokon, telephelyeken vagy mobilitási csomópontokban egyaránt alkalmazható. Ily módon a megoldás egyszerre támogatja a körforgásos gazdasági célokat és a rugalmasabb energiagazdálkodást a közösségi közlekedési rendszerekben.

A megoldás elsősorban az EXTEND - más célú hasznosítás szakaszhoz járul hozzá a körforgásos gazdaság hierarchiájában azáltal, hogy lehetővé teszi a vontatási akkumulátorok lépcsőzetes felhasználását a végső újrahhasznosítás előtt.

3.4. A.4. tevékenység: A járművek és a gördülőállomány értékét megőrző és hulladékát csökkentő megoldások elterjedésének elősegítése

Ez a tevékenység a gördülőállomány-alkatrészek élettartamának meghosszabbítására összpontosít felújítás, újragyártás és a közösségi közlekedési ágazaton belüli jobb információmegosztás révén.

A Szegeden megvalósított pilot egy elavult villamosajtó-vezérlő egység újratervizését és újragyártását mutatja be, lehetővé téve az idősödő Tatra villamosjárművek további üzemeltetését. Egy, a piacon már nem elérhető kritikus elektronikus alkatrész cseréjével a pilot azt szemlélteti, hogy a

célzott alkatrész-újratervizés miként őrizheti meg a meglévő gördülőállomány üzemi értékét.

A pilot során szerzett tapasztalatok egy digitális használati eszköz- és közvetítőplatform fejlesztéséhez kapcsolódnak, amely támogatja a közösségi közlekedés szereplői közötti információcserét és együttműködést a járműalkatrészek újrahhasználatának és újragyártásának elősegítésére.

3.4.1. Pilot P.7: Villamosok vezérlőegységeinek újragyártása és újratervizése az alkatrészek újrahhasználatának lehetővé tételére (Szeged, Magyarország)

A pilot rövid leírása

Ez a pilot a villamosok üzemi élettartamának meghosszabbítására összpontosít egy kritikus elektronikus alkatrész újratervizésével és újragyártásával. A Szegedi Közlekedési Társaság (SZKT) valósította meg, és a Tatra T6A2 és KT4D-ME villamosflottákban használt, a pótkatrész-piacról már eltűnt ajtóvezérlő egységek elavulásának problémáját kezeli.

A kockázat mérséklése érdekében modern komponensek felhasználásával új, paraméterezhető és diagnosztizálható vezérlőegységet fejlesztettek ki. Az egységet úgy tervezték meg, hogy kompatibilis legyen mindkét villamostípushoz, és integrálható legyen a meglévő ajtórendszerekbe, lehetővé téve az öregedő járművek további üzemeltetési idejének cseréjük nélkül.



29. ábra: Szegeden üzemelő Tatra villamosok (KT4D és T6A2 típusok).

Szükséges erőforrások

A megvalósításhoz a meglévő rendszerek műszaki elemzésére, új hardver és diagnosztikai szoftver fejlesztésére, valamint kontrollált tesztkörnyezet kialakítására volt szükség.

További feladatok közé tartozott egy akkreditált szervezet általi tanúsítás, az üzemeltetéshez szükséges hatósági jóváhagyás megszerzése, valamint a csereegységek első szériájának legyártása, szoros együttműködésben a belső csapatokkal és a külső partnerekkel.



30. ábra: Az újonnan fejlesztett ajtóvezérlő egység funkcionális tesztelésére használt kontrollált tesztkörnyezet.

A siker bizonyítékai

A pilot sikeresen kifejlesztett és üzembe helyezett egy olyan csere vezérlőegységet, amely két villamostípushoz is kompatibilis. Összesen 99 eredeti egységet azonosítottak kritikus komponensként 28 járműben, és az első sorozatban 40 új egységet gyártottak le és szereltek be.

A megoldás megszüntette egy kulcsfontosságú alkatrész elavulását, biztosította a flotta további üzemeltetését, és olyan diagnosztikai funkciót vezetett be, amely támogatja a jobb karbantartást és a hibafelismerést.



31. ábra: Villamosjárműbe beszerelt újonnan gyártott ajtóvezérlő egység.

A felmerült kihívások

A fő kihívást az újonnan fejlesztett, biztonsági szempontból kritikus elektronikus alkatrész jóváhagyási folyamata jelentette, mivel a szabályozási eljárások nem voltak kellően egyértelműek, és kiterjedt egyeztetést igényeltek a tanúsító szervezetekkel. További nehézséget jelentett a különböző villamosrendszerekkel való kompatibilitás biztosítása és a hosszú távú üzemhez megfelelő műszaki specifikációk meghatározása.

Tanulási és átültethetőségi potenciál

A pilot átültethető módszert nyújt a pótalkatrészek avulásának kezelésére egy öregedő gördülőállomány esetében. Sok város üzemeltet hasonló villamosflottát, hasonló kihívásokkal szembesülve.

A módszert - a kritikus alkatrészek azonosítása, a cserealkatrészek újratervezése és a tanúsítás megszerzése - más szolgáltatók is megismételhetik, támogatva a körforgásos karbantartási stratégiákat és meghosszabbítva a járművek élettartamát.

A megközelítés elsősorban az **EXTEND** dimenziójához járul hozzá az AETE keretrendszeren belül, különösen a gördülőállomány-alkatrészek felújítása és újragyártása révén.

4. Levont tanulságok

A CE4CE pilotprojektjei során több kulcstéma rajzolódott ki, amelyek azt mutatják meg, hogyan működnek a körforgásos megoldások a gyakorlatban eltérő üzemi feltételek mellett.

Adat- és rendszerintegráció

A prediktív karbantartási pilotok rámutattak, hogy a digitális megoldások eredményessége nagymértékben függ az adatminőségtől és a rendszerintegrációtól. Lipcsében a folyamatos, járműalapú állapotfelügyelet lehetővé tette az infrastrukturális hibák korai felismerését, ugyanakkor rámutatott a stabil adatfolyamok és a helyszíni ellenőrzéssel végzett validáció szükségességére is. Hasonlóképpen, a szimulációalapú megközelítésekben kiderült, hogy a különböző forrásokból származó adatok harmonizálása a megbízható modellezés és döntéstámogatás előfeltétele.

Az eszközök élettartamának meghosszabbítása újrahasználatával és újragyártással

Az infrastruktúra és az alkatrészek újrahasználatára fókuszáló pilotok rávilágítottak az eszközök élettartamának meghosszabbításában rejlő potenciálra. Szegeden a trolibusz-felsővezetési váltók újrahasználatára megmutatta, hogy a nagy igénybevételű hálózati szakaszokról leszerelt elemek hatékonyan újratelepíthetők alacsonyabb terhelésű környezetekben. Hasonló elv érvényesült a villamosok vezérlőegységeinek újragyártásánál is, ahol az újratelevés lehetővé tette az idősödő járművek további üzemeltetését a pótalkatrész-elavulás ellenére.

Rendszerintegráció és értékteremtés energetikai alkalmazásokban

Az energetikai pilotok megmutatták, hogy a körforgásos megoldások értékét a rendszerintegráció növeli. Mariborban a második életciklusú akkumulátoros energiatárolás már önmagában, pusztán a csúcsidőszaki terhelés csökkentésére alkalmazva is mutatott korlátozott előnyöket, viszont a megújuló energia integrálásával és a rugalmas energiagazdálkodással együtt már jelentősen nagyobb értéket teremtett. Ez rávilágított arra, hogy a körforgásos megoldásokat szélesebb körű rendszeroptimalizálás részeként, nem pedig önálló beavatkozásként érdemes kezelni.

Szervezeti felkészültség és megvalósítási folyamatok

A sikeres megvalósítás valamennyi pilot esetében a több érintett közötti koordináción és a meglévő működési struktúrákba történő integráción múlt. A fokozatos megvalósítást célzó megközelítések - kezdeti pilotesztelés, majd fokozatosan nagyobb léptékű bevezetés - hatékonynak bizonyultak a műszaki és szervezeti összetettség kezelésében.

Ezeket a tanulságokat az alábbi táblázat foglalja össze.

Terület	Fő tanulságok
Műszaki és adatkezelési szempontok	<ul style="list-style-type: none"> • A sikeres megoldások a meglévő infrastruktúrával és rendszerekkel való kompatibilitástól függenek, különösen örökölt környezetekben. • A megbízható megvalósításhoz kiváló minőségű, harmonizált adatokra és stabil adatfolyamokra van szükség. • A moduláris rendszertervezés skálázható bevezetést és rugalmas integrációt tesz lehetővé.
Működés	<ul style="list-style-type: none"> • A megvalósítás szervezeti funkciók közötti koordinációt és a meglévő munkafolyamatokba való integrációt igényel. • Az érintettek korai bevonása jelentősen csökkenti a kockázatokat és megkönnyíti a megvalósítást. • A fokozatos megközelítések lehetővé teszik a tesztelést, a validálást, és a fokozatosan növekvő léptékű bevezetést
Gazdasági	<ul style="list-style-type: none"> • A körforgásos megoldások jellemzően kezdeti beruházást igényelnek, de hosszabb időtávon teremtnek értéket. • A gazdasági teljesítmény a rendszer méretétől, az integráció szintjétől és a működési környezettől függ. • Az érték jelentős része közvetett előnyökből, például a megbízhatóságból és a hatékonyságból származik.
A körforgásos gazdasággal kapcsolatos felismerések	<ul style="list-style-type: none"> • A legnagyobb potenciál az eszközök élettartamának meghosszabbításában, az alkatrészek újrahazsnálatában és az energetikai eszközök más célú hasznosításában rejlik. • A körforgásos stratégiák gyakran lépcsőzetes logikát követnek a különböző felhasználási kontextusok között. • A teljes érték kiaknázásához elengedhetetlen az életciklus-szemlélet.
Átültethetőség	<ul style="list-style-type: none"> • A moduláris és adaptálható megközelítésekre épülő megoldások mutatják a legnagyobb átültethetőségi potenciált. • Az átültethetőség a helyi szervezeti, műszaki és szabályozási feltételektől függ. • A tudásmegosztás és az egyértelmű dokumentáció támogatja a megismételhetőséget.

7. táblázat: Az átfogó tanulságok áttekintése.

5. Megvalósítási ellenőrzőlista és kulcsszemponatok

A 4. fejezetben bemutatott tanulságokra építve ez a fejezet gyakorlati útmutatást ad a CE4CE megoldások különböző helyi környezetekben történő bevezetéséhez. A feltárt felismeréseket cselekvésre váltható lépésekké, kulcsfontosságú sikertényezőkké és kockázati szempontokká alakítja, támogatva az érintetteket abban, hogy a körforgásos gazdaság módszereit a közösségi közlekedési rendszerekben alkalmazzák.

5.1. A sikeres megvalósítás kulcstényezői

A CE4CE megoldások megvalósításához a megvalósíthatóságot, a hatékonyságot és a skálázhatóságot meghatározó több kulcsterülettel is foglalkozni kell. Ezek a szempontok a pilotintézkedések és a megoldásfejlesztési folyamatok során azonosított gyakorlati követelményeket tükrözik.

A sikeres megvalósítás alapfeltétele a meglévő infrastruktúrával és rendszerekkel való kompatibilitás biztosítása - különösen örökölt környezetekben -, valamint a megbízható és jól strukturált adatok rendelkezésre állása. Ezzel egyidejűleg kulcsfontosságú

Az útmutató azoknak a közösségi közlekedési szolgáltatóknak, hatóságoknak és más érintetteknek szól, akik a CE4CE megoldásokat a helyi műszaki, szervezeti és gazdasági feltételek figyelembevételével kívánják adaptálni és megvalósítani.

a szervezeti felkészültség, beleértve az osztályok közötti koordináció, az érintettek bevonása és az új megközelítések meglévő munkafolyamatokba történő beépítésének képessége.

A gazdasági életképességet életciklus-szemlélettel kell vizsgálni, figyelembe véve a közvetlen és közvetett előnyöket is, ugyanakkor a szabályozási követelmények és a jóváhagyási eljárások befolyásolhatják a megvalósítás időigényét és a megoldás tervezését. Emellett a megoldásokat skálázhatósági és átültethetőségi szemlélettel kell kialakítani, hogy különböző működési és intézményi környezetekhez adaptálhatók legyenek.

5.2. Megvalósítási ellenőrzőlista

A 9. táblázat egy strukturált, lépésről lépésre haladó módszert kínál a körforgásos gazdasági megoldások közösségi közlekedési rendszerekbe történő bevezetésének támogatására, a kezdeti felméréstől a nagyobb léptékű bevezetésig, és a normál működésbe történő integrálásig.

Lépés	Fókusz
1. lépés: Kiinduló felmérés	<ul style="list-style-type: none"> • A körforgásos gazdasági lehetőségek azonosítása az infrastruktúrában, a járművekben és az energetikai rendszerekben • A jelenlegi eszköz-életciklus gazdálkodási gyakorlatok elemzése • A beavatkozási prioritások meghatározása
2. lépés: Megvalósíthatósági elemzés	<ul style="list-style-type: none"> • A kiválasztott megoldások műszaki megvalósíthatóságának értékelése • Az adatok rendelkezésre állásának és a rendszerkövetelményeknek az értékelése • A gazdasági életképesség és a lehetséges előnyök elemzése • A szabályozási korlátok azonosítása
3. lépés: Megoldástervezés	<ul style="list-style-type: none"> • A műszaki koncepció és a rendszerarchitektúra meghatározása • A megfelelő technológiák és partnerek kiválasztása • Megvalósítási terv és ütemezés kidolgozása • Teljesítménymutatók meghatározása
4. lépés: Megvalósítás	<ul style="list-style-type: none"> • A megoldás bevezetése ellenőrzött pilotkörnyezetben • A teljesítmény nyomok követése és az adatok gyűjtése • Az operatív személyzet és az érintettek bevonása • A rendszer módosítása a visszajelzések alapján
5. lépés: Értékelés és optimalizálás	<ul style="list-style-type: none"> • A pilot eredményeinek és teljesítményadatainak elemzése • A fejlesztési és optimalizálási lehetőségek azonosítása • A gazdasági és működési előnyök validálása
6. lépés: Nagyobb léptékű bevezetés és átadás	<ul style="list-style-type: none"> • Nagyobb léptékű bevezetési stratégia kidolgozása a szervezeten belül • A megoldás más környezetekre vagy helyszínekre való adaptálása • Tudásmegosztás és a levont tanulságok átadása • A megoldás integrálása a szokásos működésbe

9. táblázat: Lépésről lépésre felépített megvalósítási ellenőrzőlista.

5.3. Gyakori kockázatok és enyhítő intézkedések

A körforgásos gazdasági megoldások közösségi közlekedési rendszerekben történő bevezetése számos gyakori kockázattal jár, amelyek az adatokhoz, a technológiához, a szervezeti kapacitásokhoz és a szabályozási feltételekhez kapcsolódnak.

Az egyik legfontosabb kihívás az adatok rendelkezésre állása és minősége, mivel a hiányos vagy inkonzisztens adatok korlátozhatják a digitális eszközök és a bizonyítékokon alapuló döntéshozatal hatékonyságát. Ehhez az adatok rendelkezésre állásának korai felmérésére, validációs eljárásokra és megbízható adatkezelési folyamatok kialakítására van szükség.

A megvalósítást a meglévő infrastruktúrával és az örökölt rendszerekkel fennálló műszaki inkompatibilitások is befolyásolhatják. Ezek a kihívások moduláris és rugalmas rendszertervezéssel kezelhetők, amely lehetővé teszi a meglévő környezetekbe történő fokozatos integrációt anélkül, hogy kiterjedt rendszer módosításokra lenne szükség.

A szabályozási követelmények és jóváhagyási eljárások befolyásolhatják a megvalósítás ütemezését, különösen az innovatív vagy biztonságkritikus megoldások esetében. Ezért fontos a szabályozó hatóságok korai bevonása, hogy egyértelművé váljanak a követelmények, és csökkenjen a késedelmek kockázata.

A szervezeti kapacitás korlátai, beleértve a korlátozott szakértelmet vagy erőforrásokat, tovább befolyásolhatják a megvalósítást. E kockázatok kapacitásépítéssel, célzott képzéssel és a megvalósítást, valamint a működtetést támogató megfelelő erőforrások biztosításával mérsékelhetők.

Végül az érintettek bevonása kulcsszerepet játszik a sikeres megvalósításban. Az érintettek korlátozott bevonása vagy az érdekelt felek közötti összehangoltság hiánya akadályozhatja az előrehaladást, míg a folyamatos kommunikáció és a korai bevonás támogatja a koordinációt, az elfogadottságot és a hatékony megvalósítást.

Kockázatok	Enyhítő intézkedések
Adathiány vagy gyenge adatminőség	Korai adatértékelés és validáció
Műszaki inkompatibilitás	Moduláris rendszertervezés
Szabályozási késedelmek	A szabályozó hatóságok korai bevonása
Korlátozott szervezeti kapacitás	Kapacitásépítés és képzés
Alacsony érintetti bevonódás	Folyamatos kommunikáció az érintettekkel

5.4. Következtetések és kitekintés

A CE4CE kézikönyv bemutatja, hogyan fordíthatók le a körforgásos gazdaság elvei gyakorlati alkalmazásokká a közösségi közlekedési rendszerekben. A különböző működési környezetekben megvalósított pilotintézkedések révén a projekt értékes tapasztalatokat halmozott fel arról, hogy miként őrizhető meg az érték, miként csökkenthető a hulladék és hogyan javítható az erőforrás-hatékonyság az infrastruktúra, a járművek és az energetikai rendszerek terén.

A kézikönyvben bemutatott megoldások ezekre a tapasztalatokra épülnek, és olyan strukturált, átültethető megközelítéseket kínálnak, amelyek támogatni tudják a közösségi közlekedési hatóságokat és szolgáltatókat a körforgásos gyakorlatok

bevezetésében. Az átfogó tanulságokkal együtt stratégiai iránymutatást és gyakorlati útmutatást is adnak a lineáris eszközgazdálkodásról a körforgásos szemléletre történő átálláshoz.

Az ebben a fejezetben bemutatott ellenőrzőlista olyan strukturált megközelítést kínál, amely különböző közösségi közlekedési környezetekhez és körforgásos megoldásokhoz igazítható. A folyamatos tudáscsere, az érintettek együttműködése és a körforgásos üzleti modellek továbbfejlesztése alapvető e megközelítések nagyobb léptékű bevezetéséhez, valamint a fenntartható és körforgásos közösségi közlekedési rendszerek felé vezető átmenet támogatásához.

6. Hivatkozások

A CE4CE projekt eredményei:

- D.1.1.3 Közösségi közlekedési Circularity Compass - eredmények összegzése és javaslatok az alkalmazásra.
- D.1.2.2 Jelentés a CE4CE Közösségi Közlekedési Körforgásossági Platform megvalósításáról, teszteléséről, értékeléséről és szakértői felülvizsgálatáról.
- D.3.1.1 Jelentés a közös követelményekről, valamint a pilotok előkészítéséről, megvalósításáról és értékeléséről: prediktív karbantartás Lipcsében és Bergamóban, valamint egy e-folyosó szimulációja Gdyniában.
- D.3.1.2 Jelentés a közösségi közlekedés körforgásos jellegét lehetővé tevő és gyorsító közös digitális megoldások fejlesztéséről.
- D.3.2.1 Jelentés a közös követelményekről, valamint a pilotok előkészítésére, megvalósítására és értékelésére vonatkozó tervről: trolibusz-felsővezetéki váltók újrahaználata Szegeden és használt akkumulátorok újrahaználata Mariborban.
- D.3.2.2 Jelentés a közösségi közlekedési infrastruktúra értékének megőrzését és a hulladék csökkentését szolgáló megoldások fejlesztéséről.
- D.3.3.1 Jelentés a pilotok előkészítésére, megvalósítására és értékelésére vonatkozó közös követelményekről és tervről.
- D.3.3.2 Jelentés a járművek és a gördülőállomány értékének megőrzését, és hulladékának csökkentését szolgáló megoldások átvételének elősegítéséről.

A CE4CE projekt kimeneti adatlapjai:

- O1.1 CE4CE közösségi közlekedési Circularity Compass.
- O1.2 CE4CE Közösségi Közlekedési Körforgásossági Tudásplatform.
- O3.1 Digitális infrastruktúra- és járműoptimalizálás prediktív karbantartással.
- O3.2 Modulok az infrastruktúra és a gördülőállomány prediktív karbantartásához.
- O3.3 E-folyosó és energiaáramlások szimulációja a villamosítás nagyobb léptékű bevezetését célzó körforgásos forgatókönyvek modellezésére.
- O3.4 Körforgásos üzleti tervezési eszköz villamosított közösségi közlekedési flottákhoz és infrastruktúrához.
- O3.5 A trolibusz-felsővezetéki váltók újrahaználátóságának szemléltetése.
- O3.6 A trolibusz-felsővezetéki váltók újrahaználataira vonatkozó alkalmazási kritériumok meghatározása.
- O3.7 Használt akkumulátorok megújuló energia tárolására, és gyorstöltő energiaellátására történő alkalmazásának elemzése, mint a körforgásos stratégiai orientáció példája.
- O3.8 Átültethető üzleti modellek kidolgozása az akkumulátorok megújuló energia tárolására történő újrahaználataira a közösségi közlekedési rendszerekben.
- O3.9 Villamosok vezérlőegységeinek tervezése a villamosok újragyártásának keretében.
- O3.10 Használt eszközök online piactere és közvetítő platformja használt alkatrészekhez, termékekhez és információmegosztáshoz.



Scan me for the project website

Copyright: Szeged Transport Company

A CE4CE projekt (Közép-Európa közösségi közlekedési infrastruktúrája - a körforgásos gazdaságra való átállás elősegítése) erősíti a körforgásos gazdasághoz kapcsolódó rendszerszemléletet a közép-európai közösségi közlekedési szereplők körében annak érdekében, hogy csökkenjen a hulladék, és új érték jöjjön létre az infrastruktúra és a gördülőállomány új életciklusai mentén.

LÉPJEN KAPCSOLATBA VELÜNK

Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH/ a lipcsei közösségi közlekedési vállalat

Projektkoordinátor: Stefan Röhl úr

Email: CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de

A projekt honlapja: <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>

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

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

A projekt tudásplatformja: <https://circularity4publictransport.eu/>

