

# Útmutató a körforgásos stratégiák kidolgozásához a közösségi közlekedés területén

*A CE4CE stratégiákból és cselekvési  
tervekből levont tanulságok*



## Kiadói adatok

### Projekt

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

### Kapcsolat

Lipcsei közösségi közlekedési vállalat

Cím: Georgiring 3, 04103 Lipcse, Németország

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

E-mail: CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de

### Támogató

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

### Szerzők és közreműködők

Leventcan Er, Laura López, Ana-Maria Baston, Marcelian Handoko (Rupprecht Consult, Németország), Stefan Röhl, Conrad Jentzsch (Lipcsei közösségi közlekedési vállalat, Németország), Jan Röhl (Kruch Railways, Ausztria), Liliana Donato, Sara Biffi (ATB Bergamo, Olaszország), Gabriele Grea, Anja Seyfert (Redmint Impresa Sociale srl, Olaszország), Dominika Kowalkowska (gdyniai autóbusz közlekedési vállalat, Lengyelország), Agnieszka Szmelter-Jarosz, Marcin Wolek (Gdański Egyetem, Lengyelország), Mitja Klemencic (Maribori Önkormányzat, Szlovénia), Danijel Hojski (Maribori Egyetem, Szlovénia), Alexandra Scharzenberger, Marta Woronowicz (trolley:motion, Ausztria), Németh Zoltán Ádám, Jéga-Szabó Gábor (Szegedi Közlekedési Társaság, Magyarország), Csörgő Nikolett (Mobilissimus Kft., Magyarország)

### Elrendezés és tervezés

Danaja Dvornik (@\_studio\_kai\_) és Marcelian Handoko (Rupprecht Consult)

### Közzététel dátuma

2026. március

### Szerzői jog

A kiadvány szerzői joga a Lipcsei közösségi közlekedési vállalat által vezetett CE4CE projekt konzorciumot illeti. A kiadványban szereplő, forrásmegjelöléssel ellátott összes kép és szövegelem a megjelölt szervezetek vagy magánszemélyek tulajdonát képezik.

## Rövidítések

Abbreviation	Meghatározás
AI	Mesterséges intelligencia
BESS	Akkumulátoros energiatároló rendszer
BSR	Balti-tengeri régió
CCC	Klímavárosi szerződés
EN	Európai szabvány
eBRT	Elektromos gyorsbusz-rendszer
ESG	környezeti, társadalmi és irányítási szempontok
EU	Európai Unió
GIS	Földrajzi információs rendszer
ISO	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet
KPI	Fő teljesítménymutató
LCC	Életciklus-költségszámítás
MR.pro®	Az LVB által használt karbantartáskezelő szoftver/rendszer
PV	Fotovoltaikus
SECAP	Fenntartható Energia és Klíma Akcióterv
SMEA	Stratégiai karbantartási és műszaki értékelés (módszertani referencia a prioritáskezeléshez/kockázatmenedzsmenthez kapcsolódóan)
SUMP	Fenntartható Városi Mobilitási terv
ZEDAS	Vasúti karbantartási és eszközgazdálkodási szoftverrendszer

## A partnerek rövidítései

Rövidítés	Partner neve
LVB	Lipcsei közösségi közlekedési vállalat, Németország
PKA	Gdyniai autóbusz közlekedési vállalat, Lengyelország
UG	Gdański Egyetem, Lengyelország
SZKT	Szegedi Közlekedési Társaság, Magyarország
Kruch	Kruch Railways, Ausztria
MOM	Maribor Önkormányzata, Szlovénia
UM	Maribori Egyetem, Szlovénia
ATB	Bergamoi közösségi közlekedési vállalat, Olaszország
Redmint	Redmint, Olaszország
Mobilissimus	Mobilissimus Kft., Magyarország
TM	trolley:motion, Ausztria
RUPPRECHT	Rupprecht Consult (consultant to LVB), Germany

## Ábrajegyzék

1.ábra: Elkerülés - Élettartam-meghosszabbítás - Átalakítás - Feltételek megteremtése (AETE) keretrendszer. Forrás: trolley:motion association	9
2.ábra: Az energiaágazat a körforgásos gazdaság iránytűjében	11
3.ábra: Az infrastruktúra-szektor a körforgásos iránytű struktúrájában	16
4.ábra: A járműipari szektor a körforgásos gazdaság iránytűjében	20
5.ábra: A jövőképet támogató stratégiai keret	25
6.ábra: A maribori cselekvési terv jövőképe és stratégiai célkitűzései	26
7.ábra: A maribori cselekvési terv legfontosabb intézkedései és végrehajtási ütemterve	27
8.ábra: Érdekelt szereplők részvételével tartott műhelytalálkozó a körforgásos gazdaságról és az energiáról a közösségi közlekedésben. Forrás: Maribor önkormányzata, a CE4CE	28
9.ábra: A maribori cselekvési terv kidolgozási folyamatának fő tanulságai	29
10.ábra: Az LVB cselekvési tervének jövőkép és stratégiai céljai	30
11.ábra: Lipcsében megvalósult főbb intézkedések	31
12.ábra: A lipcsei fő tanulságok	34
13.ábra: A gdyniai trolibusz-telephelyet ellátó napelemes erőmű. Forrás: CE4CE	35
14.ábra: A gdyniai cselekvési terv jövőképe és stratégiai célkitűzései	36
15.ábra: Gdynia legfontosabb intézkedései és a megvalósítás ütemterve	37
16.ábra: 16. ábra: A gdyniai a fő tanulságok	39
17.ábra: ATB Mobility Bergamo	40
18.ábra: A bergamói cselekvési terv jövőképe és stratégiai célkitűzései	41
19.ábra: Bergamo legfontosabb intézkedései	41
20.ábra: A bergamoi fő tanulságok	43

## Táblázatok

1. táblázat:A közösségi közlekedési energiastratégiák legfontosabb kulcstényezői	14
2. táblázat:A közösségi közlekedési infrastruktúra-stratégiák legfontosabb előfeltételei	18
3. táblázat:A közösségi közlekedési flottastratégiák legfontosabb kulcstényezői	23

## Tartalomjegyzék

Összefoglaló	7
1. Bevezetés a CE4CE projektbe	8
2. Stratégiák a körforgásos gazdaság erősítésére a közösségi közlekedési szektorban	9
2.1. Stratégia a hulladékenergia és a megújuló energiaforrások felhasználásának kiaknázására és optimalizálására az új életciklus-értékláncok mentén	11
2.2. Stratégia az értékteremtésre és -visszanyerésre, valamint a közösségi közlekedési infrastruktúra optimalizálására az új életciklus-értékláncok mentén	16
2.3. Stratégia az értékteremtésre és -visszanyerésre, valamint a járműpark/járművek új életciklus-értékláncok mentén történő optimalizálására	20
3. Cselekvési tervek a közösségi közlekedési szektor alapvető kihívásainak kezelésére	25
3.1. Cselekvési terv a vonatokból származó hulladékenergia begyűjtésére és felhasználására, valamint a használt akkumulátorok megújuló energiaforrásokkal történő feltöltésére Mariborban, Szlovénia	25
3.2. Cselekvési terv az infrastruktúra állapotának optimalizálására minimálisan invazív karbantartási munkák révén Lipcsében, Németországban	30
3.3. Cselekvési terv az infrastruktúra-ellátás optimalizálására a közszolgáltatók közötti együttműködés és erőforrás-megosztás révén, a lengyelországi Gdynia elektromobilitási önkormányzati stratégiájának frissítéseként	35
3.4. Cselekvési terv az ellátási lánc hozzáadott értékének növelésére és a járművek szállításának optimalizálására körforgásos beszerzéssel Bergamóban, Olaszországban	40
4. Tanulságok és ajánlások	44
4.1. A stratégiák és cselekvési tervek kidolgozási folyamatából levont tanulságok	44
4.2. Ajánlások az intézkedések megvalósításához	44
5. Következtetés	47
6. Hivatkozások	48



## Összefoglaló

**Az Interreg Central Europe CE4CE projekt: Közösségi közlekedési infrastruktúra Közép-Európában - a körforgásos gazdaságra való átállás elősegítése<sup>1</sup>**, támogatta a körforgásos gazdaságra vonatkozó rendszergondolkodást a közép-európai országok közösségi közlekedési szereplői körében a hulladék csökkentése, illetve az infrastruktúra és a járműpark új életciklusai mentén történő értékteremtés érdekében. Ennek érdekében a CE4CE közös megoldásokat dolgozott ki, amelyek növelik az ágazat ismereteit és kapacitásait, segítik az akadályok és a költségek csökkentését, valamint új szolgáltatások és szakképzett munkahelyek kialakítását kezdeményezik, továbbá stratégiákat és cselekvési terveket dolgozott ki, amelyek javítják a szakpolitika kidolgozását, a tanulást és a tapasztalatcserét regionális és transznacionális szinten. A CE4CE célja az volt, hogy a körforgásos gazdaság elveit bevezesse a közösségi közlekedési ágazatba, és ezáltal csökkentse a hulladék mennyiségét, növelje az ágazat hatékonyságát és javítsa a közösségi közlekedés ökológiai lábnyomát.

Ezen túlmenően a közösségi közlekedési közösség érintett szereplői együttműködtek a CE4CE-ben a körforgásos gazdaság elveinek integrálását elősegítő folyamatok és megoldások közös kidolgozásában és adaptálásában, többek között az adatmegosztási koncepciók, az új és innovatív beszerzési iránymutatások, a termék- és üzleti modelltervezés, a kiterjesztett életciklus-elemzés és a költség-haszon elemzési módszertanok területén.

A CE4CE partnersége az egész értékláncot és a közlekedési szektor rendszerét tükrözte, beleértve 6 közép-európai ország 11 projektpartnerét, a közösségi közlekedési hatóságoktól/üzemeltetőktől, az ipartól és a kutatástól az érdekcsoportokig. Ezen együttműködés kiterjesztése érdekében társult partnerek, mint az ICLEI, az UITP és az EIT Urban Mobility nemzetközi hálózatok, stratégiai tanácsadóként vettek részt a projekt eredményeinek kommunikációs hatókörének és tudásátadásának maximalizálása érdekében.

A projekt egyik legfontosabb sikertényezője a projektpartnerek, társult partnerek, külső szakértők és tanácsadók közötti együttműködés volt, akik közösen, közös alkotás és szakértői értékelés alapján dolgoztak ki eredményeket az európai közösségi közlekedési szektor számára, pl. kísérleti intézkedéseket és megoldásokat, mint amilyen a CE4CE Körforgásos Iránytű (Circularity Compass) önértékelő eszköz a közösségi közlekedés számára, a CE4CE online Tudásközpont (Circularity Knowledge Platform), egy webalapú használcikk-piactér, stratégiák és kísérleti intézkedések az erőforrás-hatékonyság növelése érdekében, valamint a közösségi közlekedési szektor számára a „többet használni, újra felhasználni és újrahasznosítani” megközelítéseket bemutató kísérleti projektek. Minden partner gyakorlati tapasztalatokkal, kísérleti tevékenységekkel és az energiarendszerekkel, az infrastruktúrával és a járműparkkal kapcsolatos műszaki szakértelemmel járult hozzá a projekthez. Együtt olyan életciklus-alapú megközelítéseket vizsgáltak, amelyek javítják az erőforrás-hatékonyságot, meghosszabbítják az eszközök élettartamát, optimalizálják az energiafelhasználást, és támogatják az átállást körforgásosabb és fenntarthatóbb közösségi közlekedési rendszerekre.

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

## 1. Bevezetés a CE4CE projektbe

Az Interreg Central Europe program által finanszírozott CE4CE projekt elősegítette a körforgásos gazdaságra vonatkozó rendszergondolkodás elterjedését a közép-európai országok közösségi közlekedési szereplői körében, hogy csökkentsék a hulladék mennyiségét és értéket teremtsenek az infrastruktúra és a járműpark új életciklusa során. A CE4CE célja az volt, hogy a körforgásos gazdaság elveit bevezesse a közösségi közlekedési szektorba, és ezáltal csökkentse a hulladék mennyiségét, növelje a szektor hatékonyságát és javítsa a közösségi közlekedés ökológiai lábnyomát. Ennek érdekében a CE4CE közös megoldásokat dolgozott ki, amelyek növelik a szektor tudását és kapacitásait, segítenek az akadályok és a költségek csökkentésében, valamint új szolgáltatások és szakképzett munkahelyek kialakítását kezdeményezik, továbbá stratégiákat és cselekvési terveket dolgozott ki, amelyek javítják a politikaalkotást, a tanulást és a tapasztalatcserét regionális és transznacionális szinten.

A közösségi közlekedési szektor jelenleg egyre nagyobb kihívásokkal szembesül az infrastruktúra elöregedése, az üzemeltetési megbízhatóság, a költséghatékonyság, valamint a fenntarthatóbb és digitalizáltabb gyakorlatokra való átállás terén. Ebben az összefüggésben a CE4CE tevékenységei - nevezetesen a stratégiák, cselekvési tervek, kísérleti projektek és megoldások - a körforgásosságot egészében célozták meg, és olyan szempontokat érintettek, mint a karbantartásirányítási folyamatok modernizálása innovatív digitális eszközök integrálása révén, a prediktív karbantartási megközelítések, az adatalapú döntéshozatali módszerek, az eszközök második életciklusa és a beszerzés révén.

Ezt a kézikönyvet gyakorlati útmutatóként állítottuk össze, hogy segítse a közlekedési szolgáltatókat, a karbantartási vezetőket, a műszaki személyzetet és a projektben érdekelt szereplőket a projekt során megszerzett módszerek, eszközök és tapasztalatok megértésében és alkalmazásában, annak érdekében, hogy a körforgásos gazdaság elveit beépítsék a közösségi közlekedés életciklus-alapú szemléletébe. Támogatja a tudásátadást és a bevált gyakorlatok más közösségi közlekedési rendszerekben és szervezetekben való alkalmazását, amelyek folyamatuk hatékonyságát, fenntarthatóságát és körforgásosságát kívánják javítani, ideértve a tervezést, a beszerzést, az üzemeltetést, a karbantartást és az élettartam végét. Kiterjed a projektpartnerek által a támogató szereplők és szakértők közreműködésével közösen kidolgozott projektstratégiákra és cselekvési tervekre.

A jelen dokumentumban hivatkozott projektpilotokról és megoldásokról további információkat tartalmazó külön kézikönyv készült, amely nyilvánosan elérhető a CE4CE projekt weboldalán.



## 2. Stratégiák a körforgásos gazdaság erősítésére a közösségi közlekedési szektorban

### 7 R-principles for circular public transport systems



1.ábra: Elkerülés - Élettartam-meghosszabbítás - Átalakítás - Feltételek megteremtése (AETE) keretrendszer. Forrás: trolley:motion association

A közösségi közlekedés széles körben elismert a fenntartható mobilitás sarokkövéként. Ugyanakkor, bár működési kibocsátása általában alacsonyabb, mint a privát járművel történő közlekedésé, az energiarendszerek, az infrastruktúra és a járműpark életrciklusában továbbra is jelentős környezeti hatások rejlenek. Ezek közé tartozik nemcsak az erőforrások felhasználása és a működési tevékenységek során keletkező kibocsátás, hanem a nyersanyagok, a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásából származó beépített energia és kibocsátás, valamint a gyártás, az építés, a karbantartás és az élettartam vége során keletkező hulladék is. Különösen az infrastruktúrában, a járműparkokban és az akkumulátorokban használt anyagok, mint például az acél, a beton, a réz és a kritikus nyersanyagok jelentenek környezeti és stratégiai kihívásokat az európai városok és régiók számára.

A „kitermelés-felhasználás-selejtezés” logikán alapuló hagyományos lineáris modellek már nem összeegyeztethetők a klímasemlegességi célokkal, az erőforrás-biztonsággal és a tömegközlekedési rendszerek hosszú távú megfizethetőségével. Az újrahasznosítás önmagában, bár elengedhetetlen, nem elegendő, és csak az életrciklus végén alkalmazzák. A CE4CE stratégiák ezért az „Elkerülés-Élettartam-meghosszabbítás-Átalakítás-Feltételek megteremtése” (AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE, AETE) életrciklus-moddelt

alkalmazzák közös keretként a körforgásos gazdaság elveinek a tömegközlekedésbe történő integrálására. Ahelyett, hogy kizárólag a hulladékgazdálkodásra összpontosítana, az AETE-megközelítés egy olyan rendszerszintű szemléletet támogat, amely az erőforrás-felhasználás minimalizálására, az eszközök kihasználtságának és élettartamának maximalizálására, valamint a körforgásos gyakorlatok megvalósításához szükséges feltételek megteremtésére törekszik a tervezés, a beszerzés, az üzemeltetés és az élettartam végi szakasz egészében. Ezen a kereten keresztül a körforgásosság stratégiai elvvé válik, amely a közösségi közlekedési rendszerek teljes életciklusa során irányítja a döntéseket.

A CE4CE stratégiák erre a kihívásra úgy reagálnak, hogy a körforgásos gazdaság elveit konkrét, ágazatspecifikus megközelítésekbe ültetik át a közösségi közlekedés energiarendszereinek, infrastruktúrájának és járműállományának tekintetében. Céljuk, hogy támogassák a közösségi közlekedési hatóságokat és üzemeltetőket az elszigetelt körforgásos intézkedésektől a rendszerszintű, életciklus-alapú stratégiák felé történő átállásban, amelyek csökkentik a hulladékot, optimalizálják az erőforrásokat és hosszú távú értéket teremtenek.

### Közös keretrendszer: az AETE életciklus-modell

Mindhárom CE4CE-stratégia egy közös elemzési és működési keretrendszeren alapszik: az „Elkerülés - Élettartam-meghosszabbítás - Átalakítás - Feltételek megteremtése” (, AETE) életciklus-modellen a körforgásos gazdaság bevezetésére.

- Az Elkerülés (**AVOID**) kezdeményezés a hulladék és a kibocsátások forrásnál történő megelőzésére összpontosít azáltal, hogy elutasítja a felesleges erőforrás-felhasználást, csökkenti az anyag- és energiaigényt, valamint megalapozott tervezési döntéseket hoz.
- Az Élettartam-meghosszabbítás (**EXTEND**) célja az érték megőrzése az eszközök hasznos élettartamának meghosszabbításával karbantartás, javítás, felújítás, újrafelhasználás és másodlagos felhasználás révén.
- Az Átalakítás (**TRANSFORM**) az élettartam végi szakaszokkal foglalkozik azáltal, hogy lehetővé teszi az újrahasznosítást, a hasznosítást és a hulladékok felelősségteljes kezelését, biztosítva, hogy az anyagok újra visszakerüljenek az új értékláncokba.
- A Feltételek megteremtése (**ENABLE**) a körforgásos gazdaságot lehetővé tevő átfogó feltételekre utal, ideértve a kormányzási kereteket, a beszerzési gyakorlatokat, a digitalizációt, a szabványokat, a készségeket és az értékláncok közötti együttműködést.

E keretrendszer következetes alkalmazása az energia, az infrastruktúra és a járműpark területén biztosítja a stratégiák közötti koherenciát, és lehetővé teszi a városok számára, hogy azonosítsák a szinergiákat, elkerüljék a kompromisszumokat, és prioritást adjanak a legnagyobb rendszerhatással bíró intézkedéseknek

### A CE4CE stratégiák átfogó céljai

Összességében a három CE4CE-stratégia egy sor közös átfogó célt tűz ki:

- A közösségi közlekedési rendszerek teljes életciklusa során jelentkező, valamint az üzemeltetésből eredő környezeti hatások csökkentése.
- Az erőforrások felhasználásának optimalizálása és a hulladék minimalizálása az eszközök teljes életciklusa során.
- A közösségi közlekedési eszközök élettartamának és értékének meghosszabbítása, csökkentve a teljes életciklusköltséget.
- A reziliencia és az autonómia erősítése az új és kritikus nyersanyagoktól való függőség csökkentésével.

- Az innováció és az új értékláncok elősegítése, beleértve az újrahasznosítási piacokat, a felújítási szolgáltatásokat és a digitális megoldásokat.
- A városok és régiók támogatása a körforgásos gazdaság elveinek megvalósítható, méretezhető gyakorlatokká alakításában.

Ezek a célok minden tematikus stratégiában tükröződnek, tiszteletben tartva az energiarendszerek, az infrastrukturális eszközök és a járműpark sajátos jellemzőit és kihívásait.

### A körforgásos gazdaságot és a fenntarthatóságot támogató uniós szabályozási keret

A CE4CE stratégiák teljes mértékben összhangban állnak az Európai Unió fenntarthatóságra és körforgásos gazdaságra vonatkozó, folyamatosan fejlődő politikai és szabályozási keretével, és azt megerősítik. A legfontosabb politikai hajtóerők a következők:

- Az Európai Zöld Megállapodás, amely a klímasemlegességet tűzi ki átfogó célként.



- Az EU körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési terve, amely elősegíti az életciklus-gondolkodást, a hulladékmegelőzést és az értékmegetartást.
- A tiszta járművekről szóló (EU) 2019/1161 irányelv, amely ösztönzi az alacsony és nulla kibocsátású közösségi közlekedési járművek használatát.
- Az EU akkumulátorokról szóló rendelete, amely szigorítja az akkumulátorok fenntarthatóságára, nyomon követhetőségére, újrafelhasználására és újrahasznosítására vonatkozó követelményeket.
- A körforgásos beszerzést támogató zöld közbeszerzési (GPP) szabályok és iránymutatások

2.ábra: Az energiaágazat a körforgásos gazdaság irányítójában

szakadék áthidalásához, valamint a helyi cselekvési terveknek az európai fenntarthatósági célokkal való összehangolásához.

## 2.1. Stratégia a hulladékenergia és a megújuló energiaforrások felhasználásának kiaknázására és optimalizálására az új életciklus-értékláncok mentén

Az energiafelhasználás az egyik legkritikusabb tényező a közösségi közlekedési rendszerek ökológiai lábnyomának csökkentése szempontjából. Míg a járműpark elektromosításával jelentősen csökkennek a kipufogógáz-kibocsátások, az általános éghajlati és erőforrás-előnyök nagymértékben függenek attól, hogy az energiát hogyan szerzik be, kezelik,

hasznosítják és nyerik vissza az életciklus során. A központosított, fosszilis alapú villamos energián, a nem hatékony töltésen és az energia-kapcsolatos eszközök ártalmatlanításán alapuló lineáris energia-megközelítés azzal a kockázattal jár, hogy a kibocsátások a lánc elejére tolódnak, és a közösségi közlekedési rendszerek erőforrás-igényes pályára kerülnek.

A körforgásos gazdaság megközelítése az energiát nem fogyóeszközként, hanem értékláncként értelmezi. A megújuló energiaforrások (RES) előtérbe helyezésével, a hulladékenergia hasznosításával, az energetikai eszközök (különösen az akkumulátorok) élettartamának meghosszabbításával, valamint az energiaáramlásoknak a rendszerbe való visszaépítésével a közösségi közlekedés jelentősen csökkentheti működési kibocsátását, beágyazott kibocsátását és hosszú távú költségeit. A CE4CE stratégia az „Elkerülés - Élettartam-meghosszabbítás - Átalakítás - Feltételek megteremtése” (AETE) életciklus-keretrendszerre épül, hogy biztosítsa a körforgásosság figyelembevételét az energiaforrások beszerzésétől a hulladékkezelésig.

#### **A stratégia konkrét céljai a következők:**

- A fosszilis alapú és szén-dioxid-intenzív villamos energiától való függőség csökkentése.
- A helyben termelt megújuló energia felhasználásának maximalizálása a közösségi közlekedésben.
- A hulladékenergia (pl. regeneratív fékezés, megújuló energiafelesleg) visszanyerése és újrahasznosítása.
- Az energiával kapcsolatos eszközök, például az akkumulátorok és a töltőinfrastruktúra élettartamának és értékének meghosszabbítása.
- Az energia-, a közlekedési és a városi infrastruktúra szereplői közötti rendszerszintű integráció lehetővé tétele.

#### **2.1.1 Megközelítések**

A megközelítéseknek az energiastratégiát olyan gyakorlati intézkedésekbe kell átültetniük, amelyeket a közösségi közlekedési szereplők a tervezés, a beszerzés, az üzemeltetés és az élettartam végi folyamat során végrehajthatnak. Az elektromosítás továbbra is a legfontosabb kiindulási pont, de nem szabad önálló megoldásként kezelni. Az elektromos buszokkal kapcsolatos döntéseket a kezdetektől fogva össze kell kapcsolni a töltési infrastruktúrával, az útvonalak jellemzőivel, az akkumulátor típusával, a hálózat kapacitásával és a megújuló energia rendelkezésre állásával. A beszerzés kulcsfontosságú szerepet játszhat azáltal, hogy hatékony töltőrendszereket, a nyílt szabványokkal való kompatibilitást, az akkumulátorok állapotára vonatkozó adatokhoz való hozzáférést, moduláris alkatrészeket, valamint az akkumulátorok visszavételére, újrafelhasználására vagy újrahasznosítására vonatkozó egyértelmű szabályokat ír elő.

A töltőinfrastruktúrát a tényleges üzemeltetési igények alapján kell megtervezni, ahelyett, hogy azt egységesen alkalmaznák az egész hálózaton. Az éjszakai telephelyi töltés megfelelő lehet olyan esetekben, amikor a buszok hatótávolsága elegendő és az állásidő hosszabb, míg a gyors- vagy menet közbeni töltés támogathatja a rövid állásidővel járó, nagy gyakoriságú útvonalakat. A választás során figyelembe kell venni a csúcsidőszaki villamosenergia-igényt, a rendelkezésre álló hálózati kapacitást, a városi térbeli korlátokat, a töltő és a busz kompatibilitását, valamint a töltési minták hatását az akkumulátor élettartamára. A többcélú töltőközpontok szintén javíthatják az infrastruktúra hatékonyságát azáltal, hogy ugyanazon rendszerből különböző elektromos mobilitási szolgáltatásokat nyújtanak, csökkentve az átfedéseket és jobban kihasználva a

korlátozott városi teret.

Az intelligens töltést és az energiatárolást az áramhálózat terhelésének csökkentése és a működés költséghatékonyságának javítása érdekében kell alkalmazni. A töltés csúcsidőn kívüli időszakokra való áthelyezésével, a töltési intenzitás szabályozásával és a csúcsgény idején helyhez kötött tárolók használatával a szolgáltatók csökkenthetik a hálózati díjakat, elkerülhetik az áramfogyasztási csúcsokat és csökkenthetik a költséges hálózatfejlesztések szükségességét. A tárolórendszerek a szolgáltatás megbízhatóságát is támogathatják azzal, hogy magas keresletű időszakokban vagy hálózati korlátozások esetén pufferként működnek. Ahol ez műszakilag és jogilag megvalósítható, a használt akkumulátorokat állomásokon vagy töltőpontokon helyhez kötött tárolásra lehet átalakítani, így meghosszabbítva azok értékét az újrahasznosítás előtt.

A megújuló energia integrációját előnyben kell részesíteni a járműtelepeken, a töltőállomásokon és más alkalmas közösségi -közlekedési létesítményekben. A napenergia különösen releváns, mivel meglévő épületekre vagy közlekedési infrastruktúrára telepíthető, és tárolókkal kombinálva növelhető a helyszíni felhasználás. Ez lehetővé teszi a felesleges megújuló villamos energia tárolását és későbbi felhasználását buszok töltésére, csökkentve ezzel a központosított, fosszilis alapú villamos energiától való függőséget. A megújulóenergia-rendszerek tervezésénél figyelembe kell venni a rendelkezésre álló felületet, a helyi besugárzást, az inverter hatékonyságát, az árnyékolást, a karbantartási igényeket, valamint a termelési minták és a töltési igény közötti összhangot. A hulladékenergia-visszanyerést ott kell vizsgálni, ahol a meglévő közlekedési rendszerek használható energiaáramlást hoznak létre. A vasúti-, a villamos- és a metrórendszerek regeneratív fékezése visszanyerheti az egyébként elvesző energiát, és azt újra felhasználhatja a hálózaton belül, tárolhatja, vagy esetleg más töltési igényekre irányíthatja át. Az ilyen megoldások akkor a leghatékonyabbak, ha a műszaki infrastruktúra, a tárolókapacitás és a szabályozási feltételek lehetővé teszik a visszanyert energia hatékony begyűjtését és újraelosztását.

Az élettartam végi szakaszt még azelőtt meg kell tervezni, hogy az akkumulátorok és az energetikai eszközök elérnék élettartamuk végét. Azok az akkumulátorok, amelyek már nem felelnek meg a járművek teljesítményi követelményeinek, még mindig alkalmasak lehetnek kevésbé igényes helyhez kötött alkalmazásokra, de ez megbízható állapotfelméréstől, biztonsági ellenőrzésektől és az üzemeltetők, gyártók, újrahasznosítók és hulladékgazdálkodási vállalatok közötti egyértelmű felelősségmegosztástól függ. Ha az újrafelhasználás már nem lehetséges, az újrahasznosítás során ki kell nyerni az értékes anyagokat, és csökkenteni kell az elsődleges kritikus nyersanyagoktól való függőséget. A digitális akkumulátor-útlevelek, az átlátható tulajdonosi megállapodások, a szabványosított eljárások és az értéklánc egészen átívelő együttműködés elengedhetetlenek ahhoz, hogy az újrafelhasználás és az újrahasznosítás nagy léptékben megvalósítható legyen.

### 2.1.2 Kulcstényezők

A körforgásos gazdaságra épülő energiasztratégiák sikeres megvalósítása a közösségi közlekedésben nemcsak a műszaki intézkedésektől függ, hanem a koordinációt, a tanulást és a hosszú távú átalakulást támogató feltételek meglététől is. Az energiarendszerek, az infrastruktúra és a járműpark tekintetében a CE4CE stratégiák négy, egymást kölcsönösen erősítő kulcsterületet határoznak meg: digitalizáció, irányítás, innováció és technológia.

 Digitalizáció	 Irányítás	 Innováció	 Technológia	 További támogató tényezők
Energiagazdálkodási rendszerek bevezetése a raktárak, a töltőinfrastruktúra és a járművek közötti energiaáramlás nyomon követése, optimalizálása és szabályozása érdekében.	A megújuló energia és a körforgásos gazdaság célkitűzéseinek integrálása a helyi és regionális szintű energia- és közlekedési stratégiákba.	Kísérleti és demonstrációs projektek új energiaintegrációs modellek tesztelésére, például a helyi megújuló energiatermelés és tárolás kombinációjára.	Megújuló energiatechnológiák bevezetése, különösen a járműtelepekbe és a töltőállomásokba integrált napenergia-hasznosítás.	Kapacitásépítés az energiagazdálkodás terén a közösségi közlekedési hatóságok és üzemeltetők körében.
Intelligens töltési megoldások alkalmazása a töltési profilok összehangolása érdekében a megújuló energia rendelkezésre állásával, a csúcsidőn kívüli tarifákkal és a hálózati korlátokkal.	Közbeszerzési és energiaellátási politikák alkalmazása a megújuló villamos energia és az alacsony szén-dioxid-kibocsátású energia-hordozók előnyben részesítése érdekében.	Kísérletek az energia-visszanyerési és -újrahasznosítási megoldásokkal, beleértve a regeneratív fékezést és a helyhez kötött tárolást.	Energiatároló rendszerek használata, beleértve a helyhez kötött tárolást és a másodlagos felhasználásra szánt akkumulátorokat.	A megújuló energia és a tárolás terén történő beruházásokat támogató finanszírozási forrásokhoz és finanszírozási eszközökhöz való hozzáférés.
Valós idejű felügyelet és adatelemzés alkalmazása az energiahatékonyság javítása és a veszteségek felderítése érdekében.	Hosszú távú energetikai partnerségek kialakítása közüzemi szolgáltatókkal és hálózatüzemeltetőkkel.	Együttműködés kutatóintézetekkel, energiaszolgáltatókkal és technológiai fejlesztőkkel innovatív megoldások tesztelése céljából.	Regeneratív fékezési és energia-visszanyerő rendszerek bevezetése az elektromos és vasúti közlekedésben.	Szabványok és irányelvek kidolgozása az energiahatékonyság, a töltési és tárolási rendszerek területén.
Digitális eszközök használata az akkumulátorok teljesítményének és kopásának figyelemmel kísérésére, az optimális használat és az élettartam meghosszabbításának támogatása érdekében.	Az EU és a nemzeti energia- és éghajlat-védelmi szabályozásoknak való megfelelés, beleértve a megújuló energiaszolgáltatókra vonatkozó célokat és a kibocsátáscsökkentési célkitűzéseket.	Részvétel az energiahatékonysággal és a közösségi közlekedés elektromosításával foglalkozó ágazati kezdeményezésekben és tudásmegosztási platformokon.	Hatékony elektromos hajtásrendszerek és optimalizált töltési technológiák bevezetése.	Együttműködés az energia- és hálózati érdekelt felekkel a rendszerintegráció és a rugalmasság biztosítása érdekében.
Digitális modellek és szimulációk kidolgozása a töltőinfrastruktúra, az energiataárolás és a megújuló energia integrációjának tervezésének támogatására.	A közösségi közlekedési szervezeteken belüli energiagazdálkodással kapcsolatos szerepek és felelőségek egyértelmű meghatározása.	A CE4CE kísérleti tevékenységeinek tanulási környezetként való felhasználása a kockázatok csökkentése és az átültethetőségtámogatása érdekében.	Kiforrott, nagy hatékonyságú energiaellátási megoldások, például trolibusz-rendszerek és menet közbeni töltés alkalmazása, ahol ez releváns.	Monitoring keretrendszerek és mutatók az energiahatékonyság és a körforgásos gazdaság eredményeinek nyomon követésére.
Az energiaadatok integrálása a szélesebb körű járműpark- és üzemeltetési irányítási rendszerekbe.			Az energiatechnológiák folyamatos értékelése az életciklus és a rendszer szintű teljesítménykritériumok alkalmazásával.	

1. táblázat: A közösségi közlekedési energiastatégiák legfontosabb kulcstényezői

## 2.1.3 Bevált gyakorlatok

Reinforce energy-efficient technology



1. jó gyakorlat:

Gyors töltés az üzemeltetési hatékonyság és a költségmegtakarítás maximalizálása érdekében

Helyszín: Barcelona, Spanyolország

Fókuszterület: Az energiahatékony technológiák erősítése



Töltőinfrastruktúra a buszmegállóban

Célok: Nagy teljesítményű (400 kW) gyorstöltő infrastruktúra kiépítése a végállomásokon a nagy fedélzeti akkumulátoroktól való függőség csökkentése, az energia- és üzemeltetési költségek csökkentése, valamint annak bizonyítása érdekében, hogy a teljesen elektromos buszjáratok megbízhatóan működhetnek dízel-tartalék nélkül.

Kihívások:

- A hálózat stabilitásának fenntartása nagy csúcsigénybevétel mellett
- A hőmérsékleti korlátok kezelése gyors töltés közben
- A töltő és a busz gyártók közötti kompatibilitás biztosítása
- A nagy teljesítményű infrastruktúra magas előzetes költségei és logisztikai bonyolultsága

Következtetés: A nagy kapacitású gyorstöltők használata körülbelül 68%-os energiaköltségmegtakarítást eredményezett, miközben a menetrend betartása és a működési hatékonyság is teljes mértékben megmaradt. Barcelona sikere bizonyítja, hogy a gyorstöltés jelentősen csökkentheti a működési költségeket, és lehetővé teszi a nagy igénybevételű elektromos buszjáratok üzemeltetését anélkül, hogy jelentős változtatásokat kellene végrehajtani a menetrendben. A sűrű városi útvonalakkal és rendszeres végállomásokkal rendelkező városok profitálhatnak a stratégiaileg elhelyezett gyorstöltőkből, amelyek csökkentik a túlméretezett akkumulátorok iránti igényt és növelik a járművek rendelkezésre állási idejét.

Forrás: TMB Barcelona Public Reports & ELIPTIC Deliverables. <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/solaris-delivers-three-articulated-urbino-electric-to-tmb-barcelona/>, <https://arquivo.pt/wayback/20201230033847/https://eliptic-project.eu/>

Recycle energy in storage systems

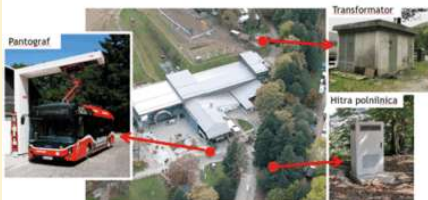


2. jó gyakorlat:

Másodlagos akkumulátorok és napenergia integrálása a buszok töltéséhez

Helyszín: Maribor, Szlovénia

Fókuszterület: Energia újrahasznosítása tárolórendszerben



Az akkumulátorbank

Célok: újrahasznosított, másodlagos akkumulátorokat felhasználó, megújuló energiaforrásokból (RES) táplált akkumulátorbank megvalósítása a Vzpenjača állomáson lévő gyorstöltő támogatására.

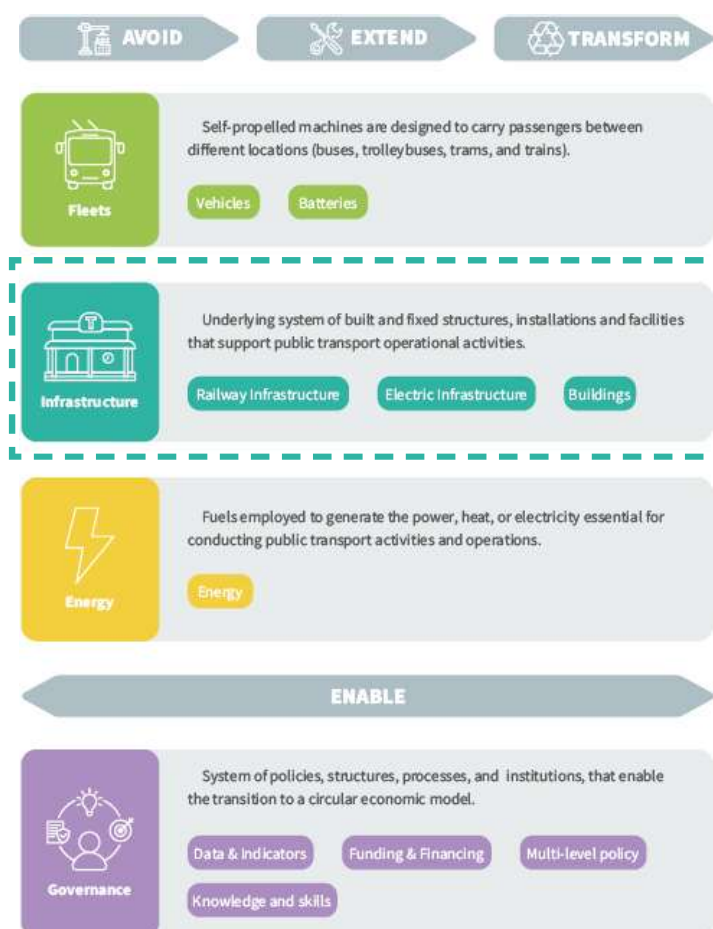
Kihívások:

- A gyorstöltő állomás nagyfokú függése a hálózati áramtól
- Az akkumulátorok integrációjával kapcsolatos műszaki, szabályozási és gazdasági korlátok
- Az e-buszok stabil töltésének biztosítása különböző üzemeltetési feltételek mellett

Következtetés: Az e-buszok töltésére újrahasznosított akkumulátorok bevezetésével a maribori kísérleti projekt bemutatja, hogy a körforgásos gazdasági modellek hogyan optimalizálhatják az energiafelhasználást, csökkenthetik a költségeket és javíthatják a közösségi közlekedés hatékonyságát. Ez a kezdeményezés mintaként szolgál a fenntartható városi közlekedési infrastruktúrába történő jövőbeli beruházásokhoz.

Forrás: [https://circularity4publictransport.eu/best\\_practice/use-of-used-batteries-to-store-energy-for-powering-a-fast-charger/](https://circularity4publictransport.eu/best_practice/use-of-used-batteries-to-store-energy-for-powering-a-fast-charger/)

## 2.2. Stratégia az értékteremtésre és -visszanyerésre, valamint a közösségi közlekedési infrastruktúra optimalizálására az új életciklus-értékláncok mentén



3.ábra: Az infrastruktúra-szektor a körforgásos iránytű struktúrájában

teljes életciklusa során - a tervezés, az építés, az üzemeltetés, a karbantartás és az üzemén kívül helyezés során - a közösségi közlekedési infrastruktúra ellenállóbbá, költséghatékonyabbá és környezetileg fenntarthatóbbá válhat.

A CE4CE körforgásos iránytűre és az Avoid-Extend-Transform-Enable (AETE) keretrendszerre építve ez a stratégia egy olyan rendszerszintű megközelítést vezet be az infrastruktúra terén, amely előtérbe helyezi a korai tervezési döntéseket, az életciklus-optimalizálást és az értékláncokon átívelő együttműködést.

A stratégia konkrét céljai a következők:

- Az új infrastrukturális projektekben a beépített szén-dioxid-kibocsátás és az anyagfelhasználás csökkentése.
- A meglévő infrastrukturális eszközök élettartamának és funkcionális értékének meghosszabbítása.
- Az infrastrukturális elemek újrafelhasználásának, átalakításának és újrahasznosításának lehetővé tétele.
- Az anyagok és eszközök átláthatóságának és nyomon követhetőségének javítása az életciklusok során.
- A közbeszerzés és a digitális eszközök szerepének erősítése a körforgásos eredmények előmozdításában

A közösségi közlekedési infrastruktúra, mint például a vasúti vágányok, állomások, járműtelepek, elektromos alállomások és üzemi épületek, a közlekedési szektor egyik legnagyobb beágyazott kibocsátási és anyagfelhasználási forrását jelenti. A kibocsátások és a környezeti hatások nemcsak az üzemeltetés során keletkeznek, hanem elsősorban a tervezés, az építés, a karbantartás és az élettartam végi fázisokban, a beton, acél és rézhez hasonló szén-dioxid-intenzív anyagok felhasználásával, valamint a lineáris építési és bontási gyakorlatok révén.

AA körforgásos gazdaság megközelítése lehetővé teszi a közösségi közlekedési hatóságok és üzemeltetők számára, hogy az eszközcsereről az eszközgazdálkodásra térjenek át, maximalizálva az infrastruktúra értékét a hosszú élettartam alatt, miközben minimalizálják a hulladékot és az erőforrás-kitermelést. A körforgásos elvek alkalmazásával az infrastruktúra

## 2.2.1 Megközelítések

A közösségi közlekedési infrastruktúra körforgásos stratégiája a hangsúlyt a lineáris építési és csereciklusokról a hosszú távú eszközgazdálkodásra és az életciklus-érték optimalizálására helyezi át. Az olyan infrastruktúraelemek, mint a vágányok, a jármútelepek, az állomások és az alállomások, a cementhez és az acélhoz hasonló szén-dioxid-intenzív anyagok miatt a beágyazott kibocsátások egyik fő forrását jelentik. A tervezés és a tervezés során hozott döntések ezért évtizedekre meghatározzák a környezeti és pénzügyi hatásokat. A körforgásos elvek ebben a szakaszban történő integrálása lehetővé teszi a közösségi közlekedési hatóságok és üzemeltetők számára, hogy elkerüljék a felesleges anyagfelhasználást, csökkentsék a túlméretezést, és előnyben részesítsék a tartós, alkalmazkodó és moduláris megoldásokat. Az elsődleges nyersanyagok újrahasznosított vagy alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátású alternatívákkal való helyettesítése, valamint az életciklus-elemzés (LCA) és az életciklus-költségelemzés (LCC) módszereinek alkalmazása támogatja a környezeti teljesítmény és a gazdasági életképesség közötti egyensúlyt biztosító, megalapozott beruházási döntéseket.

Az építés és az üzemeltetés során az eszközök élettartamának meghosszabbítása válik a körforgásos gazdaság leghatékonyabb eszközévé. A szenzorok, az adatelemzés és a digitális eszközkezelő rendszerek által támogatott megelőző és prediktív karbantartás lehetővé teszi az üzemeltetők számára, hogy korán felismerjék a romlást és optimalizálják a beavatkozási ciklusokat. Ez csökkenti a korai cserét, megőrzi a beágyazott értéket és növeli a szolgáltatás megbízhatóságát. Az olyan infrastrukturális elemek, mint a sínek, az aljzat és az elektromos alkatrészek, gyakran újrahasznosíthatók a hálózatokon belül, vagy átirányíthatók kevésbé igényes alkalmazásokba. E gyakorlatok megerősítése az üzemeltetők, az infrastruktúra-kezelők és a beszállítók közötti koordinációt, valamint egyértelműbb eszköztárakat és állapotfigyelő rendszereket igényel.

Az érték megtartás további erősítése érdekében a használtcikk-piacok és a digitális csereplatformok elősegíthetik az alkatrészek strukturált körforgását a hálózatok között. Az átlátható minőségi szabványok és a nyomonkövethetőségi mechanizmusok elengedhetetlenek a szereplők közötti bizalom kiépítéséhez és az újrahasznosítás elszigetelt eseteknél szélesebb körű alkalmazásához. Ugyanakkor a beszerzési stratégiáknak foglalkozniuk kell a beszállítói függőséggel és a pótalkatrészek korlátozott rendelkezésre állásával azáltal, hogy ösztönzik a moduláris tervezést, a javíthatóságot és a hosszú távú karbantartási kötelezettségvállalásokat.

Az élettartam végén az újrafelhasználást kell előnyben részesíteni az újrahasznosítással szemben. Míg az acél és a réz fémek hatékonyan visszanyerhetők, más anyagok esetében javítani kell a szeparációt, a logisztikát és az együttműködést a szakosodott újrahasznosítókkal. A szétszereléssel kapcsolatos szempontok már a tervezési szakaszban történő beépítése javítja a jövőbeli visszanyerési arányokat. Ahol az újrahasznosítás nem kivitelezhető, az infrastruktúrát alternatív funkciókra lehet átalakítani, elkerülve a bontással kapcsolatos kibocsátásokat és megőrizve a szerkezeti értéket.

Az életciklus minden szakaszában a beszerzés és az irányítás központi szerepet játszik. A körforgásos kritériumok, az életciklus-költségelemzés és a teljesítményalapú követelmények közbeszerzési pályázatokba és szerződésekbe való beépítésével a hatóságok befolyásolhatják az ellátási láncokat és ösztönözhetik az innovációt. Az olyan digitális eszközök, mint az épületinformációs modellezés (BIM) és az anyagkövető rendszerek, növelik az életciklus átláthatóságát, támogatják a mennyiségi optimalizálást és megkönnyítik a hosszú távú eszközgazdálkodást. Végül a sikeres megvalósítás a belső

kapacitásépítéstől és a közlekedési, építőipari, hulladékgazdálkodási és energetikai érdekelt feleket összekötő ágazatközi együttműködéstől függ. Ezek a megközelítések együttesen lehetővé teszik, hogy az infrastruktúra-rendszerek az erőforrás-igényes építési modellektől a rugalmas, érték megtartó körforgásos eszközrendszerek felé mozduljanak el.

## 2.2.2 Kulcstényezők

A közösségi közlekedési infrastruktúra körforgásos átalakítása nem csupán technikai kiigazításokat igényel; olyan feltételektől függ, amelyek támogatják a hosszú távú, életciklus-orientált döntéshozatalt. A digitális eszközök, az irányítási keretek, az innovációs ökoszisztémák és a megfelelő technológiák megteremtik az alapot a beágyazott kibocsátások csökkentéséhez, az eszközök élettartamának meghosszabbításához és az érték-visszanyerés javításához. A következő kulcstényezők biztosítják a strukturális és szervezeti támogatást, amely szükséges a körforgásos infrastruktúra-stratégiák hatékony és nagyszabású megvalósításához.

 Digitalizáció	 Irányítás	 Innováció	 Technológia	 További elősegítő tényezők
A BIM használata az életciklus-tervezéshez, az anyagoptimalizáláshoz és a szétszerelésre való tervezéshez.	A körforgásos célok integrálása az infrastruktúra-tervezésbe és a beruházási stratégiákba.	Kísérleti projektek az építési infrastruktúra-elemek újrafelhasználására és felújítására.	Alacsony szén-dioxid-kibocsátású és újrahasznosított építőanyagok alkalmazása.	A személyzet képzése és a belső kapacitásépítés a körforgásos gazdaság elvein alapuló infrastruktúra-kezelés terén.
Digitális eszközező rendszerek az állapot, az életkor és a teljesítmény figyelemmel kísérésére.	Az LCC és az LCA szisztematikus alkalmazása a beszerzésben és a projektértékelésben.	Használt piacok és csereplatformok fejlesztése.	Moduláris és szabványosított infrastrukturális elemek.	Hozzáférés a felújításhoz és az életciklus-alapú beruházásokhoz finanszírozásához.
Prediktív karbantartási eszközök (érzékelők, mesterséges intelligencia, adatelemzés) az infrastruktúra élettartamának meghosszabbítására.	A tartósságot, a modularitást és az újrahasznosíthatóságot elősegítő körforgásos beszerzési kritériumok.	Teljesítményalapú és szolgáltatásorientált szerződéses modellek.	Fejlett ellenőrzési és szerkezeti megfigyelési technológiák.	Újrafelhasználásra és újrahasznosításra vonatkozó szabványosított irányelvek.
Digitális anyagnyilvántartások és útlevelek az újrafelhasználás és az anyagvisszanyerés támogatására.	Egyértelmű felelősségi körök a karbantartási, felújítási és élettartam végi fázisokban.	Együttműködés a kutatási és építőipari szektor innovátorával.	Hatékony bontási és anyagszerelési technikák.	Szakágak közötti együttműködés a közlekedési, építőipari és hulladékgazdálkodási szereplők között.
Integrált adatplatformok a beépített kibocsátások és az erőforrás-felhasználás nyomon követésére.	Az EU hulladék-, építőipari és éghajlat-védelmi szabályozásának való megfelelés.	Részvétel európai tudásmegosztó hálózatokban.	Bővíthető és alkalmazkodó infrastruktúra-tervek.	Monitoring keretrendszerek és teljesítmény-mutatók.

2. táblázat: A közösségi közlekedési infrastruktúra-stratégiák legfontosabb előfeltételei

## 2.2.3 Bevált gyakorlatok



Reuse use of carbon-intensive materials

### 1. jó gyakorlat:

#### Alacsony szén-dioxid-kibocsátású anyagok alkalmazása a közösségi közlekedési létesítményekben

Helyszín: Nápoly, Olaszország

Fókuszterület: A szén-dioxid-intenzív anyagok használatának kerülése



Nápolyi központi pályaudvar

Célok: a fa, mint elsődleges szerkezeti elem felhasználásával javítja az állomás építészeti minőségét, valamint biztosítja a szerkezeti stabilitást és tartósságot. Ez az anyag szerkezeti megbízhatóságot és költséghatékonyságot kínál, miközben jelentősen csökkenti a környezeti lábnyomot. Ezenkívül a fa könnyűsége gyorsabb építkezést tesz lehetővé, csökkentve az összeszerelés során felhasznált energiafogyasztást.

Kihívások:

- Tartóssági és tűzbiztonsági aggályok
- A rugalmas szerkezeti viselkedés nehézségeket okoz a megbízható illesztés és működés biztosításában az utasvédő peronajtóval ellátott állomásokon.

Következtetés: Ez a projekt bizonyítja, hogy az újrahasznosított és körforgásos anyagok, például a faanyagok beépítésével a közösségi közlekedési infrastruktúrába a városok alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátást, nagyobb erőforrás-hatékonyságot és jobb életciklus-szintű fenntarthatóságot érhetnek el.

Forrás: <https://www.arup.com/insights/material-change-can-timber-play-a-role-in-sustainable-rail-infrastructure>

<https://www.archdaily.com/970506/new-images-reveal-empts-timber-central-station-in-naples>

### 2. bevált gyakorlat:



Reuse spare parts and components

#### A gyakran használt trolibusz-váltók újrafelhasználása

Helyszín: Szeged, Magyarország

Fókuszterület: Pótalkatrészek és alkatrészek újrafelhasználása



Trolibusz Szegeden

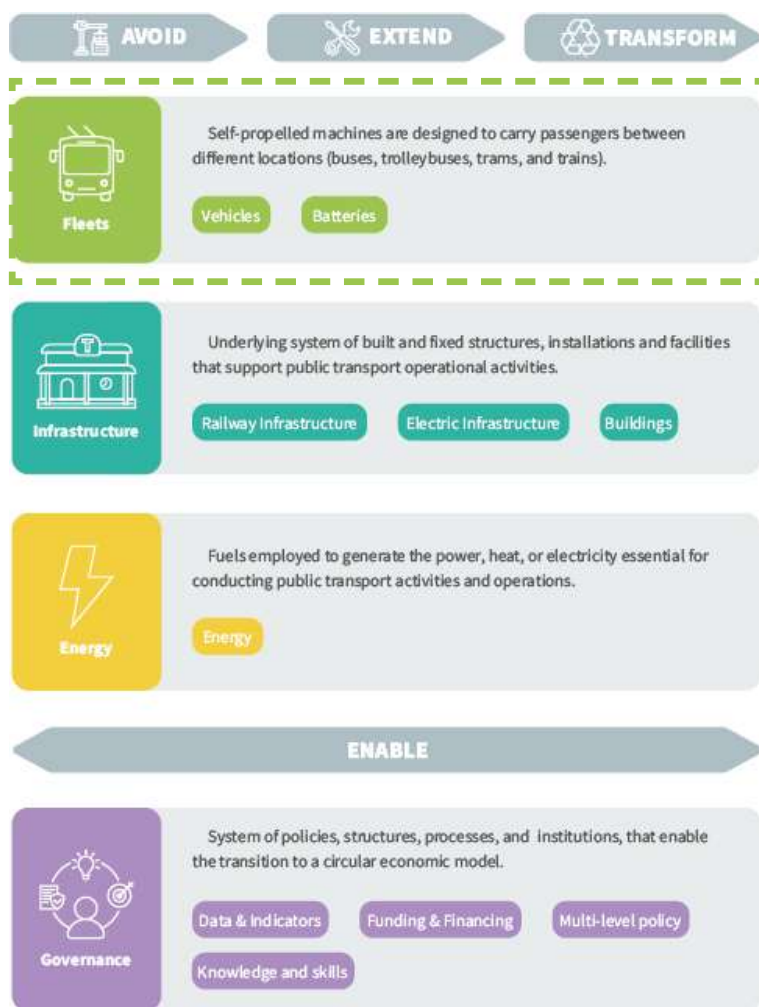
Forrás: [https://circularity4publictransport.eu/best\\_practice/demonstration-on-how-to-prolong-the-lifespan-of-electric-public-transport-infrastructure-reutilizing-heavily-used-trolleybus-switches-in-szeged-hungary/](https://circularity4publictransport.eu/best_practice/demonstration-on-how-to-prolong-the-lifespan-of-electric-public-transport-infrastructure-reutilizing-heavily-used-trolleybus-switches-in-szeged-hungary/)

Célok: a leginkább igénybe vett trolibusz-váltók cseréje új egységekre a kritikus helyszíneken, valamint a kopott egységek áthelyezése a hálózat kevésbé igénybe vett területeire, nevezetesen a Körtöltés utcai trolibusz-garázsba, ahol tovább használhatók.

Kihívás: a trolibusz-váltók elhasználódása helyszínüktől és használatuk gyakoriságától függően eltérő mértékű.

Következtetés: a rendszer előnye a kulcsfontosságú csomópontok megbízhatóságának javulása és az értékes anyagok hosszabb élettartama, amelynek célja az alkatrészek szokásos 15-20 éves élettartamának megduplázása. A kezdeményezés csökkenti a hulladékot és skálázható modellt kínál a fenntartható eszközgazdálkodáshoz az elektromostömegközlekedésben. Az eszközök életciklus-kezelési stratégiáinak a CE4CE projekt keretében támogatott körforgásos gazdaság elveivel való összehangolásával a szegedi megoldás mintaként szolgálhat más közlekedési szolgáltatók számára is, akik hasonló infrastruktúra-újrafelhasználási stratégiák bevezetését tervezik.

## 2.3. Stratégia az értékteremtésre és -visszanyerésre, valamint a járműpark/ járművek új életciklus-értékláncok mentén történő optimalizálására



4.ábra: A járműipari szektor a körforgásos gazdaság irányítójában

A közösségi közlekedés - a járműpark, azaz a buszok, trolibuszok, villamosok és metrók - központi szerepet játszik a mobilitási rendszerek dekarbonizációjában. Az elektromosítás Európa-szerte felgyorsul, de körforgásos gazdasági megközelítés nélkül ez az átállás azzal a kockázattal jár, hogy a hatások a lánc elejére tolódnak, nevezetesen a nyersanyagok intenzív felhasználása, az energiaigényes gyártási folyamatok és az élettartam végén keletkező növekvő hulladékáramok révén, különösen az akkumulátorok és az elektronikus alkatrészek esetében.

A körforgásos gazdaság megközelítése lehetővé teszi a közösségi közlekedési szolgáltatók és a hatóságok számára, hogy túllépjenek a járműcserélési ciklusokon, és a járműparkot hosszú távú értékes eszközként kezeljék. Az életciklus-gondolkodás bevezetésével a beszerzés, az üzemeltetés, a karbantartás és az üzemem kívüli helyezés területén a körforgásos stratégiák csökkenthetik

a beágyazott kibocsátásokat, meghosszabbíthatják a járművek élettartamát, optimalizálhatják az erőforrás-felhasználást, valamint új értékláncokat hozhatnak létre az újrafelhasználás, a felújítás és a másodlagos felhasználás révén.

A CE4CE körforgásos iránytűre és az Elkerülés - Élettartam-meghosszabbítás - Átalakítás - Feltételek megteremtése (AETE) keretrendszerre építve ez a stratégia a járműveket, az akkumulátorokat és a karbantartást egymással összekapcsolt alrendszerekként kezeli, és a beszerzést jelöli meg a rendszerszintű változás legfontosabb hajtóerejeként.

### A stratégia konkrét céljai a következők:

- A járművek tervezése és gyártása során az anyag- és energiahatások minimalizálása.
- A járművek és a kulcsfontosságú alkatrészek élettartamának meghosszabbítása.
- A járműpark és az akkumulátorok újrafelhasználásának, felújításának és más célra történő átalakításának lehetővé tétele.
- A nyomonkövethetőség és a felelősség javítása a járművek teljes életciklusa során.
- A körforgásos gazdaság kritériumainak beépítése a beszerzésbe és a járműpark-kezelésbe

### 2.3.1 Megközelítések

A járműparkra és a járművekre vonatkozó körforgásos stratégia arra összpontosít, hogy a buszokat, villamosokat, metrójárműveket és azok alkatrészeit hosszú távú értékes eszközként kezelje, nem pedig rövid cserélési ciklusú termékeként. Az elektromos meghajtás csökkenti az üzemeltetés során keletkező kibocsátást, de a járművek és az akkumulátorok gyártása továbbra is erőforrás-igényes és kritikus nyersanyagoktól függ. A körforgásos megközelítés ezért a jármű teljes életciklusát figyelembe veszi, a tervezéstől és a beszerzéstől az üzemeltetésen és a felújításon át az élettartam végi szakaszig.

A körforgásos járműpark leghatékonyabb befolyásolási pontja a beszerzés és a járműtervezés szakaszában található, ahol a jármű üzembe helyezése előtt meghozott döntések évtizedekre meghatározhatják annak környezeti teljesítményét, karbantartási igényeit és élettartam végi lehetőségeit. A közösségi közlekedési hatóságok és üzemeltetők közvetlenül beépíthetik a körforgásos gazdaság kritériumait a pályázati előírásokba azáltal, hogy előírják az életciklus-költségelemzést (LCC), az életciklus-elemzést (LCA), a moduláris járműarchitektúrát, a javíthatóságot, a bővíthetőséget, az akkumulátor cserélhetőségét és az anyagok magas szintű visszanyerhetőségét. Az elektromos buszok és más kibocsátásmentes járművek esetében a beszerzési előírások kiterjedhetnek az akkumulátorok tartósságára, a másodlagos felhasználás lehetőségére, az alkatrészek szabványosítására, a pótalkatrészek rendelkezésre állására, valamint a gyártók visszavételi vagy felújítási programokkal kapcsolatos felelősségére is. Az ilyen követelmények kezdeti beépítésével a hatóságok elkerülhetik a járművek idő előtti elavulását, csökkenthetik az erőforrás-felhasználást és meghosszabbíthatják a járművek élettartamát. Ezáltal a beszerzési döntések középpontja a kezdeti beszerzési költségekről a teljes életciklus-értékre, az üzemeltetési rugalmasságra és a hosszú távú környezeti teljesítményre helyeződik át. A beszerzési osztályok, a gyártók és a beszállítók ezért kritikus szerepet játszanak, mivel a szerződéses követelmények közvetlenül befolyásolják a járműtervezést, az anyagválasztást, a karbantartási modelleket és a körforgásos üzleti gyakorlatokat. A teljesítményalapú és szolgáltatásorientált szerződések tovább ösztönözhetik a tartósságot, a javíthatóságot és az életciklus-optimalizálást a korai cserével szemben.

A járműtervezés és a flotta-tervezés során a körforgásos gazdaság elveit azáltal erősítik, hogy elkerüljük a felesleges anyagfelhasználást és a túlméretezést. Az akkumulátorok méretének optimalizálása, a hatékony hajtásrendszerek kiválasztása és a rugalmas belső elrendezések alkalmazása csökkenti a beágyazott kibocsátásokat és javítja az üzemeltetési hatékonyságot. A digitális szimulációs eszközök, a flottamodellező szoftverek és az ún. digitális ikrek (a rendszer virtuális, digitális változata) támogatják a forgatókönyv-elemzést és a technológiák összehasonlítását, lehetővé téve a hatóságok számára, hogy egyensúlyt teremtsenek az üzemeltetési igények és az erőforrás-hatékonyság között.

A járművek és alkatrészek élettartamának meghosszabbítása egy másik kulcsfontosságú intézkedés. A fedélzeti diagnosztika, érzékelők és AI-alapú felügyeleti rendszerek által támogatott megelőző és prediktív karbantartás lehetővé teszi az üzemeltetők számára, hogy korán felismerjék a kopást, és beavatkozzanak, mielőtt meghibásodás történne. Az olyan felújítási programok, mint a buszok vagy villamosok élettartamuk felénél végzett nagyjavítása, lehetővé teszik a szerkezeti alkatrészek továbbra is történő használatát, miközben a kritikus alrendszereket frissítik. Az üzemeltetőknek, az eredeti berendezésgyártóknak (OEM) és a karbantartóknak szorosan együtt kell működniük a

pótalkatrész-ellátás, a műszaki dokumentáció és a hosszú távú támogatás biztosítása érdekében.

Az akkumulátorok kezelése különösen fontos szerepet játszik a körforgásos járműstratégiákban. Az akkumulátorok elhasználódási profilja eltér a járművektől, és gyakran átalakíthatók helyhez kötött energiatárolókká, miután már nem alkalmasak járművek hajtására. A második életciklusú alkalmazások kialakítása az üzemeltetők, az energiaszolgáltatók, az újrahasznosítók és a technológiai integrátorok közötti koordinációt igényel. A digitális akkumulátor-útlevelek és a teljesítményfigyelő eszközök javítják a nyomonkövethetőséget és megkönnyítik az újrafelhasználást, míg a folyamatosan változó uniós akkumulátor-szabályozásnak való megfelelés támogatja a strukturált hasznosítási és újrahasznosítási folyamatokat.

A járműveket és alkatrészeket úgy kell megtervezni és kezelni, hogy élettartamuk végén azok szétszerelése, az anyagok szétválasztása és a magas színvonalú újrahasznosítás megkönnyíthető legyen. A moduláris felépítés, a visszabontható rögzítések és az egyértelmű dokumentáció javítják a hasznosítási arányokat és csökkentik a hulladékot. A gyártók, a bontók és az újrahasznosítók közötti együttműködés elengedhetetlen az anyagkörforgás bezárásához és az értékes fémek és alkatrészek új termelési ciklusokba történő visszaépítéséhez.

Az életciklus minden szakaszában kritikus fontosságú az intézményi irányítás és a belső kapacitásépítés. A járműpark-megújítási stratégiáknak összhangban kell állniuk a hosszú távú éghajlati és körforgásos gazdasági célokkal, átlátható teljesítménymutatók és nyomonkövetési keretrendszerek támogatásával. Az ágazati hálózatokban és európai kezdeményezésekben való részvétel lehetővé teszi az üzemeltetők számára a tanulságok megosztását és az innovatív megközelítések gyorsabb elterjesztését.

Összességében ezek az intézkedések a járműpark-kezelést a lineáris cseremodellről egy életciklus-alapú értéklánc-megközelítésre alakítják át. A beszerzési hatáskör, a digitális eszközök, a prediktív karbantartás, az akkumulátorok újrafelhasználása és a az életciklus végén történő felelős kezelés kombinálásával a közösségi közlekedési hatóságok és üzemeltetők csökkenthetik az anyagfüggőséget, optimalizálhatják az életciklus-költségeket és erősíthetik a rezilienciát az éghajlat-semleges mobilitási rendszerekre való átállás során.

### 2.3.2 Kulcstényezők

A járműpark körforgásos átalakítása nem csupán a járműtechnológia fejlesztését igényli; az életciklus optimalizálását lehetővé tevő strukturális és szervezeti feltételektől is függ. A digitális eszközök, az előremutató beszerzési keretrendszerek, az innovációs partnerségek és a megfelelő technológiai döntések képezik az alapot a járművek élettartamának meghosszabbításához, az akkumulátorok újrafelhasználásához és az életciklus végén történő felelős kezeléshez. Az alábbi kulcstényezők támogatják a közösségi közlekedési hatóságokat, üzemeltetőket és beszállítókat a körforgásos gazdaság elveinek beépítésében a járműpark teljes életciklusa során.

 <b>Digitalizáció</b>	 <b>Irányítás</b>	 <b>Innováció</b>	 <b>Technológia</b>	 <b>További támogató tényezők</b>
<p>Digitális ikrek és járműpark-szimulációs eszközök használata az életciklus-alapú járműpark-tervezéshez és a technológiák összehasonlításához.</p>	<p>A körforgásos gazdaság kritériumainak beépítése a járműbeszerzésbe, beleértve a tartósságra, javíthatóságra és újrahasznosíthatóságra vonatkozó követelményeket.</p>	<p>Kísérleti projektek az akkumulátorok másodlagos felhasználási lehetőségeinek és újrafelhasználási modelljeinek tesztelésére.</p>	<p>Moduláris járműtervezés alkalmazása a javítás, a korszerűsítés és a könnyebb szétszerelés érdekében.</p>	<p>Kapacitásépítés a beszerzési és karbantartási szakemberek számára a körforgásos járműkezelés terén.</p>
<p>Fedélzeti diagnosztikai és prediktív karbantartási rendszerek (érzékelők, mesterséges intelligencia, adatelemzés) bevezetése a járművek és alkatrészek élettartamának meghosszabbítása érdekében.</p>	<p>Az életciklus-költséglemlés (LCC) és az életciklus-elemzés (LCA) szisztematikus alkalmazása a járműpark-megújítási döntésekben.</p>	<p>Felújítási és élettartam-közepi korszerűsítési programok kidolgozása buszok és vasúti járművek számára.</p>	<p>Energiatakarékos hajtásrendszerek és regeneratív technológiák alkalmazása.</p>	<p>A felújítást és az életciklus-alapú beruházásokat támogató finanszírozási mechanizmusokhoz való hozzáférés.</p>
<p>Digitális eszközkezelő rendszerek bevezetése a járművek állapotának és teljesítményének figyelemmel kísérése érdekében.</p>	<p>A karbantartási, felújítási és élettartam végi fázisokért való felelősség egyértelmű elosztása.</p>	<p>Szolgáltatásorientált és teljesítményalapú szerződéses modellek, amelyek ösztönzik a tartósságot.</p>	<p>Fejlett akkumulátor-kezelő rendszerek bevezetése a teljesítmény és az élettartam optimalizálása érdekében.</p>	<p>Egységes irányelvek a járműalkatrészek javítására, újrafelhasználására és újrahasznosítására vonatkozóan.</p>
<p>Digitális akkumulátor-útlevelek bevezetése a nyomkövethetőség, az újrafelhasználás és a szabályozási előírások betartásának javítása érdekében.</p>	<p>Az EU szabályozási kereteinek való megfelelés (pl. az EU tiszta és energiahatékony járművekről szóló irányelve, az EU akkumulátorokról szóló rendelete).</p>	<p>Együttműködés a gyártókkal, kutatóintézetekkel és start-up vállalkozásokkal a körforgásos járműtervezés terén.</p>	<p>A szétszerelésre tervezés európai elveinek végrehajtása az újrahasznosítás és az anyagvisszanyerés javítása érdekében.</p>	<p> Szakágazatok közötti együttműködés a közlekedési szolgáltatók, az energiaszolgáltatók és az újrahasznosítók között.</p>
<p>Az életciklus-adatok integrálása a járműpark-kezelő platformokba a felújítási és csere-döntések támogatása érdekében.</p>	<p>Az klímasemlegességi és erőforrás-hatékonyági célokkal összhangban lévő hosszú távú flottastratégiák.</p>	<p>Részvétel európai és ágazati hálózatokban a bevált gyakorlatok cseréje és a megoldások kiterjesztése érdekében.</p>	<p>Rugalmas töltési és energiatárolási technológiák integrálása a járműpark változó igényeinek támogatására.</p>	<p>Monitoring keretrendszerek és teljesítménymutatók a körforgásos flotta teljesítményének nyomon követésére.</p>

3. táblázat: A közösségi közlekedési flottastratégiák legfontosabb kulcstényezői

## 2.3.3 Bevált gyakorlatok



Redesign operations for more ridership

### 1. jó gyakorlat:

#### Digitális iker alapú E-folyosó szimulációs eszköz

Helyszín: Gdynia, Lengyelország

Fókuszterület: A működés átalakítása az energiahatékonyabb megoldások érdekében



E-busz Gdynia városában

Célok: Ún. digitális iker került kifejlesztésre a város közösségi közlekedési folyosóinak különböző villamosítási és töltési forgatókönyveinek szimulálására. Az eszköz támogatja az akkumulátorok méretének optimalizálását, az infrastruktúra megosztását és az energiafelhasználást, lehetővé téve az erőforrás-hatékony járműpark-tervezést és az eszközök élettartamának meghosszabbítását a tájékozott döntéshozatal révén

Kihívások:

- A közösségi közlekedés „alacsony szén-dioxid-kibocsátású”, de továbbra is erőforrás- és hulladékigényes
- Adatok elérhetősége és integráció a járművek, illetve az infrastruktúra között

Következtetés: Összességében a digitális iker kiváló kiindulópontként szolgálhat az integrált közösségi közlekedés villamosításának komplex és pontos költség-haszon elemzéséhez. A végső fázisban, a szakértői értékelés és a felhasználói visszajelzések alapján, a szimulációs digitális ikert át kell alakítani egy univerzális, praktikus és hasznos körforgásos üzleti tervező eszközzé a villamosított közösségi közlekedési flották és infrastruktúra számára.

Forrás: [https://circularity4publictransport.eu/best\\_practice/a-digital-twin-a-circular-economy-business-tool-for-public-transport-planners-and-operators/](https://circularity4publictransport.eu/best_practice/a-digital-twin-a-circular-economy-business-tool-for-public-transport-planners-and-operators/)



Retrofit existing vehicle fleet

### 2. jó gyakorlat:

#### Használt dízelüzemű közösségi közlekedési buszok elektromos járművekké történő átalakítása

Location: Ankara, Turkiye

Focus Area: Retrofit existing vehicle fleet



Retrofitted e-bus in Ankara

Célok: a közösségi közlekedés számára egy szén-dioxid-kibocsátás-csökkentő és környezetbarát járműmegoldásra való átállás felgyorsítása, amely körforgásos módon meghosszabbítja a buszok élettartamát.

Ennél az innovációnál a karosszéria, az alváz és a tengelyek eredeti formájukban maradnak, a régi hajtásrendszerek helyett azonban a dízelmotor, a sebességváltó és az üzemanyag-rendszer helyére elektromos motor, akkumulátorcsomagok és akkumulátorkezelő rendszerek kerülnek, így a jármű 100%-ban elektromos busszá alakul át.

Kihívások:

- Korlátozott hatótávolság, elégtelen töltőinfrastruktúra, magas beszerzési költségek

Következtetés: Összegzésként elmondható, hogy a régi dízelbuszok elektromos buszokká történő átalakítása praktikus és fenntartható módszer a tömegközlekedés modernizálására, miközben csökkenti a hulladékot és a költségeket. Az átalakítás költsége az új elektromos busz árának csupán 35-45%-át teszi ki, a beruházás körülbelül 24 hónap alatt megtérül, és 3,5 órás töltés után akár 300 km-es hatótávolságot biztosít. Bár a kutatások szerint az átalakított buszok bizonyos nyári körülmények között több energiát fogyasztanak, mint az újonnan gyártott elektromos buszok, mégis jelentős környezeti előnyökkel járnak: az átalakításra vonatkozó tanulmányok szerint a CO<sub>2</sub>-kibocsátásuk 28-42%-kal, az energiaköltségeik pedig 57-64%-kal alacsonyabbak, mint a dízelbuszoké.

<https://aim2flourish.com/innovations/buses-that-come-alive-again-with-electricity-7>

### 3. Cselekvési tervek a közösségi közlekedési szektor alapvető kihívásainak kezelésére

A CE4CE kísérleti tevékenységeinek és stratégiáinak tapasztalataira és eredményeire építve a kézikönyvben bemutatott négy cselekvési terv a műszaki tesztelést, az érdekelt szereplők közötti együttműködést és a stratégiai reflexiót a projektpartnerek konkrét kontextusához igazított, végrehajtásorientált keretökké alakítja át: Lipcsei közösségi közlekedési vállalat - LVB (Németország), Gdyniai Busztársaság - PKA (Lengyelország), Bergamo közlekedési vállalat - ATB Mobility (Olaszország) és Maribor Önkormányzata (Szlovénia). A CE4CE cselekvési tervek a közösségi közlekedési infrastruktúrával, a járműparkkal, az energiarendszerekkel és az üzemeltetési menedzsmenttel kapcsolatos széles körű kihívásokkal foglalkoznak. A főbb témák között szerepel a prediktív karbantartás, az energiahatékonyság, a körforgásos beszerzés, az infrastruktúra megosztása, a megújuló energia integrálása, az akkumulátorok másodlagos felhasználása és az életciklus-orientált eszközgazdálkodás.

Bár minden cselekvési terv a részt vevő intézmények sajátos igényeit és prioritásait tükrözi, mindegyik hozzájárul a hulladék csökkentése, az értékmegőrzés, az erőforráshatékonyság javítása, valamint a közösségi közlekedési rendszerek hosszú távú fenntarthatóságának és ellenálló képességének erősítése közös céljához. A Maribor, Lipcse, Gdynia és Bergamo számára kidolgozott cselekvési tervek bemutatják, hogyan integrálhatók a körforgásos gazdaság elvei a mobilitástervezésbe, az infrastruktúragazdálkodásba, a beszerzési folyamatokba és az üzemeltetési gyakorlatokba. Ez az érdekelt szereplők együttműködése, a digitalizáció, az irányítási intézkedések és a fokozatos végrehajtási megközelítéseken keresztül valósul meg. Ugyanakkor átadható tapasztalatokat és gyakorlati útmutatást nyújtanak a közösségi közlekedési hatóságok, üzemeltetők, önkormányzatok és más érdekelt felek számára, akik hasonló megközelítések alkalmazásában érdekeltek saját városi és regionális kontextusukban.

#### 3.1. Cselekvési terv a vonatokból származó hulladékenergia begyűjtésére és felhasználására, valamint a használt akkumulátorok megújuló energiaforrásokkal történő feltöltésére Mariborban, Szlovénia



5.ábra: A jövőképet támogató stratégiai keret

##### 3.1.1 A cselekvési terv kidolgozásának stratégiai háttere és kontextusa

TA maribori cselekvési tervet a CE4CE projekt keretében dolgozták ki a 2022-es „Környezetbarát, multifunkcionális töltőinfrastruktúra-stratégia” frissítéseként, és szorosan beágyazódik a városi fenntartható városi mobilitási terv (SUMP) folyamatába. A terv a körforgásos és energiahatékony megoldások bevezetésével válaszol a maribori közösségi közlekedési rendszer energiafogyasztásának, kibocsátásának és hatékonysági hiányosságainak csökkentésére irányuló igényre. A terv összhangban áll a Maribori Fenntartható Városi Mobilitási Tervvel - SUMP Maribor (2026-ban frissítve), a Maribori Önkormányzat 2024-2030-as körforgásos gazdaságra való átállási stratégiájával,

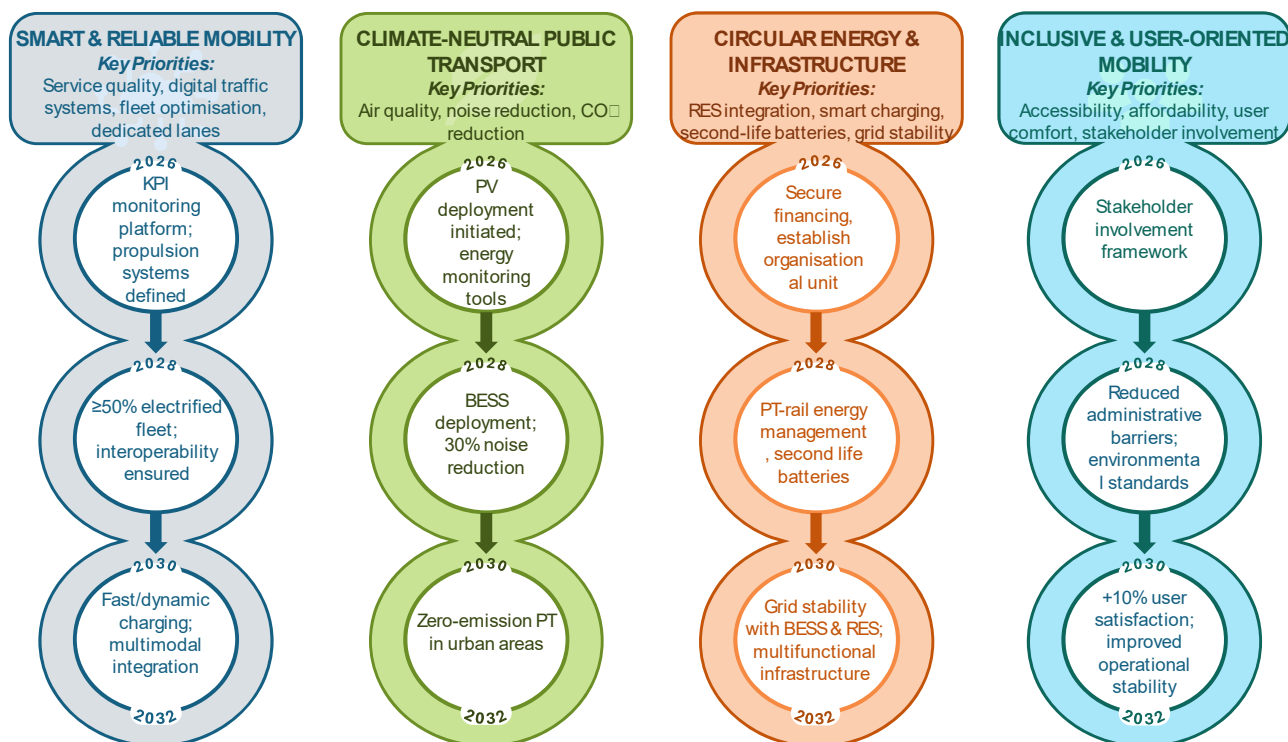
valamint olyan szélesebb körű uniós keretekkel, mint az Európai Zöld Megállapodás és az Körforgásos Gazdaság Cselekvési Terv, amelyek támogatják az átállást a dekarbonizált, energiahatékony és körforgásos közlekedési szektorra.

A cselekvési terv fő kihívása a közösségi közlekedés elektromosításával összefüggő növekvő villamosenergia-igény. Maribor a fosszilis alapú közlekedési energiarendszertől egy koncentráltabb, villamosenergia-alapú rendszer felé halad, ami erősebb töltőinfrastruktúrát, jobb energiagazdálkodást és a villamosenergia-hálózatra nehezedő nyomás csökkentését igényli. Az érdekelt szereplők elemzése számos konkrét akadályt azonosított: a megújuló energiaforrások elégtelen integrációja, a szisztematikus akkumulátoros energiátároló rendszerek hiánya, a korlátozott intelligens töltés, az akkumulátorok és alkatrészek újrahasznosításának alulfejlettsége, valamint a közlekedési, területrendezési és energiaügyi tervezés közötti gyenge integráció. Az energiatermelők, a forgalmazók és a fogyasztók közötti szabályozási korlátokat az egyik legjelentősebb akadálnak ítélték, az EU-tól és az önkormányzati finanszírozástól való függés mellett.

A cselekvési terv jogilag nem kötelező érvényű, de intézkedései beépültek a maribori SUMP-ba, ami erősebb végrehajtási alapot biztosít számukra. A terv ezért végrehajtásorientált keretként működik, összekapcsolva a mobilitási, energetikai és körforgásos gazdaság céljait.

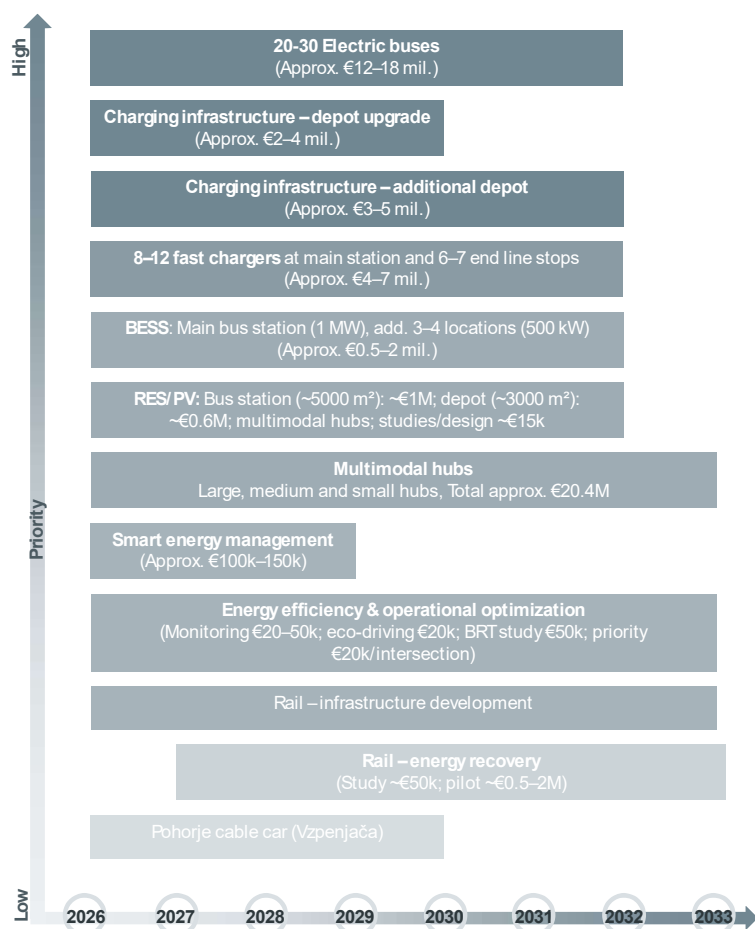
### 3.1.2 Jövőkép, célok és célkitűzések

A maribori cselekvési terv jövőképének célja versenyképes, energiahatékony és fenntartható közösségi közlekedési szolgáltatások fejlesztése alacsony szén-dioxid-kibocsátású technológiák és alternatív energiaforrások felhasználásával. A cél a kibocsátás csökkentése, a levegőminőség javítása, a városi területeken a zajszint csökkentése, a mobilitáshoz kapcsolódó energiafogyasztás csökkentése, valamint egy felhasználóbarát, digitális és társadalmilag elfogadott közlekedési rendszer létrehozása. A cselekvési terv stratégiai dimenziók és egy sor közép- és hosszú távú végrehajtási mérföldkő segítségével határozza meg az alacsony kibocsátású, energiahatékony és felhasználóközpontú közösségi közlekedési rendszerre való fokozatos átállást.



6.ábra: A maribori cselekvési terv jövőképe és stratégiai célkitűzései

### 3.1.3 Főbb intézkedések



7.ábra: A maribori cselekvési terv legfontosabb intézkedései és végrehajtási ütemterve milliárd euró közötti közepes tartományba esik.

A megvalósítás több finanszírozási mechanizmus kombinációjára épül, a leggyakrabban említett források között szerepelnek a helyi alapok, az uniós finanszírozási programok, a Szlovén Ökoalap és a magánszektor hozzájárulásai, különösen a megújuló energia beruházások.

A megvalósítást 2026 és 2032 között, szakaszokban tervezik, az önkormányzati hatóságok, a közösségi közlekedési szolgáltatók, a műszaki partnerek és más helyi érdekelt szereplők együttműködésével. A végrehajtási ütemtervet inkább tágabb időtartam-tartományokban határozzák meg, mint konkrét években. Részletesebb és operatív ütemtervet a maribori SUMP tartalmaz, amely a város közlekedésfejlesztésének fő végrehajtási keretét képezi.

### 3.1.4 Nyomon követési és értékelési szempontok

A maribori cselekvési terv nyomon követése összhangban lesz a maribori SUMP éves nyomon követési és jelentéstételi keretrendszerével, de kiterjed az energia- és körforgásos gazdaságra vonatkozó mutatókra is. Maribor önkormányzata koordinálja az adatgyűjtést és -feldolgozást a fő érdekelt szereplőkkel - a Marprommal, a Public Holdings Maribornal, az Energiaügynökséggel, az Elektro Mariborral és a Maribori Egyetemmel - együttműködve.

A nyomonkövetési rendszer olyan KPI-ket fog használni, amelyek lefedik a mobilitás, a környezet, az energia, az infrastruktúra, az üzemeltetés és a felhasználókkal kapcsolatos

szempontokat. A mobilitási mutatók között szerepel a közösségi közlekedéssel megtett utazási idő aránya, a pontosság és a megbízhatóság, az utasok száma és a járművek kihasználtsága. A környezeti mutatók közé tartozik a CO<sub>2</sub>-kibocsátás, a városi zajszint, valamint a légszennyező anyagok, például a NO<sub>x</sub> és a PM (amennyiben rendelkezésre állnak). Az energetikai mutatók között szerepel az energia-fogyasztás járművenként vagy utasonként, a megújuló energia aránya a közösségi közlekedés energiamixében, valamint a BESS-ből származó csúcsgéniy-csökkentés. Az infrastrukturális mutatók között szerepel a telepített töltési kapacitás, a BESS-kapacitás és a fotovoltaiuk kapacitás.

Az adatok a járműflotta-kezelő rendszerekből, az energiafigyelő eszközökből, a töltőinfrastruktúra-adatokból, a közlekedési elemzésekből, a felmérésekből, az infrastruktúra-monitoringból, valamint az energiaszolgáltatók külső adatkészleteiből származnak. Az értékelést 2-3 évente végzik el, amely során összehasonlítják az elért eredményeket a tervezett célokkal, értékelik a költséghatékonyságot, azonosítják a végrehajtás akadályait és a sikertényezőket, elemzik a rendszer szintű hatásokat, valamint figyelembe veszik az érdekelt szereplők és a felhasználók visszajelzéseit. Az eredményeket felhasználják az intézkedések felülvizsgálatára, a beruházási prioritások finomítására és a SUMP-val való összhang fenntartására.

### 3.1.5 Az érdekelt szereplők bevonása az előkészítési és végrehajtási folyamatba

Az érdekelt szereplők bevonását helyi workshopok, szakértői konzultációk, valamint a CE4CE projekt által kínált együttműködési és közös fejlesztési keretben szervezték meg. A folyamatban önkormányzati, regionális, tudományos, energetikai, közlekedési és magánszektorbeli szereplők, valamint a projektpartnerek vettek részt. Önkormányzati



8.ábra: Érdekelt szereplők részvételével tartott műhelytalálkozó a körforgásos gazdaságról és az energiáról a közösségi közlekedésben. Forrás: Maribor önkormányzata, a CE4CE

szinten a fő résztvevők között volt Maribor önkormányzata, a Marprom, mint közösségi közlekedési szolgáltató, az önkormányzati infrastruktúra és közműszolgáltatások szereplői, a helyi energia- és távhőszolgáltató, valamint a közszolgáltatási hulladékgazdálkodási vállalat. A regionális szereplők között volt a Podravje-Maribor Regionális Fejlesztési Ügynökség és a regionális energiaügynökség. A Maribori Egyetem fő tudományos és kutatási partnerként járult hozzá a projekthez. A technológiai és magánszektorbeli hozzájárulás a gyorstöltő-infrastruktúra és az elektromosbusz-gyártók részéről érkezett.

A részvételi folyamat a körforgásos gazdaság elveinek a közösségi közlekedésben való alkalmazásával kapcsolatos kihívások és igények azonosítására összpontosított, különös tekintettel az energiafogyasztásra, a megújuló energiára, az energiatárolásra és az újrahasznosításra. Az érdekelt szereplők olyan akadályokat értékelték, mint a megújuló energia gyenge integrációja, az intelligens töltés hiánya, a nem megfelelő monitoring, a

szabályozási korlátok, a bonyolult engedélyezési eljárások, a területrendezés, közlekedés és energia-tervezés közötti gyenge koordináció, valamint az alkatrészek és akkumulátorok újrahasonosítására szolgáló fejletlen rendszerek.

A folyamat segítette meghatározni a cselekvési terv prioritásait, ideértve a BESS bevezetését, az intelligens töltést, a fotovoltaiikus rendszerek integrációját, a vasúti energia visszanyerését, a multimodális energia-csomópontokat és a jobb szabályozást. Emellett megerősítette a közlekedési és energetikai érdekelt szereplők közötti együttműködést, amelyet a végrehajtás szempontjából elengedhetetlennek ítélték.

### 3.1.6 A cselekvési terv kidolgozási folyamatának fő tanulságai

A maribori cselekvési terv kidolgozása fontos stratégiai és szervezeti ismereteket nyújtott a fenntarthatóbb, energiahatékonyabb és körforgásos közösségi közlekedési rendszerre való átálláshoz. A folyamat rávilágított a jövőbeli megvalósítás és a hosszú távú városi mobilitási tervezés szempontjából fontos számos szempontra:



#### FŐBB TANULSÁGOK

**Szoros integráció a SUMP-folyamattal:** A fenntartható városi mobilitási tervvel (SUMP) való szoros összehangolás biztosítja, hogy a javasolt intézkedések beépüljenek Maribor hosszú távú mobilitási, beruházási és monitoring keretrendszerébe.

**Fokozatos és rugalmas megvalósítás:** A technológiák fejlődése, a szabályozási feltételek és a pénzügyi bizonytalanságok miatt a folyamatos nyomon követés, értékelés és adaptív irányítás elengedhetetlen lesz a javasolt intézkedések hosszú távú hatékonyságának és rugalmasságának biztosításához.

**Integrált rendszermegközelítés:** Az elektromos átállásnak össze kell hangolnia a közlekedési, az energetikai és a területrendezési szempontokat. A folyamat megerősítette, hogy a járműpark elektromos átállását a töltőinfrastruktúra, a megújuló energia integrációja, a tárolórendszerek és az energiagazdálkodási megoldások összehangolt tervezésének kell támogatnia.

**Ágazatközi együttműködés:** A fejlesztési folyamat során kulcsfontosságú tényezőnek bizonyult a közlekedési szolgáltatók, a városi hatóságok, az energiaszolgáltatók, az infrastruktúra-szereplők és a kutatóintézetek közötti szorosabb együttműködés.

**Digitalizáció és adatközpontú irányítás:** A hosszú távú tervezéshez monitoringrendszerekre, KPI-keretrendszerekre és optimalizációs eszközökre van szükség. Ezek az elemek elengedhetetlenek az adaptív, hatékony és tényeken alapuló döntéshozatalhoz az energiagazdálkodási megoldások terén.

**A kísérleti és demonstrációs tevékenységek fontossága:** A CE4CE tapasztalatai rámutattak arra, hogy a technológiák és a szervezeti megközelítések tesztelése fontos a kiterjesztés vagy a szélesebb körű bevezetés előtt.

**Intézményi kapacitás és irányítási struktúrák:** A folyamat rávilágított arra, hogy a technikai megoldások mellett egyértelmű felelősségi körökre, az érdekelt szereplők hosszú távú bevonására és a szervezeti felkészültségre is szükség van.

## 3.2. Cselekvési terv az infrastruktúra állapotának optimalizálására minimálisan invazív karbantartási munkák révén Lipcsében, Németországban

### 3.2.1 A cselekvési terv kidolgozásának stratégiai háttere és kontextusa

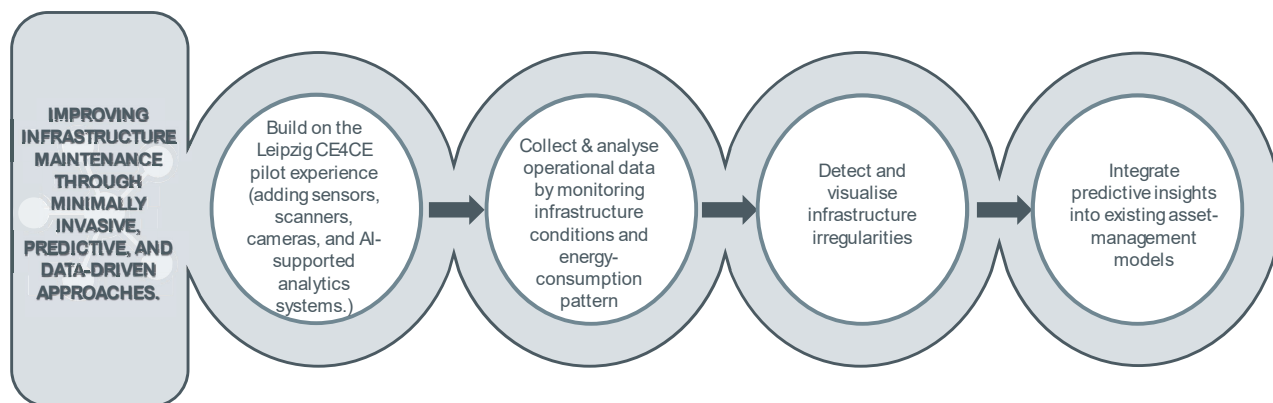
A lipcsei cselekvési tervet a Lipcsei Közlekedési Vállalat (LVB) dolgozta ki a CE4CE projekt keretében annak érdekében, hogy feltárja az infrastruktúra karbantartásának javítására irányuló lehetőségeket minimálisan invazív, prediktív és adatközpontú megközelítések alkalmazásával. A kezdeményezés a hagyományos karbantartási gyakorlatok korlátaira reagál, amelyek továbbra is nagymértékben támaszkodnak a vizuális ellenőrzésekre, a rögzített felújítási ciklusokra és a reaktív beavatkozásokra.

A fejlettebb karbantartási megközelítések iránti igény különösen releváns az LVB számára, amely Németország egyik legnagyobb villamoshálózatát üzemelteti, több mint 300 km pályával és magas járatgyakorisággal. A növekvő utasigény, a népességnövekedés, a mobilitási átállásra irányuló politikák és a kibővített éjszakai szolgáltatások egyre nagyobb nyomást gyakorolnak az infrastruktúra rendelkezésre állására és a karbantartás hatékonyságára. Ugyanakkor a karbantartási tevékenységeket olyan kihívások is befolyásolják, mint a képzett munkaerőhiány, a demográfiai változások, a beton és a speciális szaktudás csökkenő rendelkezésre állása, a korlátozott karbantartási időkeretek és a hiányos állapotadatok.

E körülmények között a cselekvési terv célja, hogy támogassa a reaktív eszközkezelési és karbantartási gyakorlatokról a prediktív eszközkezelési és karbantartási gyakorlatokra való fokozatos átállást. A megközelítés a lipcsei CE4CE kísérleti tesztek tapasztalataira épül, amelyek során három villamosjárművet szereltek fel rezgésérzékelőkkel, kamerákkal, lézeres szkennerekkel, energiaáramlás-mérő rendszerekkel, edge-computing eszközökkel és AI-támogatott elemzési platformokkal. A kísérleti tevékenységek bemutatták, hogy ezek a technológiák milyen lehetőségeket kínálnak a pályahibák, a felsővezeték-szabálytalanságok és az energiafogyasztási minták korai felismerésének és vizualizálásának támogatására valós üzemeltetési körülmények között.

A javasolt megközelítés célja az LVB meglévő életciklus-költségelemzési (LCC) modelljeinek kiegészítése is. Míg az LCC-módszerek elsősorban a hosszú távú pénzügyi tervezést támogatják, a prediktív karbantartási megközelítések a jelenlegi mérési adatok, az állapotváltozások tendenciái és az infrastruktúra teljesítményére vonatkozó előrejelzések felhasználásával további operatív és taktikai perspektívát nyújthatnak.

### 3.2.2 Jövőkép, célok és célkitűzések



10.ábra: Az LVB cselekvési tervének jövőkép és stratégiai céljai

A lipcsei cselekvési terv jövőképeinek célja egy skálázható prediktív karbantartási megközelítés kialakítása, amely támogatja az infrastruktúra rendelkezésre állását, az erőforrások hatékonyabb felhasználását, valamint az eszközekezelési gyakorlatok fokozatos összehangolását a vállalat ISO 55001 szabvány szerinti elveivel. A cselekvési terv célja, hogy lehetővé tegye a korábbi, célzottabb és kevésbé invazív karbantartási beavatkozásokat, miközben erősíti az operatív karbantartási tevékenységek és a stratégiai beruházási tervezés közötti kapcsolatot.

A terv egyik kiemelt célja az időalapú és reaktív karbantartási megközelítések fokozatos kiváltása egy olyan, adatokon alapuló rendszerrel, amely szenzorok, mesterséges intelligenciával támogatott elemzések, vizualizációs felületek és paramétermodellek segítségével támogatja a döntéshozatalt. Ennek a megközelítésnek a célja a potenciális károsodási minták jobb azonosítása, a beavatkozások kockázatalapú prioritásba rendezésének támogatása, valamint a felesleges felújítási munkák csökkentéséhez való hozzájárulás.

A cselekvési terv további célja egy digitális hibakatalógus létrehozása, egy paramétermodell kidolgozása a forgatókönyvek és a beruházások ellenőrzéséhez, a monitoringadatok integrálása olyan rendszerekbe, mint az MR.pro®, a GIS és a ZEDAS, valamint a vizualizációs felület használatának támogatása az operatív döntéshozatalban. Ezen felül a terv feltárja az energiahatékonyság javításának lehetőségeit a jármű-kilométerenkénti energiafogyasztás és a vezetési viselkedési minták elemzése révén.

Egy másik fontos cél a szervezeti együttműködés. A cselekvési terv közös adatstruktúrák

#### MEASURES

- **Digital damage catalogue:** Records and classifies recurring defects such as rail corrugation, rail breaks, and contact wire defects.
- **Automated fault detection:** Uses sensor data, video inspections, and conventional inspections to identify infrastructure problems.
- **Risk-based prioritisation:** Supports more systematic assessment and ranking of defects based on urgency and impact.
- **Parameter model for scenario analysis:** Combines condition data, lifecycle forecasts, operational impacts, and cost indicators to compare maintenance strategies.
- **Integration of monitoring data:** Connects monitoring outputs with systems such as GIS, MR.pro®, and ZEDAS through interoperable interfaces.
- **Central data platform and dashboards:** Brings together measurement data, images, and fault classifications in map-based visualisations.
- **Organisational development and change management:** Promotes user participation, competence development, interdisciplinary cooperation, and continuous learning.
- **Workshops and stakeholder exchanges:** Gathers user requirements and supports acceptance of new systems and workflows.

11.ábra: Lipcsében megvalósult főbb intézkedések

és egyértelműbb döntéshozatali folyamatok révén elősegíti a karbantartás, az eszközközelés, a digitalizálás, az üzemeltetés, a kontrolling és a külső partnerek közötti szorosabb együttműködést. Emellett olyan megközelítések kidolgozására törekszik, amelyek átültethetők további villamosvonalakra, más eszközkategóriákra és a lipcsei buszinfrastruktúrára. A tudás- és tapasztalatcsere, valamint az értékelési és előrejelzési módszerek közös kidolgozása átadható más közösségi közlekedési szolgáltatóknak is.

### 3.2.3 Főbb intézkedések

A lipcsei cselekvési terv strukturált intézkedéscsomagot javasol a prediktív karbantartás eszközközelési folyamatokba való integrálásának támogatására, miközben javítja az infrastruktúra-fejlesztés stratégiai irányítását.

Az egyik legfontosabb intézkedés egy digitális hibakatalógus kidolgozása, amely szisztematikusan rögzíti és osztályozza az ismétlődő infrastrukturális hibákat, mint például a sínek hullámzását, a sántoréseket és a felsővezeték hibáit. Az érzékelőmérések, a videóvizsgálatok és a hagyományos vizsgálati módszerek kombinálásával a katalógus célja az automatizált hibajelzés, a kockázatalapú prioritásrendezés és a szabványosabb értékelési eljárások támogatása. A CE4CE kísérleti projekt tapasztalatai, amelyek keretében tesztelték a tipikus károsodási minták mesterséges intelligenciával támogatott elemzését, hozzájárulnak e megközelítés kidolgozásához.

Egy másik fontos intézkedés egy paramétermodell kidolgozása a forgatókönyv-elemzés és a beruházások ellenőrzése céljából. A modell egyesíti az állapotra vonatkozó adatokat, az életciklus-előrejelzéseket, az üzemeltetési hatásokat és a költségmutatókat, hogy támogassa a különböző karbantartási stratégiák és hosszú távú beruházási lehetőségek értékelését. A módszertan három egymást kiegészítő információforráson alapszik: pontos egyedi méréseken, strukturált vizuális ellenőrzéseken és folyamatos monitoring adatfolyamokon. Ezek az elemek együttesen várhatóan szilárdabb alapot nyújtanak az infrastruktúra állapotának előrejelzéséhez és a lehetséges karbantartási forgatókönyvek elemzéséhez.

A cselekvési terv emellett előírja a monitoringadatok integrálását a meglévő rendszerekbe - például a GIS-be, az MR.pro®-ba és a ZEDAS-ba - interoperábilis interfészek és egy központi adatplatform segítségével. Az integráció célja, hogy a mérési adatok, képek és hibakategóriák irányítópultokon és térképalapú vizualizációkon belüli összevonásával átfogóbb képet nyújtson az infrastruktúra állapotáról. A nyílt és szabványosított interfészeket fontosnak tartják a rendszer jövőbeli bővíthetőségének és más közösségi közlekedési üzemeltetők számára történő átadhatóságának biztosítása szempontjából.

A műszaki intézkedéseken túl a cselekvési terv kiemeli a szervezeti fejlesztés és a változásmenedzsment fontosságát is. A javasolt megközelítés kiemelt hangsúlyt fektet a felhasználói részvételre, a kompetenciák fejlesztésére, az interdiszciplináris együttműködésre és a folyamatos tanulási folyamatokra. A CE4CE kísérleti projekt során lebonyolított workshopok és az érdekelt szereplők közötti eszmecserék hozzájárultak a felhasználói igények összegyűjtéséhez, valamint az új rendszerek és munkafolyamatok elfogadásának elősegítéséhez.

A lipcsei CE4CE kísérleti projekt során szerzett tapasztalatokra építve a cselekvési terv egy szakaszos megvalósítási stratégiát javasol. Ez magában foglalja a kritikus eszközök azonosítását, előrejelzési modellek kidolgozását és tesztelését, valamint a validált eszközök és folyamatok fokozatos integrálását az operatív munkafolyamatokba és a stratégiai tervezési tevékenységekbe. Az iteratív megvalósítási megközelítés célja

a kockázatok csökkentése, a szervezeti tanulás támogatása, valamint a prediktív karbantartási gyakorlatok fokozatos beépítése a hosszú távú eszközzelkezelési struktúrákba.

### 3.2.4 Nyomon követési és értékelési szempontok

A lipcsei cselekvési terv keretében végzett monitoring tevékenységek arra összpontosítanak, hogy felmérjék, vajon a prediktív karbantartási megközelítések hozzájárulnak-e a műszaki megbízhatóság, az operatív folyamatok és a stratégiai eszközzelkezelési döntések javulásához. A javasolt monitoring keretrendszer számos olyan kulcsfontosságú teljesítménymutatót (KPI) tartalmaz, amelyek az ISO 55001 teljesítményértékelés kontextusában is relevánsak.

A javasolt mutatók között szerepel a hibák korai felismerése, mielőtt azok kritikussá válnának, a nem tervezett karbantartási intézkedések csökkentése, az infrastruktúra rendelkezésre állása, az energiahatékonyság, valamint az adatminőségi mutatók, mint például az érzékelők üzemideje és az adatátvitel megbízhatósága. További mutatók lehetnek a hiba észlelése és a korrekciós intézkedések közötti reakcióidő, valamint az elkerült javításokból és az eszközök élettartamának meghosszabbításából származó potenciális költségmegtakarítások.

Az adatgyűjtés várhatóan automatizált érzékelőrendszerekre és adatplatformokra támaszkodik, kiegészítve az MR.pro® adatokkal való összehasonlításokkal, helyszíni ellenőrzésekkel, felmérésekkel és meglévő értékelési módszerekkel. Az értékelési tevékenységek célja az automatizált elemzés, a szakértői visszajelzések és az eszközzelkezelési, karbantartási és digitalizációs csapatok közötti rendszeres koordinációs megbeszélések ötvözése. A kísérleti tevékenységek és a bevezetési fázisok eredményei várhatóan hozzájárulnak az algoritmusok folyamatos fejlesztéséhez, a rendszer adaptációjához és a karbantartástervezési folyamatokhoz. Hosszabb távon a monitoring tevékenységek célja, hogy az adatvezérelt döntéshozatal révén támogassák a beruházás-ellenőrzési és karbantartástervezési folyamatokat.

### 3.2.5 Az érdekelt szereplők bevonása az előkészítési és végrehajtási folyamatba

A lipcsei cselekvési terv az LVB belső részlegei, a külső műszaki partnerek és a Lipcse városa által vezetett „L” csoportba tartozó egyéb önkormányzati vállalatok közötti szoros együttműködésen alapszik. Az LVB-n belül az eszközzelkezelés vezető szerepet játszik a prediktív karbantartási megközelítések stratégiai infrastruktúra-kezelésbe történő integrálásában. Az IFTEC, amely a lipcsei közösségi közlekedési rendszerrel kapcsolatos műszaki karbantartási és mérnöki szolgáltatások nagy részéért felelős, hozzájárul a műszaki megvalósításhoz, a kalibrálási tevékenységekhez, valamint a károsodási mintákkal és karbantartási intézkedésekkel kapcsolatos visszajelzésekhez. A digitalizációs csapat támogatja az adatplatformok, vizualizációs felületek és interfészek fejlesztését, míg az üzemeltetési személyzet és a járművezetők az utazási kényelemmel és a szolgáltatás zavaraihoz kapcsolatos üzemeltetési visszajelzéseket nyújtanak. Az ellenőrzési és beruházás-tervezési egységek részt vesznek a paramétermodellek felhasználásában a költségvetés-tervezés és a forgatókönyvek kidolgozása során.

A külső partnerek hardvermegoldásokkal, edge-computing technológiákkal, monitoring rendszerekkel, AI-támogatott elemzésekkel és energiafogyasztás-elemző eszközökkel járulnak hozzá a projekthez. A CE4CE pilot projekt keretében olyan szervezetekkel működtek együtt, mint az IFTEC, a Kruch Railways (szintén a CE4CE projekt partnere), a CI4RAIL, a CEMIT és a PantoHealth. Az egyetemek és kutatóintézetek technikai és módszertani támogatást nyújtottak, míg a városi érdekelt szereplők kapcsolatokat

biztosítottak a Smart City és a városi adatplatform-kezdeményezésekhez .

Az érdekelt szereplők bevonására irányuló tevékenységek között szerepeltek a követelmények meghatározására és a rendszer kiválasztására irányuló workshopok, rendszeres koordinációs megbeszélések, képzések és az érintetti egyeztetési fórumok. A kísérleti fázis során ezek a tevékenységek támogatták a felhasználói visszajelzések gyűjtését, különösen a villamosvezetők részéről, a rendszer elfogadásának tesztelését, valamint a vizualizáció felületek és interfészek közös fejlesztését.

### 3.2.6 A cselekvési terv kidolgozási folyamatának legfontosabb tanulságai

A lipcsei cselekvési terv kidolgozási folyamata arra utal, hogy a prediktív karbantartási megközelítések jelentős potenciállal bírhatnak, ha beépítik őket a mindennapi karbantartási tevékenységekbe és a stratégiai eszközközelési folyamatokba. A CE4CE kísérleti projekt tapasztalatai azt mutatták, hogy az olyan technológiák, mint az érzékelők, a monitoringrendszerek és a mesterséges intelligenciával támogatott elemzések hozzájárulhatnak a kritikus pályaszakaszok, a sínhibák, a felsővezeték-rendellenességek és egyéb infrastrukturális problémák azonosításához üzemeltetési körülmények között.

Egy fontos tanulság, hogy a folyamatos monitoring jelentős hozzáadott értéket képvisel a meglévő eszközgazdálkodási megközelítések kiegészítéseként. A jelenlegi mérési adatok, a vizuális ellenőrzési gyakorlatok és az életciklus-költségmodellek kombinálása



#### FŐBB TANULSÁGOK

**A prediktív karbantartás lehetőségei:** A prediktív karbantartás jelentős hozzáadott értéket jelenthet, ha beépítik a napi karbantartásba és a stratégiai eszközközelésbe.

**Fokozatos és rugalmas megvalósítás:** A fejlődő technológiák, a szabályozási feltételek és a pénzügyi bizonytalanságok miatt a folyamatos nyomon követés, értékelés és adaptív menedzsment elengedhetetlen lesz a javasolt intézkedések hosszú távú hatékonyságának és rugalmasságának biztosításához.

**A folyamatos monitoring hozzáadott értéke:** A folyamatos monitoring kiegészíti a vizuális ellenőrzéseket és az életciklus-költségmodelleket, mivel dinamikusabb, adatokon alapuló döntések meghozatalát teszi lehetővé.

**A fix időközönként végzett felújításokon túl:** A valós idejű adatok és a meglévő eszközközelési módszerek kombinálása elősegítheti a karbantartás és a felújítások jobb időzítését.

**Szervezeti változások szükségessége:** A sikeres digitalizáláshoz képzésre, a felhasználók elfogadottságára, adatelemzési ismeretekre, a felelősségi körök felülvizsgálatára és hosszú távú változáskezelésre van szükség.

**Átadási lehetőségek:** A moduláris, vasúti tanúsítvánnyal rendelkező rendszer kiterjeszhető más villamosvonalakra, infrastrukturális eszközökre és buszokkal kapcsolatos alkalmazásokra is.

**Hosszú távú intézményesítés:** A fenntartható használat a stabil finanszírozástól, a rendszerintegrációtól, a személyzeti kapacitástól és az LVB eszközközelési folyamataival való összehangolástól függ.

12.ábra: A lipcsei fő tanulságok

dinamikusabb és megalapozottabb döntéshozatalt támogathat, mint a kizárólag fix időközönként végzett felújítások.

A folyamat rávilágított arra is, hogy a digitalizáció nem csupán technikai, hanem szervezeti kihívás is. A képzési tevékenységek, a felhasználói elfogadottság, az adatelemzési ismeretek, a felelősségi körök felülvizsgálata és a hosszú távú változásmenedzsment folyamatok elengedhetetlenek tűnnek ahhoz, hogy a vizualizációs felületek és a mesterséges intelligenciával támogatott elemzések hatékonyan integrálhatók legyenek az üzemeltetési gyakorlatba.

Végül a cselekvési terv a pilot környezetben túlmutató átadhatósági és adaptálhatósági potenciált is bemutat. A kísérleti projekt az EN 50155 és EN 45545 szabványoknak megfelelő, vasúti minősítéssel rendelkező alkatrészekre támaszkodott, míg a moduláris rendszerarchitektúra támogathatja a jövőbeli kiterjesztést további villamosvonalakra, más infrastrukturális eszközökre, valamint potenciálisan buszokkal kapcsolatos alkalmazásokra, például a töltőinfrastruktúrára. Ugyanakkor a prediktív karbantartási megközelítések hosszú távú intézményesítése valószínűleg a stabil finanszírozástól, a rendszerintegrációtól, a személyzeti kapacitásoktól, valamint ezeknek az LVB szélesebb körű eszközkezelési folyamataiba történő folyamatos integrációjától függ.

### 3.3. Cselekvési terv az infrastruktúra-ellátás optimalizálására a közszolgáltatók közötti együttműködés és erőforrás-megosztás révén, a lengyelországi Gdynia elektromobilitási önkormányzati stratégiájának frissítéseként



13.ábra: A gdyniai trolibusz-telephelyet ellátó napelemes erőmű.  
Forrás: CE4CE

#### 3.3.1 A cselekvési terv kidolgozásának stratégiai háttere és kontextusa

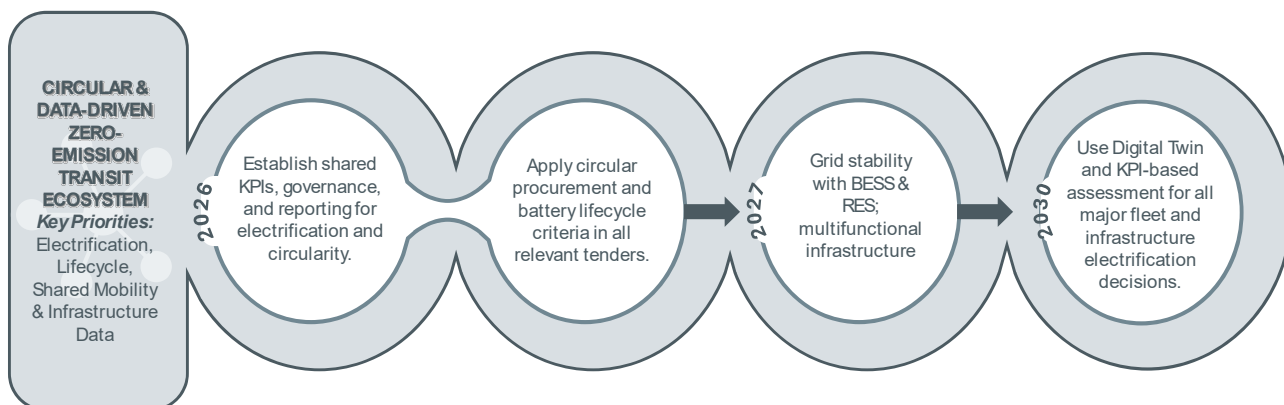
A gdyniai cselekvési terv frissíti a városi elektromobilitási megközelítést azáltal, hogy a körforgásos villamosításra, az infrastruktúra megosztására és a közszolgáltatók - a PKA (a városi buszüzemeltető és a CE4CE projekt partnere) és a PKT (a városi trolibusztársaság) - közötti együttműködésre helyezi a hangsúlyt. A terv Gdynia meglévő erősségeire épít: a régóta működő trolibusz-hálózatra, a menet közbeni töltés terén szerzett tapasztalatokra és a 2022-ben bevezetett elektromos buszokra.

A cselekvési terv a PKA és partnerei által azonosított öt konkrét kihívásra reagál: az elöregedő eszközállományra, a növekvő villamosenergia- és életciklus-költségekre, a körforgásos beszerzés szükségességére, a beruházástervezéshez rendelkezésre álló korlátozott döntéstámogató eszközökre, valamint az elektromobilitás, illetve a város éghajlati és mobilitási célkitűzéseinek jobb összehangolásának szükségességére. Emellett foglalkozik a CE4CE projekt keretében Gdyniában végzett pilot során azonosított kockázatokkal is, ideértve a forgalmi torlódásokkal kapcsolatos energiaigényt, a túlméretezett akkumulátorokat és töltőinfrastruktúrát, az intézmények közötti széttagolt adatokat, a bizonytalan jövőbeli finanszírozást, valamint annak lehetőségét, hogy a város 12-30 évre nem hatékony megoldásokhoz kötődjön.

Stratégiai szempontból a terv kapcsolódik Gdynia város 2030-ig szóló fejlesztési stratégiájához, Gdynia fenntartható városi mobilitási tervéhez, valamint a Balti-tengeri régió (BSR) 2020-as fenntartható városi mobilitási terveéhez, továbbá a BSR monitoring-

és értékelési tevékenységéhez. Nemzeti szinten a terv a lengyel elektromobilitásról és alternatív üzemanyagokról szóló törvényt követi. EU-szinten a terv összhangban áll a következő keretstratégiák és irányelvek által alkotott jelenlegi szabályozási kerettel: Európai Zöld Megállapodás, a tiszta járművekről szóló irányelv, az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájáról szóló rendelet, az energiahatékonyságról szóló irányelv, a megújuló energiáról szóló irányelv és az akkumulátorokról szóló rendelet.

### 3.3.2 Jövőkép, célok és célkitűzések



14. ábra: A gdyniai cselekvési terv jövőképe és stratégiai célkitűzései

A jövőkép szerint 2030-ra a PKA Gdynia egy körforgásosabb, alacsonyabb kibocsátású és beruházásra kész közösségi közlekedési szolgáltatóvá válik. A cselekvési terv célja az elektromobilitás kiterjesztése az adatmegosztás, az életciklus-gondolkodás és a PKA, a város és más közszolgáltatók közötti szorosabb együttműködés révén, elkerülve a felesleges anyag- és energiafelhasználást.

A terv több konkrét célt is kitűz. 2026-ra Gdyniának intézményesítenie kell egy közös KPI-rendszert, egy tulajdonosi modellt és egy éves jelentéstételi gyakorlatot a körforgásos gazdaságra és az elektromos közlekedésre vonatkozó döntésekhez. 2027-re el kell készíteni és el kell indítani az első megvalósítási csomagot, amely a finanszírozástól függően a 194-es vonal elektromosításával kezdődik. Emellett 2027-ig be kell fejezni a telephely öko-hatékonysági és napelemes beruházási csomagját, beleértve az intelligens töltési megoldásokat és a tárolásra alkalmas kialakítást. 2026-tól kezdődően a körforgásos beszerzési kritériumokat és az akkumulátorok életciklusára vonatkozó követelményeket kell alkalmazni a vonatkozó pályázatokban. 2030-ra alkalmazni kell a digitális iker megoldást és a KPI-értékelést a PKA járműparkjának és infrastruktúrájának elektromosításával kapcsolatos minden fontosabb döntésnél.

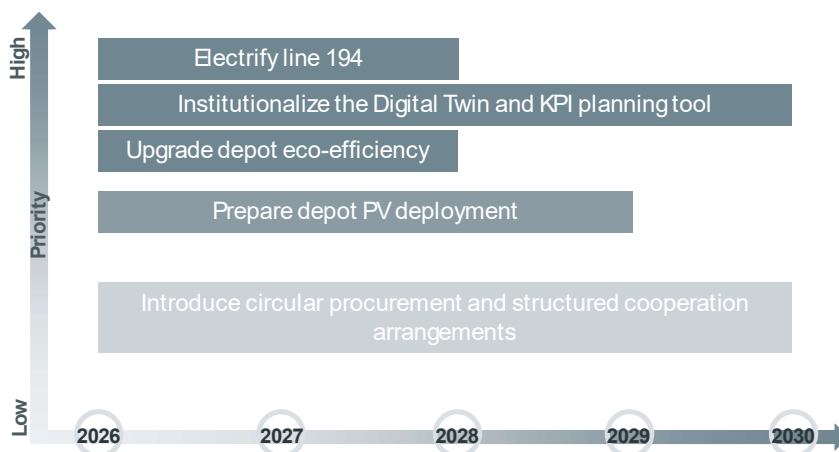
A célok tehát ötvözik a kibocsátáscsökkentést, a jobb szolgáltatási megbízhatóságot, az alacsonyabb életciklus-költségeket, az akkumulátor- és anyagigény csökkentését, a jobb finanszírozási felkészültséget és a körforgásos elektromobilitás átláthatóbb irányítását.

### 3.3.3 Főbb intézkedések

A cselekvési terv öt kiemelt intézkedés köré épül.

Az első a 194-es buszjárat villamosítása, amelyet 2026 és 2028 között az adatokon alapuló, körforgásos, nulla kibocsátású szolgáltatások bővítésének kiemelt fontosságú demonstrációs projektjeként terveznek.

A második a digitális iker (Digital Twin) kísérleti projekt és a körforgásos üzleti tervezési eszköz intézményesítése az elektromos tömegközlekedési járműparkok és infrastruktúra terén, 2026-tól kezdődően, annak érdekében, hogy a forgatókönyv-tesztelés és a KPI-



15. ábra: Gdynia legfontosabb intézkedései és a megvalósítás ütemterve

a napelemes rendszer telepítése a járműtelepen 2026 és 2029 között, tárolásra alkalmas kialakítással és - amennyiben lehetséges - a másodlagos felhasználásra szánt akkumulátorok jövőbeli felhasználásával.

Az ötödik intézkedés a körforgásos beszerzést és a beszerzési folyamatokra vonatkozó strukturált együttműködési megállapodásokat foglalja magában, amely már 2026-ban megkezdődik, és folyamatos intézkedésként van tervezve. Ez magában foglalja az akkumulátorok életciklus-kezelését, az újrafelhasználható műszaki előírásokat, a körforgásos pályázati záradékokat, valamint a városi szolgáltatókkal és városi egységekkel való jobb adatmegosztást.

Az intézkedéseket nem egyetlen nagy léptékű bevezetésként, hanem szakaszos csomagként tervezték, lehetővé téve Gdynia számára a beruházások tesztelését, kiigazítását és méretezését. A költségbecslések még nem részletesek, azonban a két városi közösségi közlekedési szolgáltató határozottan elkötelezte magát az intézkedések terv szerinti végrehajtása és a több forrásból származó finanszírozás biztosítása mellett. A terv meghatározza a nagyságrendbeli igényeket: magas kiadásokat a 194-es vonal villamosítására, alacsony-közepes kiadásokat az elektromos közösségi közlekedési járműparkok és infrastruktúra digitális iker- és körforgásos üzleti tervezési eszközére, közepes kiadásokat a járműtelepek öko-hatékonyaságára, közepes-magas kiadásokat a napelemes tárolásra alkalmas infrastruktúrára, valamint főként szervezeti erőfeszítéseket a körforgásos beszerzés fejlesztésére.

### 3.3.4 Nyomon követési és értékelési szempontok

A nyomonkövetési rendszer egy kompakt KPI-készleten alapszik, amely kapcsolódik az elektromos közösségi közlekedési járműparkok és infrastruktúra körforgásos üzleti tervezési eszközéhez, valamint - ahol releváns - a SUMP-hoz és a városi csomópontokról szóló jelentésekhez, az EU követelményeinek részeként, a 2025-ben elfogadott felülvizsgált TEN-T rendelet alapján. A javasolt mutatók között szerepel a nulla kibocsátású járműkilométerek aránya, az éves villamosenergia-fogyasztás járműkilométerenként, a beszerzett járművek átlagos akkumulátor-kapacitása, a saját termelésű villamosenergia aránya, a prioritási intézkedések megvalósításának állapota, valamint a körforgásos gazdaságra és az életciklusra vonatkozó záradékokat tartalmazó releváns beszerzések aránya.

Az adatok gyűjtését negyedévente, összesítésüket pedig évente tervezik. Az üzemeltetési adatok a járműtelematikából, a járműtelepek töltőállomásairól, az energiamérőkről és a menetrend-rendszerekből származnak. A beruházási és beszerzési információk

felelősségvállalás a beruházási és jelentéstételi rutinok részévé váljon

TA harmadik intézkedés a járműtelep öko-hatékonyasága, amely szintén kiemelt prioritás a 2026-2028 közötti időszakban. Ez magában foglalja a jobb mérési rendszereket, az intelligens töltési logikát, a csúcsigény kezelést és a műszaki átalakításokat.

A negyedik intézkedés 2026 és 2029 között, tárolásra alkalmas kialakítással és - amennyiben lehetséges - a másodlagos felhasználásra szánt akkumulátorok jövőbeli felhasználásával.

a projektaktákból és a szerződésnyilvántartásokból származnak, míg a ESG és az irányítási adatok a vezetői jelentésekből kerülnek átvételre. A PKA-nak kell vezetnie a központi KPI-nyilvántartást, az ZKM Gdynia (Gdynia közösségi közlekedési hatósága) és a városi osztályok pedig kiegészítő adatokat szolgáltatnak, amennyiben a mutatók átfedésben vannak a városi szintű jelentésekkel.

Az értékelésnek ötvöznie kell a folyamat- és az eredményértékelést. A folyamatértékelés ellenőrzi, hogy az intézkedéseket elindították-e, finanszírozták-e, kijelölték-e a felelősöket, és beépítették-e a beszerzésbe, illetve a működésbe. Az eredményértékelés összehasonlítja az eredményeket a 2025/2026-os kiindulási értékekkel és a digitális iker (Digital Twin) forgatókönyvekkel, különös tekintettel az energiafelhasználásra, az akkumulátorigényre, az infrastruktúra hatékonyságára, a szolgáltatás megbízhatóságára, a finanszírozási tőkeáttételre és a körforgásos gazdaság hatásaira. Javasolt egy félidős felülvizsgálat 2028-ban és egy átfogóbb felülvizsgálat 2030-ban.

### 3.3.5 Az érdekelt szereplők bevonása az előkészítési és végrehajtási folyamatba

Az érdekelt szereplők bevonásának folyamata egy központi fejlesztői csapat és egy szélesebb intézményi háló köré szerveződött. A központi csapat tagjai a PKA Gdynia, a Gdański Egyetem és a KRUCH voltak, akik a műszaki megalapozó anyag, a helyi alkalmazhatóság és az intézkedések kidolgozása terén végeztek munkát. A érdekelt szereplők szélesebb körébe tartozott Gdynia önkormányzata, a ZKM Gdynia, a PKT Gdynia, valamint egyéb közszolgáltatók és városi szervezeti egységek, amelyek a mobilitás, az energia, a beszerzés és a stratégia területéért felelősek.

A megbeszélések a gyakorlati megvalósítás kérdéseire összpontosítottak: az elektromosításra alkalmas közlekedési folyosók kiválasztására, az infrastrukturális lehetőségekre, a teljesítménymutatókért való felelősségre, a finanszírozási logikára és az üzemeltetési korlátokra. 2023 szeptemberétől a folyamat a közös problémameghatározás, a forgatókönyv-tesztelés és a belső felülvizsgálat szakaszába lépett. 2026 márciusára elkészült a cselekvési terv tervezete, az érdekelt szereplők feltérképezése és a teljesítménymutatók keretrendszere.

Az érdekelt szereplők bevonása hozzájárult ahhoz, hogy a cselekvési terv a technikai elektromosításról az irányítás és az együttműködés keretrendszerére helyezze át a hangsúlyt. Kiderült, hogy a körforgásos elektromobilitás nem csak a járművektől és a töltőktől függ, hanem a közös szabványoktól, az adatcserétől, a beszerzési szabályoktól, a finanszírozás előkészítésétől, valamint a PKA, az önkormányzat és más közszolgáltatók közötti koordinációtól is.

### 3.3.6 A cselekvési terv kidolgozási folyamatának fő tanulságai

A gdyniai folyamat bebizonyította, hogy a közösségi közlekedés sikeres elektromosításához nem elég egyszerűen csak a dízelbuszokat elektromos buszokkal kicserélni. A CE4CE kísérleti projekt, amely továbbra is cselekvési tervük alapját képezi, rávilágított arra, hogy mennyire fontos az infrastrukturális tervezés, az életciklus-gondolkodás, a digitális döntéshozatali eszközök és a szervezeti egységek közötti együttműködés integrálása egy hosszú távú átállási stratégiába. A tapasztalatok azt is megmutatták, hogy a fokozatos megvalósítás és a világos irányítási struktúrák elengedhetetlenek az elektromobilitás hatékony kiterjesztéséhez, miközben elkerülhető a felesleges anyag- és energiafelhasználás.

A gdyniai projekt rávilágított arra, hogy a jövőbeli elektromosításnak figyelembe kell vennie az infrastruktúrát és az életciklust, és nem csupán a járművek sorozatos cseréjén



## FŐBB TANULSÁGOK

Az elektromos átállásnak figyelembe kell vennie az infrastruktúra és az életciklus hatásait: A gdyniai folyamat megmutatta, hogy az elektromos átállás nem egyszerűen a dízelbuszok egy az egyben történő cseréjét jelenti. A tervezés során figyelembe kell venni a töltőinfrastruktúrát, az üzemeltetési igényeket és a járművek hosszú távú teljesítményét.

In-motion and opportunity charging reduce battery size requirements: The CE4CE pilot demonstrated that combining in-motion charging (IMC) with opportunity charging can drastically reduce battery capacity needs. On Route 141, the required battery size dropped from around 700 kWh with overnight charging to about 60 kWh

A digitális eszközök csak akkor hatékonyak, ha beépítik őket a döntéshozatalba: A digitális iker és a KPI-rendszerek csak akkor teremtenek értéket, ha aktívan használják őket az irányítási folyamatokban, a beszerzésben, az éves jelentésekben és a finanszírozási pályázatokban. Ezért elengedhetetlen a megbízható és kiváló minőségű adat.

A körforgásos gazdaság megköveteli a részlegek közötti együttműködést: A folyamat megerősítette, hogy a körforgásos gazdaságot nem lehet egyetlen részleg felügyelete alatt irányítani. Az üzemeltetés, a műszaki terület, a beszerzés, a pénzügy, a stratégiai egységek és az önkormányzati partnerek mind közös felelősségvállalásra és erős belső koordinációra szorulnak.

A vezetői támogatás elengedhetetlen a hosszú távú fejlődéshez: Még a technikailag hatékony intézkedések is elveszíthetik lendületüket, ha nincs egyértelmű felelősségvállalás és a vezetés látható támogatása. A megvalósítás fenntartásához szükség van a belső elköteleződésre.

A fokozatos megvalósítás csökkenti a kockázatot és támogatja a tanulást: A kisebb lépésekkel való kezdés, mint például a 194-es vonal, a járműtelep öko-hatékonyági intézkedései és a KPI-irányítás lehetővé teszi Gdynia számára, hogy kipróbálja a megközelítéseket, tanuljon a tapasztalatokból, és fokozatosan bővítse a programot.

16.ábra: 16. ábra: A gdyniai fő tanulságok

kell alapulnia. A CE4CE kísérleti projekt bebizonyította, hogy a menet közbeni töltés és az alkalmi töltés jelentősen csökkentheti az akkumulátorigényt a kizárólag éjszakai töltésen alapuló koncepciókhoz képest. Például a 141-es buszjáratán az éjszakai töltés során szükséges az akkumulátorigény 700 kWh-ról körülbelül 60 kWh-ra csökken az IMC és az alkalmi töltés kombinációjával.

A második tanulság az, hogy a digitális eszközök csak akkor teremtenek értéket, ha beépülnek a döntéshozatalba. A digitális ikernek és a KPI-munkafolyamatnak egyértelmű felelősségi körrel, éves jelentéssel, valamint beszerzési és finanszírozási kérelmekben való felhasználással kell rendelkeznie. Az adatminőség és -kezelés ezért ugyanolyan fontos, mint maga a technológia.

A folyamat azt is megerősítette, hogy a körforgásos gazdaság nem maradhat csak egy osztály feladata. Az üzemeltetésnek, a műszaki területnek, a beszerzésnek, a pénzügynek, a stratégiai egységeknek és a városi partnereknek mind közös felelősséget kell vállalniuk. A belső vezetés támogatására elengedhetetlenül szükség van, mert még a technikailag hatékony intézkedések is elveszíthetik lendületüket, ha nincs látható felelősségvállalás.

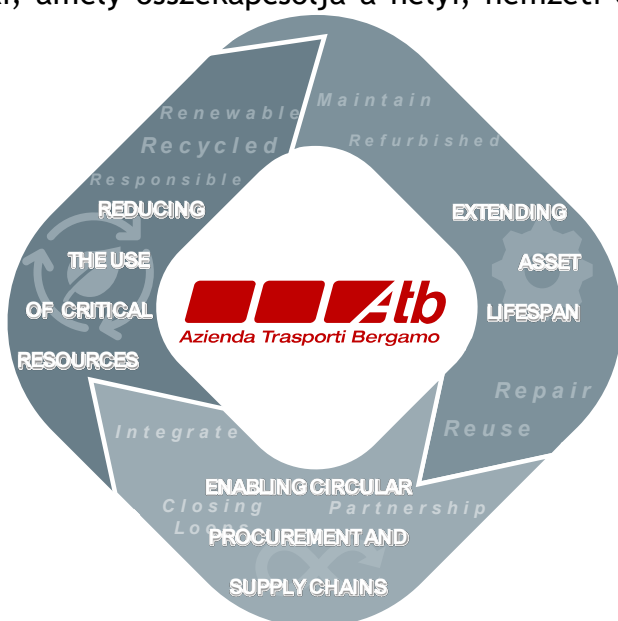
Végül a terv kiemeli a fokozatos megvalósítás értékét. A 194-es vonallal, a járműtelep öko-hatékonyágával és a KPI-irányítással kezdve az intézkedések értékelése lehetővé

teszi Gdynia számára, hogy tanuljon belőlük, mielőtt szélesebb körben kiterjesztené a programot. A jelenlegi korlát az, hogy a tervnek még végleges jóváhagyásra, finanszírozási megerősítésre és a felelőségek hivatalos kiosztására van szüksége, mielőtt a megvalósítás teljes mértékben megkezdődhet.

### 3.4. Cselekvési terv az ellátási lánc hozzáadott értékének növelésére és a járművek szállításának optimalizálására körforgásos beszerzéssel Bergamóban, Olaszországban

#### 3.4.1 A cselekvési terv kidolgozásának stratégiai háttere és kontextusa

Az ATB Mobility Bergamo cselekvési tervet egy többszintű stratégiai keretben dolgozták ki, amely összekapcsolja a helyi, nemzeti és európai mobilitási, éghajlati és körforgásos



gazdaságra vonatkozó politikákat. Helyi szinten a cselekvési terv összhangban áll a Bergamo fenntartható energia- és éghajlat-cselekvési tervével (SECAP), az éghajlati városi szerződéssel (CCC) és a város fenntartható városi mobilitási tervével (SUMP), biztosítva, hogy a körforgásos gazdaság elvei a hosszú távú közlekedéstervezés integrált részévé váljanak, és ne önálló kezdeményezésként jelenjenek meg.

ANemzeti szinten a cselekvési tervet az olasz helyreállítási és reziliencia-tervhez (PNRR) kapcsolódó beruházási lehetőségek támogatják, különösen az infrastruktúra modernizációja, az elektromosítás és az innovatív közlekedési rendszerek, például

17.ábra: ATB Mobility Bergamo

az eBRT területén. Európai szinten a cselekvési terv az Interreg CE4CE projektre épül, és szinergiákat teremt más projektekkel, mint például az Interreg Euro-MED E-MED és az Interreg Alpine Space Degree4Alps, támogatva a körforgásos megoldások tesztelését és kiterjesztését a közösségi közlekedésben.

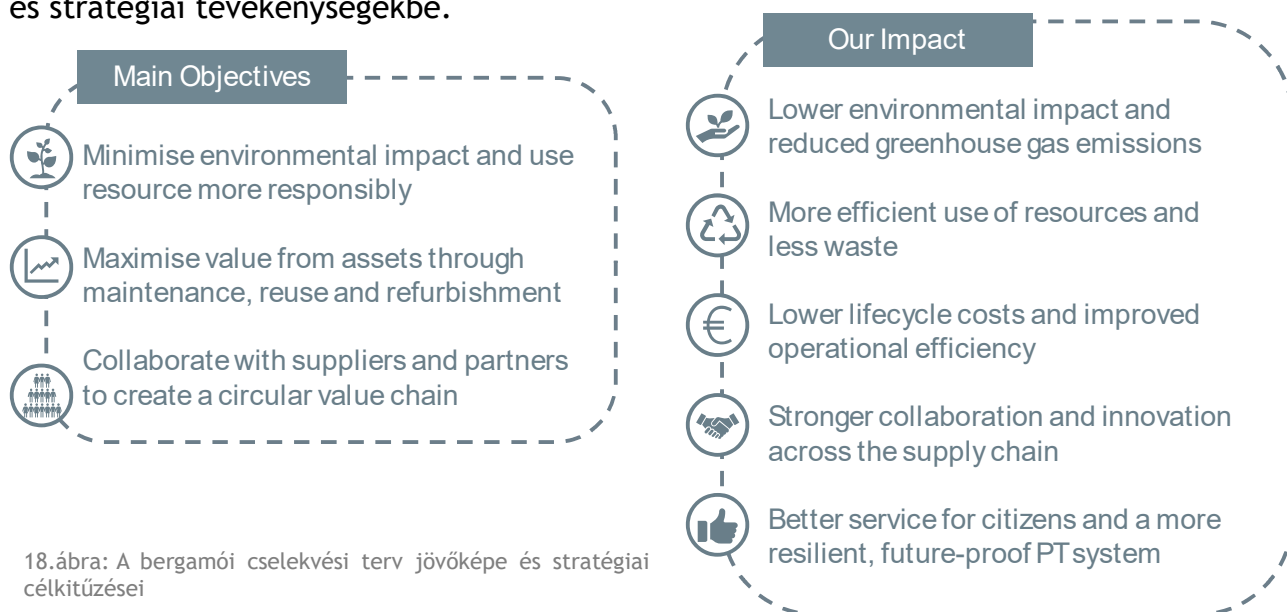
A cselekvési terv az ATB Mobility által azonosított számos kulcsfontosságú kihívásra reagál:

- a közösségi közlekedés üzemeltetésének magas energia- és anyagfogyasztása,
- a járműpark és az infrastruktúra korlátozott életciklus-kezelése,
- a növekvő üzemeltetési költségek és az egyre szigorodó szabályozási követelmények,
- a megújuló energia és a tárolási megoldások integrálásának szükségessége,
- a körforgásos gazdaság elveinek elégtelen integrálása a beszerzési és karbantartási gyakorlatba.

Az általános cél az ATB átállításának támogatása egy fenntarthatóbb, erőforrás-hatékonyabb és körforgásos közösségi közlekedési rendszerre, amely környezeti és gazdasági előnyökkel jár a bergamói nagyvárosi térség számára.

### 3.4.2 Jövőkép, célok és célkitűzések

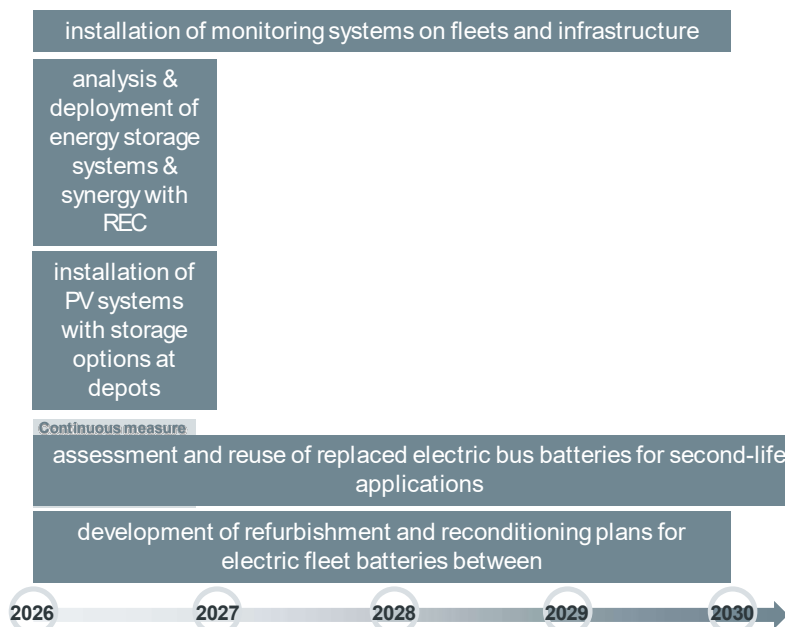
A cselekvési terv jövőképe, hogy az ATB-t körforgásos közösségi közlekedési szolgáltatóvá alakítsa át azáltal, hogy a körforgásos gazdaság elveit beépíti a működési, infrastrukturális és stratégiai tevékenységekbe.



18.ábra: A bergamói cselekvési terv jövőképe és stratégiai célkitűzései

### 3.4.3 Főbb intézkedések

A cselekvési terv egy sor üzemeltetési, energetikai, karbantartási és beszerzési intézkedést határoz meg a körforgásos közösségi közlekedési működés felé történő átállás támogatására.



19.ábra: Bergamo legfontosabb intézkedései

A legfontosabb intézkedések a következők

- monitoringrendszerek telepítése a járműparkokon és az infrastruktúrán az energiafelhasználás optimalizálása és a prediktív karbantartás érdekében 2030-ig,
- energiatároló rendszerek elemzése és bevezetése, valamint szinergia kialakítása a megújulóenergia-közösségekkel (REC) 2027-ig,
- tárolási lehetőségekkel rendelkező fotovoltaikus rendszerek telepítése a járműtelepeken 2027-ig,
- a lecserélt elektromos buszakkumulátorok vizsgálata és újrafelhasználása a másodlagos (second-life) célokra 2026-tól kezdődően,
- felújítási és rekondicionálási tervek kidolgozása az elektromos járműflotta akkumulátorai számára 2026 és 2030 között,
- a működési tevékenységeket és az irányítási folyamatokat lefedő vállalati körforgásos stratégia kidolgozása,
- a körforgásos beszerzési elvek beépítése a járműpark és az ellátási lánc beszerzési eljárásaiba.

A cselekvési terv emellett előmozdítja:

- a prediktív karbantartási megközelítéseket,
- az energiahatékonyság optimalizálását,
- az életciklus-orientált eszközkezelést,
- a megújuló energia termelésének és tárolásának integrálását a közlekedési infrastruktúrába.

#### 3.4.4 Nyomon követési és értékelési szempontok

A cselekvési terv egy strukturált nyomonkövetési és értékelési keretrendszert hoz létre, amelynek célja az ATB Mobility keretében végrehajtott körforgásos gazdaságra irányuló intézkedések megvalósítási előrehaladásának és hosszú távú hatásainak nyomon követése. A nyomonkövetési rendszer három egymást kiegészítő dimenzió köré épül: a fizikai intézkedések végrehajtása, a stratégiai és szervezeti eredmények kidolgozása, valamint a körforgásos beszerzési gyakorlatok integrálása.

A fizikai intézkedések nyomon követése olyan működési szempontokra összpontosít, mint a nyomon követett járműpark és infrastruktúra aránya, a telepített megújulóenergia-kapacitás, az energiatároló rendszerek bevezetése, valamint a prediktív karbantartási megközelítésekkel kezelt eszközök száma. Ezzel párhuzamosan stratégiai mutatókat alkalmaznak a körforgásos gazdasággal kapcsolatos tervek, stratégiák és kísérleti intézkedések kidolgozásának és végrehajtásának értékelésére, valamint a körforgásos elvek vállalati folyamatokba és irányítási struktúrákba való integrációjának szintjére. A beszerzéssel kapcsolatos nyomon követés értékeli a körforgásos gazdaság kritériumainak fokozatos beépítését a beszerzési eljárásokba, beleértve az életciklusra és a fenntarthatóságra vonatkozó követelményeket alkalmazó beszerzési folyamatok arányát és értékét.

A cselekvési terv emellett szélesebb körű hatásmonitoringot is előirányoz a megújuló energia termelésével és saját fogyasztással, az eszközök élettartamának meghosszabbításával, a karbantartási költségek megtakarításával, az életciklus-költségek csökkentésével és a halasztott tőkebefektetésekkel kapcsolatban.

Az értékelési módszertan ötvözi az automatizált operatív adatgyűjtést a strukturált belső jelentéstételi folyamatokkal. Az adatforrások között szerepelnek a járműpark-kezelő rendszerek, a karbantartási adatbázisok, az energiagazdálkodási rendszerek, a beszerzési nyilvántartások és a projektdokumentáció. A működési mutatókat várhatóan negyedévente vizsgálják felül, míg a stratégiai és pénzügyi mutatókat hosszabb időközönként értékelik a közép- és hosszú távú döntéshozatal támogatása érdekében.

#### 3.4.5 Az érdekelt szereplők bevonása az előkészítési és végrehajtási folyamatba

Az érdekelt szereplők bevonása központi szerepet játszott a cselekvési terv kidolgozásának egész folyamata során, és nem egyszeri konzultációként, hanem folyamatos tevékenységként került beépítésre. A korai tevékenységek a beszállítók és a műszaki szakértők bevonására összpontosítottak, melyet workshopok, felmérések és megbeszélések keretében valósítottak meg a körforgásos beszerzési megközelítésekről és a környezetbarát beszerzési kritériumokról mind uniós, mind nemzeti szinten. Ezek a párbeszédok segítettek azonosítani a körforgásos ellátási láncokkal és beszerzési gyakorlatokkal kapcsolatos gyakorlati lehetőségeket és akadályokat. Az előkészítési folyamat kiterjedt belső koordinációt igényelt az ATB Mobility és leányvállalatai, köztük

a TEB és az ATB Servizi között, biztosítva, hogy az intézkedések meghatározásába beépüljenek az operatív, műszaki és stratégiai szempontok. Külső szinten Bergamo önkormányzata játszott kulcsszerepet mind részvényesként, mind intézményi partnerként, támogatva a cselekvési terv összehangolását a szélesebb körű városi mobilitási, klíma és fenntarthatósági célokkal. Az érdekelt szereplők bevonásának folyamata az európai együttműködési projektek és a nemzetközi szakértői hálózatok keretében zajló tudáscseréből is profitált. Különösen az olyan projektek keretében folytatott együttműködés, mint az Interreg Alpine Space Degree4Alps és az Interreg Euro-MED E-MED, segítette a javasolt intézkedések skálázhatóságának, átültethetőségének és innovációs potenciáljának értékelését. A végrehajtás során az ATB Mobility várhatóan koordinálja az általános megvalósítási és nyomonkövetési folyamatot, míg a leányvállalatok, a műszaki partnerek és a külső érdekelt szereplők hozzájárulnak az operatív megvalósításhoz, az adatok biztosításához, a műszaki szakértelemhez és az értékelési tevékenységekhez.

### 3.4.6 A cselekvési terv kidolgozási folyamatának főbb tanulságai

A fejlesztési folyamat bebizonyította, hogy a körforgásos gazdaság elvei a műszaki, szervezeti és irányítási intézkedések kombinációjával szisztematikusan beépíthetők a közösségi közlekedés tervezésébe és működtetésébe.

A folyamat megerősítette annak fontosságát is, hogy a körforgásos beszerzést, a prediktív karbantartást, a megújuló energiarendszereket és az életciklus-szemléletű kezelést beépítsék a közösségi közlekedés hosszú távú tervezésébe. Összességében a cselekvési terv gyakorlati keretet biztosít az ATB fenntarthatóbb, ellenállóbb és körforgásos közösségi közlekedési rendszer felé történő átállásához.



#### FŐBB TANULSÁGOK

**Holisztikus és stratégiaileg összehangolt megközelítés:** A körforgásos gazdaság elveinek a közösségi közlekedési rendszerekbe történő integrálása akkor működik a legjobban, ha az több szervezeti egységen átívelően történik, és összhangban áll a szélesebb körű mobilitási és éghajlati stratégiákkal, különösen a Fenntartható Városi Mobilitási Tervvel (SUMP).

**Belső koordináció:** A szervezeten belüli korai és folyamatos együttműködés segít biztosítani, hogy a javasolt intézkedések megvalósíthatók, gyakorlatiasak legyenek, és a végrehajtásért felelős szervezeti egységek támogassák őket.

**Külső együttműködés:** A külső érdekelt szereplőkkel való együttműködés segít összekapcsolni a körforgásos gazdaságra vonatkozó intézkedéseket a tágabb politikai célokkal, a finanszírozási prioritásokkal és a szabályozási elvárásokkal.

**A kísérleti intézkedések támogatják a megalapozott döntéshozatalt:** A kísérleti projektek értékesek az innovatív megoldások tesztelésében, a kihívások azonosításában és a tanulságok levonásában a szélesebb körű alkalmazás előtt.

**Rugalmasság a bizonytalanság kezeléséhez:** A körforgásos gazdaságra vonatkozó tervezésnek alkalmazkodnia kell a finanszírozás, a technológia és a szabályozás terén bekövetkező változásokhoz.

**Adatok és monitoring a tényeken alapuló tervezéshez:** Megbízható adatokra és monitoring rendszerekre van szükség az előrehaladás nyomon követéséhez, az eredmények értékeléséhez és a jobb stratégiai döntések támogatásához.

## 4. Tanulságok és ajánlások

A CE4CE stratégiák és cselekvési tervek kidolgozása bebizonyította, hogy a körforgásos gazdaság elvei támogathatják a közösségi közlekedési hatóságokat és üzemeltetőket abban, hogy az elszigetelt körforgásos intézkedésektől a rendszerszintű, életciklus-alapú megközelítések felé mozduljanak el. A stratégiák kiemelték a hulladékcsökkentés, az erőforrások optimalizálása és a hosszú távú értékteremtés fontosságát az energiarendszerek, az infrastruktúra és a járműpark területén.

### 4.1. A stratégiák és cselekvési tervek kidolgozási folyamatából levont tanulságok

Az egyik legfontosabb tanulság az, hogy a körforgásos gazdasághoz életciklus-szemléletre van szükség a tervezés, az üzemeltetés, a karbantartás és az élettartam végi szakasz során. A dokumentum hangsúlyozza, hogy az újrahasznosítás önmagában nem elegendő, ha azt csak az életciklus végén alkalmazzák, és hogy az értéket inkább az eszközök teljes élettartama alatt kell megőrizni és újrateremteni az anyagigény csökkentése, az eszközök élettartamának meghosszabbítása, az újrafelhasználás, a felújítás és az újrahasznosítás révén.

Egy másik fontos tanulság a digitalizáció és az adatkezelés szerepére vonatkozik. A stratégiák a digitalizációt a körforgásos gazdaság megvalósításának kulcsfontosságú feltételeként azonosítják, ideértve az energiagazdálkodási rendszerek, a valós idejű monitoring, az adatelemzés, a digitális modellek és a szimulációk használatát a tervezés, a karbantartás és az üzemeltetés optimalizálásának támogatására.

A CE4CE cselekvési tervek és stratégiák rámutattak az érdekelt szereplők közötti együttműködés fontosságára is. A körforgásos gazdaság megvalósítása a közösségi közlekedési hatóságok, a közösségi közlekedési szolgáltatók, az önkormányzatok, a beszállítók, a kutatóintézetek, az energiaszolgáltatók és az értéklánc egyéb szereplői közötti együttműködéstől függ. A stratégiák többször is hangsúlyozzák, hogy a koordináció, a tudáscsere és az érdekelt szereplők bevonása a megvalósítás fontos előfeltételei.

Egy másik tanulság, hogy az eszközök élettartamának meghosszabbítása fontos lehetőséget jelent az erőforrás-felhasználás csökkentésére és a befektetett érték megőrzésére. A stratégiák kiemelik a megelőző és prediktív karbantartást, a felújítást, a másodlagos felhasználást, valamint az infrastrukturális elemek és anyagok újrafelhasználását, mint a körforgásos gazdaság céljainak elérését szolgáló fontos megközelítéseket.

A stratégiák kiemelik továbbá annak fontosságát, hogy a körforgásos gazdaság elveit beépítsék a közbeszerzési és irányítási folyamatokba. Rámutatnak arra, hogy a közbeszerzési eljárások, a szerződések és a teljesítménykövetelmények befolyásolhatják a beszállítók magatartását, és elősegíthetik az innovációt az értéklánc egészében.

Végül a stratégiák és cselekvési tervek rámutattak arra, hogy a kísérleti tevékenységek és a gyakorlati tesztelés fontosak a megvalósítási kockázatok csökkentése, az innovatív megoldások tesztelése, valamint azok más közösségi közlekedési környezetekben történő alkalmazásának támogatása szempontjából.

### 4.2. Ajánlások az intézkedések megvalósításához

A CE4CE stratégiákban és cselekvési tervekben a következő kulcsfontosságú szempontokat kerültek meghatározásra fontos ajánlásokként és feltételekként, amelyek támogatják

a körforgásos gazdaság megközelítéseinek megvalósítását a közösségi közlekedési rendszerekben.

### Stratégiai és tervezési szempontok

- Az életciklus-szemlélet alkalmazása a tervezés, az üzemeltetés, a karbantartás és az élettartam végi szakaszban.
- A körforgásos gazdaság célkitűzéseinek integrálása a közlekedési, energiai- és fenntarthatósági stratégiákba.
- A helyi megvalósítás összehangolása az európai és nemzeti körforgásos gazdaságra és éghajlatra vonatkozó célokkal.
- Életciklus-elemzés (LCA), életciklus-költségszámítás (LCC) és digitális modellek alkalmazása a döntéshozatal támogatására.

### Digitalizáció és nyomon követés

- Energiagazdálkodási rendszerek bevezetése az energiaáramlások nyomon követése és optimalizálása érdekében.
- Valós idejű nyomon követés és adatelemzés alkalmazása az energiahatékonyság javítása és a veszteségek azonosítása érdekében.
- Digitális eszközök használata az akkumulátorok teljesítményének és degradációjának nyomon követésére.
- Digitális modellek és szimulációk kidolgozása a töltőinfrastruktúra, az energiatárolás és a megújuló energia integrációjának tervezéséhez.
- Az energiaadatok integrálása a szélesebb körű járműpark- és üzemeltetésirányítási rendszerekbe.

### Irányítás és az érdekelt szereplőkkel való együttműködés

- Hosszú távú partnerségek kialakítása a közüzemi szolgáltatókkal, hálózatüzemeltetőkkel és más érdekelt szereplőkkel.
- Az energia- és eszközkezelés egyértelmű szerepeinek és felelősségi köreinek meghatározása.
- A közösségi közlekedési hatóságok, üzemeltetők, beszállítók és kutatóintézetek közötti együttműködés előmozdítása.
- Részvétel támogatása ágazati kezdeményezésekben és tudásmegosztási platformokon.
- Az érdekelt szereplők bevonásának biztosítása az előkészítési és végrehajtási folyamatok során.

### Műszaki és üzemeltetési szempontok

- A megelőző és prediktív karbantartási megközelítések előtérbe helyezése.
- Az infrastruktúra és a járműpark újrafelhasználásának, felújításának és másodlagos (second-life) alkalmazásának támogatása.
- Regeneratív fékezési és energia-visszanyerő rendszerek alkalmazása, ahol releváns. Megújulóenergia-technológiák és energiatároló rendszerek bevezetése. Érett és hatékony energiaellátási megoldások alkalmazása, ahol indokolt.

### Pénzügyi és szervezeti szempontok

- A megújulóenergia- és energiátárolási beruházásokhoz szükséges finanszírozási eszközökhöz való hozzáférés támogatása.
- A közösségi közlekedési hatóságok és üzemeltetők kapacitásépítésének előmozdítása.
- A pilot tevékenységek tanulási környezetként való alkalmazása, támogatva a megoldások szélesebb körű alkalmazását és megvalósítását. Az energiahatékonyság és a körforgásos gazdaság eredményeinek nyomon követése meghatározott mutatók és keretrendszerek segítségével.

## 5. Következtetés

A CE4CE stratégiák és cselekvési tervek bemutatják, hogy a körforgásos gazdaság elvei hogyan támogathatják az erőforrás-hatékonyabb és fenntarthatóbb közösségi közlekedési rendszereket. Az „Elkerülés-Élettartam-meghosszabbítás-Átalakítás-Feltételek megteremtése” (AETE) keretrendszer energiarendszerekre, infrastruktúrára és járműparkra történő alkalmazásával ezek a stratégiai dokumentumok olyan életciklus-szemléletű megközelítést mozdítanak elő, amely a hulladék csökkentésére, az érték megőrzésére és az erőforrás-felhasználás optimalizálására összpontosít..

A stratégiák rámutatnak arra, hogy a közösségi közlekedés körforgásossága a műszaki, szervezeti és irányítási megközelítések ötvözésén múlik. A digitalizációt, az érdekelt szereplők közötti együttműködést, az innovációt, a beszerzési gyakorlatokat és a hosszú távú tervezést olyan fontos előfeltételként mutatják be, amelyek támogatják a körforgásos megoldások megvalósítását és skálázhatóságát.

A CE4CE cselekvési tervek kiemelik a kísérleti projektek, az innovatív megoldások gyakorlati tesztelése és a tudásmegosztás fontosságát is a végrehajtás, a szélesebb körű alkalmazás és az átültethetőség támogatása szempontjából. A gyakorlati tesztelés, az érdekelt szereplők közötti együttműködés, valamint a szilárd stratégiai és tényalapú háttér révén a projektpartnerek olyan cselekvési terveket dolgoztak ki, amelyek hozzájárulnak az akadályok leküzdéséhez és a körforgásos közösségi közlekedési rendszerekre való átállás támogatásához helyi és regionális szinten.

A jövőre nézve a stratégiák alapot nyújtanak a körforgásos gazdaság gyakorlatainak további fejlesztéséhez a közösségi közlekedésben. A folyamatos együttműködés, a kapacitásépítés, a digitalizáció és a körforgásos elvek beépítése a tervezési és beszerzési folyamatokba továbbra is fontos marad a hosszú távú végrehajtás és az európai fenntarthatósági célokkal való összhang támogatása szempontjából.

A stratégiákkal és cselekvési tervekkel, valamint a CE4CE projekt keretében kidolgozott kísérleti projektekkal és megoldásokkal kapcsolatos további részletekért látogasson el a projekt weboldalára: <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>

## 6. Hivatkozások

### A CE4CE projekt eredményei a projekt weboldalán található

- D.2.1.1. eredmény: Jelentés a közösségi közlekedésben keletkező hulladék hő és a megújuló energiaforrások hatékonyabb hasznosítását célzó közös körforgásos stratégia kidolgozásáról
- D.2.2.1. eredmény: Jelentés az infrastruktúra értékének megőrzését és a hulladékképződés csökkentését célzó közös körforgásos stratégia kidolgozásáról.
- D.2.3.1. eredmény: Jelentés a közösségi közlekedési járművek/járműpark értékének megőrzését és a hulladékképződés csökkentését célzó közös körforgásos stratégia kidolgozásáról.
- D.2.1.2. eredmény: Cselekvési terv Maribor, Szlovénia
- D.2.2.2 eredmény - 1. rész: Cselekvési terv a lipcsei közlekedési vállalat számára, Németország
- D.2.2.2 eredmény: - 2. rész Cselekvési terv Gdynia, Lengyelország
- D.2.3.2. eredmény: Cselekvési terv az ATB Mobility számára, Bergamo, Olaszország

### Stratégiai és szabályozási keret

- Az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájáról szóló rendelet (AFIR): [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-sustainable-mobility-europe/alternative-fuels-infrastructure\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-sustainable-mobility-europe/alternative-fuels-infrastructure_en)
- Akkumulátorokról szóló rendelet: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj/eng>
- Bergamo fenntartható energia- és éghajlat-cselekvési terve: <https://www.terraria.com/en/case-studies/secap-of-the-municipality-of-bergamo/>
- Körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési terv: [https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy\\_en?prefLang=de](https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en?prefLang=de)
- A tiszta járművekről szóló irányelv: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1161/oj/eng>
- Energiahatékonysági irányelv: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en)
- Európai Zöld Megállapodás: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF)
- Interreg Alpine Space Degree4Alps: <https://www.alpine-space.eu/project/degree4alps/>
- Interreg Euro-MED: <https://interreg-euro-med.eu/en/>
- Olasz helyreállítási és reziliencia-terv (PNRR): [https://reforms-investments.ec.europa.eu/recovery-and-resilience-facility-1/country-pages/italys-recovery-and-resilience-plan\\_en](https://reforms-investments.ec.europa.eu/recovery-and-resilience-facility-1/country-pages/italys-recovery-and-resilience-plan_en)
- Lengyelország elektromobilitásról és alternatív üzemanyagokról szóló törvénye: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20180000317>
- A megújuló energiáról szóló irányelv: [https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en)
- Felülvizsgált TENT-rendelet: <https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/reviced-ten-t-regulation-adopted-sustainable-and-resilient->

transport-network-bringing-europe-closer-2024-06-25\_en

- Szlovén Ökoalap: <https://www.ekosklad.si/english>
- Intelligens város: Smart City Lab Leipzig - Lipcsei Város
- Gdynia város fejlesztési stratégiája 2030 : strategia rozwoju miasta gdyni 2030\_folder.pdf
- SUMP Bergamo: <https://www.trt.it/en/progetti/sump-of-bergamo/>
- SUMP Gdynia: <https://www.climatehub.si/en/sustainable-mobility-good-practice-1/>
- SUMP Maribor: OCPS-MOM-brosura-05.pdf
- SUMP-ok a Balti-tengeri régió számára: <https://interreg-baltic.eu/project/sumpsforbsr/>
- Maribor önkormányzatának körforgásos gazdaságra való átállási stratégiája 2024-2030: [https://circularcitiesdeclaration.eu/fileadmin/user\\_upload/Materials/SKG\\_MOM\\_2024%E2%80%932030\\_\\_1\\_.pdf](https://circularcitiesdeclaration.eu/fileadmin/user_upload/Materials/SKG_MOM_2024%E2%80%932030__1_.pdf)
- Bergamo éghajlati városi szerződése: <https://netzerocities.app/resource-4432>
- Városi adatplatform: Üdvözljük - Connected Urban Twins

#### Támogató szereplők és szakértők

- CEMIT - Monitoring, információs technológiák és közlekedési rendszerek központja: <https://cemit.com/>
- CI4RAIL - Vasúti rendszerek állapotfelmérési és intelligens elemzési rendszere : <https://www.ci4rail.com/>
- IFTEC GmbH & Co. KG: <https://www.iftec.de/index.html>
- ZENIT GmbH - Észak-Rajna-Vesztfália Innovációs és Technológiai Központ: <https://www.zenit.de/english/>
- PKT Gdynia - Gdynia trolibusz-üzemeltető: <https://pktgdynia.pl/en/firm/>
- ZKM Gdynia - Gdynia közösségi közlekedési hatóság: <https://zkmgdynia.pl/>
- ICLEI Europe - A fenntarthatóságért elkötelezett helyi önkormányzatok európai hálózata: <https://iclei-europe.org/>
- UITP - Nemzetközi közösségi közlekedési szövetség: <https://www.uitp.org/>
- EIT Urban Mobility - Hub East: <https://www.eiturbanmobility.eu/>
- PantoHealth - PANTOhealth: <https://pantohealth.com/>
- Marprom -közösségi közlekedési vállalat, Maribor: <https://www.marprom.si/>
- Public Holdings Maribor - Javni holding Maribor: <https://www.jhmb.si/>
- Energy Agency / ENERGAP - Podravje Energetikai és Klímaügynökség: <https://www.energap.si/homepage>
- Elektro Maribor d.d.: <https://elektro-maribor.si/>
- RRA Podravje-Maribor - Podravje-Maribor Regionális Fejlesztési Ügynökség: <https://rra-podravje.si/>
- Smart City Lab Leipzig - Lipcse városa: <https://www.leipzig.de/leipzig-strategie/digitale-stadt/smart-city-lab-leipzig>
- Connected Urban Twins - Connected Urban Twins / városi adatplatform kezdeményezés: <https://www.connectedurbantwins.de/>

- MR.pro® - MR.pro® Infra adatkezelő szoftver: <https://www.mr-pro.de/en/indexEN.php>
- ZEDAS - ZEDAS GmbH / zedas@asset: <https://www.zedas.com/en/>
- TEB - Tramvie Elettriche Bergamasche: <https://www.teb.bergamo.it/en>
- NetZeroCities - Climate City Contract platform: <https://netzerocities.app/>



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

## CONTACT US

Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH/ Leipzig Public Transport Company

Project coordinator: Mr. Stefan Röll

Email: [CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de](mailto:CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de)

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

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

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

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

