



Interreg
CENTRAL EUROPE



European Union
European Regional
Development Fund

EfficienCE



TRANSZNACIONÁLIS KÉZIKÖNYV A KÖZÖSSÉGI KÖZLEKEDÉSI INFRASTRUKTÚRÁBAN ALKALMAZOTT ENERGIAHATÉKONY TECHNOLÓGIÁK BEVEZETÉSÉHEZ

(3) Energiatárolás a közösségi közlekedési
infrastruktúrában

IMPRINT

Projektszám:

CE1537 EfficienCE Energiahatékonyság Közép-Európa közösségi közlekedési infrastruktúrájában.

Finanszírozó:

Interreg Central Europe (<http://interreg-central.eu/Content.Node/home.html>)

Megvalósítandó feladat címe:

D.T2.3.2 Transnational Handbooks for energy-efficient PT infrastructure technologies deployment
(Transznacionális kézikönyvek a közösségi közlekedési infrastruktúra energiahatékony technológiáinak bevezetéséhez)

Összeállította:

EfficienCE konzorcium

Szerzők:

Anja Seyfert, Gabriele Grea (Redmint Impresa Sociale)

Elrendezés és szerkesztés:

Levent Saran (Rupprecht Consult GmbH)

Dátum:

2022. június

Az EfficienCE projektről

Az EfficienCE az Interreg CENTRAL EUROPE program keretében finanszírozott együttműködési projekt volt, amelynek célja a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése volt a régióban. A legtöbb közép-európai város kiterjedt közösségi közlekedési rendszerrel rendelkezik, amely az alacsony szén-dioxid-kibocsátású mobilitási szolgáltatások alapját képezheti. A régióban az ingázók több mint 63%-a veszi igénybe a közösségi közlekedést. Ezért azok az intézkedések, amelyek az energiahatékonyságot és a megújuló energiaforrások részarányát növelik a közösségi közlekedési infrastruktúrában különösen nagy hatással lehetnek a CO₂-kibocsátás csökkentésére.

Ezt a helyi hatóságok, a közösségi közlekedési hatóságok és az üzemeltetők támogatásával, tervezési stratégiák és cselekvési tervek kidolgozásával, kísérleti intézkedések végrehajtásával, az alacsony szén-dioxid-kibocsátású infrastruktúra tervezéséhez és működtetéséhez szükséges eszközök és képzések kidolgozásával, valamint az energiahatékony intézkedésekkel kapcsolatos ismeretek és legjobb gyakorlatok közép-európai régiók közötti átadásával érték el.

Tizenkét partner, köztük hét ország hét közösségi közlekedési hatósága/vállalkozása dolgozott együtt három éven keresztül, hogy kihozzák a legtöbbet az ágazatban rejlő kiaknázatlan lehetőségeket, és hozzájáruljanak az EU „Fehér Könyvében” megfogalmazott azon célokhoz, hogy 2050-ig 60 százalékkal csökkentsék a közlekedésből származó kibocsátást, és 2030-ig felére csökkentsék a hagyományos üzemanyaggal működő személygépkocsik használatát a városi közlekedésben.

Vezetői összefoglaló.....	5
1. Bevezető.....	6
1.1 Releváns technológiák -----	6
1.2 Energiatárolás és hatékonyság - a kísérleti projektek és a nemzetközi jó gyakorlatok --	8
2. Az EfficienCE használati esetei az energiatarolás és a megújuló energiaforrások integrálása terén	16
2.1 Energiahatékony telephely -----	16
2.2 Lineáris infrastruktúra -----	17
2.3 Intelligens csomópont -----	18
3. Tanulságok és következtetések.....	19
4. Hivatkozások	20

Vezetői összefoglaló



Fotó: Lipcse városa

Az Európai Unió kiemelten fontosnak tartja a közlekedési ágazat megújuló energiaforrásokon alapuló szén-dioxid-mentesítésének felgyorsítását. Az elektromos járművek (EV-k), az üzemanyagcellás elektromos járművek (FCEV-k) és az energiatárolás nagymértékben támogatják ezt az erőfeszítést, ugyanakkor elősegíthetik a közösségi közlekedési infrastruktúra költséghatékonyságát és a hálózat stabilizálását is.

A közösségi közlekedési infrastruktúra szerepe nagymértékben függ attól, hogy mennyire tudja segíteni a villamos energia hatékony felhasználását a hálózatokban, és milyen mértékben támogatja a megújuló energiaforrások (RES) integrálását. Ebben a folyamatban nagyon fontos szerepet játszanak a telephelyeken, állomásokon és megállókban, valamint a közlekedési hálózatokat alkotó vonalak mentén telepített tárolási technológiák.

A közösségi közlekedési infrastruktúrában alkalmazott energiatárolásról szóló EfficienCE kézikönyv meghatározza a közösségi közlekedési infrastruktúrában alkalmazható energiatárolás fő funkcióit és technológiáit, és megvizsgálja azok alkalmazási lehetőségeit mind a projekt kísérleti intézkedései, mind a nemzetközi jó gyakorlatok terén. Az eredményeket három használati esetre vonatkozóan foglalja össze (energiahatékony telephely, intelligens csomópont, lineáris infrastruktúra). Az összefoglaló meghatározza azokat a jellemző adottságokat, amelyekre a közösségi közlekedési infrastruktúra energiahatékonysági teljesítményének javítása érdekében szükség van, és leírja azokat a főbb példaértékű alkalmazásokat, amelyek lehetővé teszik a fokozottabb energiahatékonyságot, a megújuló források nagyobb mértékű integrálását és a közösségi közlekedési infrastruktúra hatékonyabb hozzájárulását a hálózathoz.

A használati esetek célja, hogy rá mutassanak azokra a legfőbb összetevőkre, a várható előnyökre, kihívásokra és akadályokra, amelyeket figyelembe kell venni a tárolási technológiák közösségi közlekedés infrastruktúrájába történő integrációjának tervezésekor, miközben további iránymutatást és kiindulási pontot adnak a projekt keretében elemzett kísérleti programokra és jó gyakorlatokra való közvetlen hivatkozásokkal.

1. Bevezető

A villamosított járművek és infrastruktúra alkalmazása a közösségi közlekedésben jó lehetőséget biztosít arra, hogy a közlekedést szén-dioxid-mentesítsük, bár ugyanakkor a hálózat stabilitásával kapcsolatban műszaki kihívások elé állítja az üzemeltetőket, különösen az integrálandó és hasznosítandó megújuló energiaforrások növekvő részaránya tekintetében.

Az energiatárolás a közösségi közlekedési infrastruktúrában a mindenkor felfeltételektől és igényektől függően többféleképpen működhet.

A fogyasztás optimalizálása - A tárolási technológiák hozzájárulhatnak a keresleti díjak minimalizálásához a csúcsidőszakok és az alacsony keresletű időszakok közötti szükségletek pufferelemével, támogathatják a megújuló energiaforrások integrációját például a fotovoltaiikus erőművekből történő saját fogyasztás maximalizálása érdekében, illetve javíthatják az energiahatékonyt a járművek fékezési energiájának visszanyerésével és újbóli felhasználásával, biztosíthatják a hálózat stabilitását rövid ideig tartó áramkimaradások vagy a frekvencia- és feszültség-ingadozások esetén.

Rendszerüzemeltetés - Az energiatároló rendszerek kiegészítő szolgáltatásokat nyújthatnak a hálózaton a hálózat frekvencia- és feszültségváltozásainak stabilizálása érdekében tett elsődleges válaszként, másodlagos válaszként pedig a terhelés és a termelés közötti kiegyensúlyozatlanság korrigálására, valamint a csúcsterhelés alatti kereslet időszakaiban elegendő termelőkapacitás biztosítása érdekében a csúcserőművek helyettesítésére

Prosumerizmus/A megújuló energiák integrációja - Az energiatárolási technológiák nagyobb mértékben integrálhatják, sőt maximalizálhatják a felhasznált megújuló energiaforrások arányát; a tárolás költségeitől és a javasolt energia-/költségmegtakarításoktól függően szükség lehet más megoldások bevonására is, például arra, hogy a töltőinfrastruktúrát elérhetővé tegyék külső felek számára is, valamint hogy az adott szolgáltató a mobilitás érdekében aktív szereplőjévé váljon a helyi mobilitási energiahálózatoknak (az infrastruktúra többcélú felhasználásra alkalmas csatlakozások stb.); Rendelkezésre álló tárolókapacitásokkal rendelkező prosumerként az energiaarbitrázst is ki lehet aknázni, és így az ilyen szolgáltatók hasznot termelhetnek azáltal, hogy az alacsony áron megvásárolt energiát magas áras időszakokban eladják.

1.1 Releváns technológiák

Az elemzéshez és a kézikönyvben leírt használati esetek áttekintése érdekében a közösségi közlekedésben való felhasználás szempontjából legfontosabb tárolási technológiákat választottuk ki. A technológiák teljesítménykapacitásban, energiasűrűségben és kisütési időben térnek el egymástól (1. ábra), és ezért a közösségi közlekedésben különböző mértékben használhatók fel, különböző funkciókkal és alkalmazási területekkel rendelkeznek.

Technology	Várható előnyök	Lehetséges technikai akadályok	Lehetséges szabályozási akadályok
Li-ion-os akkumulátorok	nagy energiasűrűség, alacsony önkisülés	degradáció, hőmérséklet-érzékenység, biztonsági előírások	a második életciklusú újrafelhasználás
Második életciklusú akkumulátorok	az akkumulátorok élettartamának meghosszabbítása	hiányzó szabványosítás, a fennmaradó kapacitás és a töltés tekintetében is	nincs szabályozási keret, költségvetési szabályok, energiaadók
Szuperkondenzátor	nincs kapacitásvesztés, hosszú élettartam, nagyon rövid töltési idő, magas feszültség	magas beruházási költségek, alacsony energiasűrűség, nagy és nehéz rendszerek nagy teljesítmény érdekében	n.a.
Lendkerekek	nincs kapacitásvesztés, hosszú élettartam, rövid töltési idő, magas feszültség, utólagos felszerelés	magas beruházási költségek, alacsony energiasűrűség	esetleges biztonsági előírások

2. ábra: Tárolási technológiák, előnyök és akadályok (EfficienCE, 2021)

1.2 Energiatárolás és EfficienCE - a kísérleti programok és a nemzetközi jó gyakorlatok

Ebben a részben bemutatjuk az EfficienCE kísérleti programokat és jó gyakorlatokat, különböző technológiai kategóriák (akkumulátorok, lendkerekek, szuperkondenzátorok), valamint a helyhez kötött és a fedélzeti rendszerek vonatkozásában. A következő táblázat a funkcionalitás kategóriáját (fogyasztás optimalizálás - rendszerüzemeltetés), valamint a fő érintett energiaforrást mutatja.

	Akkumulátor	Lendkerék	Szuperkondenzátor	Helyhez kötött	Fedélzeti	A rendszer működése	Fogyasztás optimalizálása	A megújuló energiaforrások integrálása	Fékenergia visszanyerése
London (Egyesült Királyság) Bus2Grid	V2G				x	x		x	
London (Egyesült Királyság) Walworth telephely	x			x		x	x		
Solingen (DE) Intelligens trolibuszrendszer	x			x	x		x	x	x
Hannover (DE) Egyenirányító állomás	2ND LIFE			x			x		x
Hamburg (DE) villamosítása	x				x		x	x	
Madrid (ES) eLobster projekt	x			x		x			x
Los Angeles (US) Metro WESS		x		x			x		x
Graz (AT) FlyGrid kutatási projekt									
Huai'an, Jiangsu (CN) Szuperkondenzátorok a közösségi közlekedésben			x		x		x		x
Varsó (PL) Szuperkondenzátoros villamosok			x		x	x	x		x
La Spezia (IT) Smartbus			x		x		x		x
Nizza (FR) Kettős üzemmódú villamosvasút			x		x		x		x
Gdynia (PL)*	2ND LIFE						x	x	x
Pilsen (CZ)*	x			x		x			
Bécs (AT)*				x			x	x	

3. ábra: A kísérleti programok és a jó gyakorlatok besorolása (EfficienCE, 2022)

1.2.1. Az EfficienCE kísérleti programok

Ezek a példák, bár különböző konkrét célokat tűztek ki (a szünetenergia visszanyerése, a töltőinfrastruktúra többcélú felhasználása, energiapufferelés a trolibuszhálózatokban), abban megegyeznek, hogy a tárolási technológiát alkalmazzák a telephelyeken, a vonalak mentén, az állomásokon.

Maribor (SI) - Az állami infrastruktúra többcélú használata e-buszok töltésére

A maribori kísérleti program célja az volt, hogy a meglévő kötélvasúti állomáson és a vasútállomáson található többcélú töltőberendezésekben e-busz-gyorstöltőket telepítsenek. A többcélú töltési infrastruktúrát az autóbuszvonalak végállomásainál helyezik el.

Az elemzett útvonalra a területi tervezési, műszaki megvalósíthatósági és gazdaságossági elemzések alapján meghatározott megoldás két gyorstöltő (150 kW és 300 kW) telepítését, valamint két egyenként 12 méteres, 73 kWh-s lítium-titán-oxid akkumulátorral felszerelt elektromos busz beszerzését irányozza elő.

A kötélvasúti állomás esetében a korszerűsítés magában foglalja a meglévő közösségi közlekedési infrastruktúra többcélú használatára szolgáló gyorstöltő integrálását. A kötélvasúti állomásnak a kötélvasút működéséhez használt energiája az e-busz és az e-autók töltésére is felhasználható. Az állomás kapacitása 630 kVA, és a jelenlegi terheléssel és a tervezett töltőállomások egyenkénti kapacitásával számolva 230 kVA elegendő lenne két töltőállomás kiépítéséhez.



4. ábra: Gyorstöltő az e-buszok számára a kötélvasút-állomáson (Maribor önkormányzata)

Pilsen (CZ) - Puffertároló-állomás a trolihálózatban az energiahatékonyság érdekében

A nagyszámú menet közbeni töltést alkalmazó trolibusz használata nagyobb villamosenergia-fogyasztást eredményez azokon a szakaszokon, ahol a járművek mozognak és töltődnek (eddig 8 db csuklós és 22 db 12 méteres akkumulátoros jármű), ami nagyobb terhelésnél feszültségcsökkenést okozhat, és ezért rövid távú hálózati meghibásodásokat vagy a trolibusz meghajtóegységének azonnali meghibásodását okozhatja.

Az új állomás építésével vagy a kábelek megerősítésével járó magas beruházási költségek és a hosszan elnyúló előkészületek elkerülése érdekében a közösségi közlekedési szolgáltató lehetséges műszaki megoldásként egy puffertároló-állomás telepítését jelölte meg a vonal mentén.

A kiválasztott nagy teljesítményű akkumulátorokon és intelligens számítógépes vezérlésen alapuló puffertároló-állomás, valamint a galvanikusan leválasztott vontatási hajtómű (DC 600 V / DC 600 V) biztosítja a biztonságos és megbízható energiaátvitelt a vontatáshoz és a vontatásból.

A lehetséges jövőbeli fejlesztések között szerepel nagy kapacitású akkumulátorok (és használt akkumulátorok) használata és/vagy egy kis napelemes erőmű integrálása a helyszíni energiaellátás biztosítása érdekében.



5. ábra: [Akkumulátoros puffertároló-állomás Pilsenben](#)(PMDP)

Gdynia (PL) - Visszanyert fékezési energia és megújuló energiaforrások felhasználása a trolibusztelephely épületének energiaellátására, valamint vontatási ellátórendszer alkalmazása elektromos autók töltésére

A gdyniai kísérleti program több technológiai alkalmazást egyszerre telepített a trolibusztelephely épületén belüli energiaforrások optimalizálása érdekében.

A telephely tetején egy 0,5 MW-os napelemes erőmű található, amely évente körülbelül 450 MWh energiát termel, amelyet közvetlenül a trolibuszhálózatba táplál (a teljes felhasználás 5%-a). Ezenkívül a buszok fékezési energiája egy energiainverternek köszönhetően visszanyerhető, amely lehetővé teszi, hogy az egyébként elpazarolt energiát közvetlenül az épület energiarendszerébe táplálják.

A készülék a vontatási hálózat energiafogyasztásának szintjét is felügyeli, észleli a fel nem használt energiát, és mindenre kiterjedően ellenőrzi a járműtelep épületének energiafogyasztását, továbbfejlesztve a már meglévő energiafigyelő rendszert (EMS).

Az inverterrendszer innovatív energiátároló rendszerrel rendelkezik, amely képes tárolni a visszanyert, fel nem használt rekuperációs energiát, ha nincs terhelés a váltakozó áramú kimeneten. Erre a célra egy trolibusz vontatási akkumulátorából származó akkumulátormodult használnak (második életciklusú alkalmazás).

A Gdynia városa által a CAR (Creating Automotive Renewal - INTERREG South Baltic) projekt részeként felállított, elektromos autók számára szánt mobil töltőállomás, amely különböző teljesítmény- és elektromos áramtartományokban történő töltést tesz lehetővé, a város bármely pontján csatlakoztatható a trolibuszvontatási hálózathoz, és így a két projekt összeköthető.

A kombinált rendszer előnyei a hagyományos megoldásokkal szemben a következők:

- az állomás csatlakoztatása nem jár további telepítési költségekkel, és lerövidíti a beruházás időtartamát
- a kivitelezéssel kapcsolatosan nincs hosszú hivatalos folyamat,
- a vontatási hálózat kiterjedt térbeli hatósugarával és széleskörű hozzáférhetőségével lehetővé teszi a töltőállomás telepítését ott is, ahol a váltakozó áramú hálózathoz való csatlakozás - például építési munkálatok miatt - problémát jelent.



6. ábra: Mobil töltőállomás a trolibuszhálózatról (PKT) táplált elektromos autók számára

A gdyniai kísérleti program keretében egy elektromos járművek számára készült mobil töltőt csatlakoztattak annak ellenőrzésére, hogy hogyan befolyásolja az elektromos autók töltése a hálózat stabilitását, paramétereit vagy a trolibuszok menetrendszerű vonalüzemét.

Bécs (AT) - Metróállomásra telepített napelemes rendszer az épület segédberendezéseinek megújuló energiaforrásokkal való ellátására

A Wiener Linien GmbH & Co KG az Ottakring metróállomáson tesztelt egy új típusú fóliás fotovoltaikus rendszert, amelynek súlya ötöde a hagyományos fotovoltaikus rendszerek súlyának, és ennek köszönhetően olyan meglévő állomásokra is telepíthető volt, amelyek a hagyományos napelemes rendszerek többletsúlyát nem bírják el.

Egy másik különlegesség az egyenáramú (DC) vasúti rendszer és a fotovoltaikus energiatermelés párhuzamos üzemeltetése volt, amelyhez a kiválasztott fotovoltaikus moduloknak különleges műszaki követelményeknek kellett megfelelniük (és további költségekkel kellett szembesünniük).



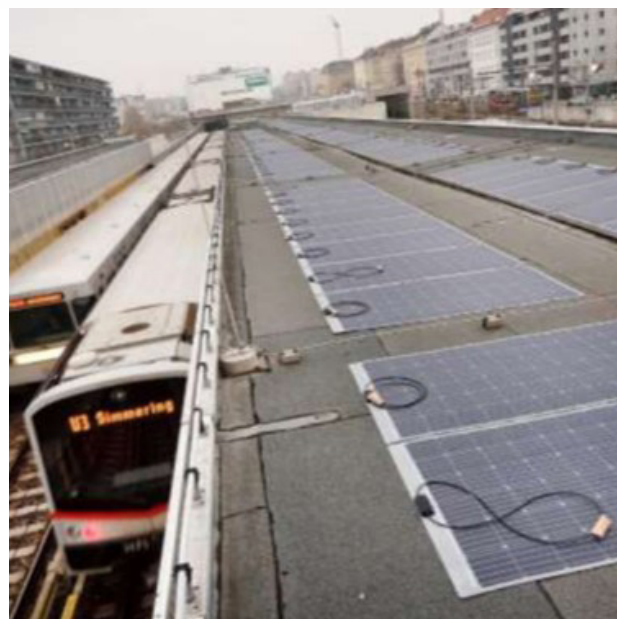
7. ábra: Megnyitó rendezvény a helyi hatóságokkal, 2019. november (Wiener Linien)



Fotó: Lipcse városa

Az egyik legnagyobb kihívás a műszaki berendezések, például a frekvenciaváltó állomáson belül megfelelő helyen történő elhelyezése volt, valamint az, hogy a kábelvezetést úgy megtervezzék, hogy a műszaki helyiség és a kisfeszültségű főelosztó helyiség közötti távolság a lehető legrövidebb legyen. A PV-modulok a tetőre vannak ragasztva, a kábelek pedig egy csatornában futnak. Miután a kisfeszültségű főelosztót összekötötték a műszaki helyiséggel, a mérésre szolgáló elemeket végül az áramellátó kapcsolónál helyezték el.

Műszaki adatok: A fotovoltaikus erőmű 360 négyzetméteres, névleges teljesítménye 60,3 kWp, éves teljesítménye pedig körülbelül 60 000 kWh, ami a teljes metróállomás (beleértve a metrószerelvények parkolócsarnokát is) éves energiafogyasztásának 6%-át fedezi. Az elért havi maximális energiarészesedés a fogyasztás 13%-a volt, egy napos nyári napon az állomás energiaigényének akár 50%-át is fedezi a napelemes rendszer. A méréseket 15 perces időközönként végzik. Mérőberendezésként a Siemens PAC 3200 készüléket használják, és a kapott adatokat automatikusan továbbítják az energiaszabályozó rendszerbe.



8. ábra: PV-fóliák a metróállomás tetején (Wiener Linien)

3200 készüléket használják, és a kapott adatokat

1.2.2. Energiatárolási alkalmazások a közösségi közlekedési infrastruktúrában – jó gyakorlatok

Ebben a pontban bemutatjuk a közösségi közlekedési infrastruktúrában alkalmazott energiatárolási alkalmazásokkal kapcsolatos jó gyakorlatokat, egyes esetekben a már áttekintett megközelítéseket olyan funkciókkal integrálva, mint a V2G (járműről a hálózatra), út menti energia-visszanyerő rendszerek, megújuló energiák integrálása.

London - Bus2Grid

A Bus2Grid egy nagyra törő projektre utal, amely 28 db emeletes autóbust csatlakoztat a hálózathoz, hogy V2G-teszteket végezzen. A 382 kWh kapacitású lítium-vas-foszfát akkumulátorokkal felszerelt buszok alacsony igénybevétel esetén éjszakánként töltődnek, és magas igénybevétel esetén 1,1 MW-ot képesek visszatáplálni a londoni hálózatba, hogy kiegyenlítő szolgáltatásokat nyújtsanak.

A telephely 2 db 40 kW-os fedélzeti töltővel, valamint mobil kisütőberendezéssel ellátott váltakozóáramú töltőberendezéssel van felszerelve. Nagyon fontos: a legtöbb V2G-projekt egyenáramú (CHAdeMO) töltést használ, ezért csak a töltőpontot és a hozzá tartozó invertert - amely nem mozog - kell tanúsítvánnyal ellátni, nem pedig a járművet. Természetesen az infrastruktúra költségei alacsonyabbak.

Abellio London, Walworth telephely

Az Abellio 34 elektromos busz telepítését tervezte a TfL járataihoz a walworth-i járműtelepről. Szükségük volt az akkumulátorok finanszírozására és a töltési infrastruktúra szolgáltatásaira, valamint egy megoldásra a korlátozott hálózati importkapacitás és a helyszűke tekintetében. A Zenobē finanszírozta a 34 e-busz akkumulátorát egy menedzselt szolgáltatással, és telepített egy helyhez kötött akkumulátort, amely az e-buszok csúcsidőszakokban történő töltése során támogatja a hálózatot. Az akkumulátor, amely napközben szolgáltatásokat nyújt a National Grid számára, további bevételt termel és csökkenti az Abellio díjait. A töltőinfrastruktúra több egyenáramú töltőt tartalmaz, amelyek a >80 kW-os töltési teljesítményű járművek töltésére alkalmasak, az energiafelhasználást pedig a Zenobē saját fejlesztésű szoftvere felügyeli. Gazdasági szempontból ez egy egyedülálló megközelítés, amely azt mutatja, hogy a közlekedési infrastruktúrához kapcsolt akkumulátortároló érdekes üzleti esetté válhat, ha olyan szakosodott harmadik felekkel lépünk kapcsolatba, mint a Zenobē.



9. ábra: [Abellio londoni busztelephely](#) (Zenobē)

Solingen - BOB projekt

A BOB része az intelligens trolibuszrendszernek és a meglévő felsővezeték-hálózat olyan intelligens infrastruktúrává történő továbbfejlesztésének, amely szervesen illeszkedik a város elektromos hálózatába. A felsővezetéki hálózat a közép feszültségű hálózathoz van csatlakoztatva, és a fékenergia visszatáplálható. A felsővezeték mentén elhelyezett fotovoltaikus rendszerek veszteség nélkül közvetlenül a hálózatba táplálhatnak. Az állomásokba telepített akkumulátorok tárolni és szükség esetén szállítani is tudják a villamos energiát. A rendszerbe elektromos autókat kiszolgáló töltőpontokat integráltak.



10. ábra: <https://www.bob-solingen.de/>

Hannover - egyenirányító állomás második életciklusú akkumulátorokkal

Hannoverben húsz darab második életciklusú buszakkumulátor-rendszer mintegy 500 kWh kapacitással csatlakozik az új egyenirányító állomáshoz, ezek látják el az ÜSTRA Hannoversche Verkehrsbetriebe AG által üzemeltetett elektromos buszokat és villamosokat. Az energiatároló egységek pufferként biztosítják a hálózat stabilitását oly módon, hogy lehetővé teszik a visszanyert energia hatékony felhasználását, különösen azáltal, hogy kompenzálják a terheléscsúcsokat, továbbá támogatást nyújtanak áramkimaradás esetén, és hogy az nyilvános töltőinfrastruktúrát elektromos energiával látják el.



11. ábra: [Sustainable Bus](#)

Hamburg villamosítása

A hamburgi Alsterdorf telephelyen a hat parkolóházból kettőt felszereltek az e-buszok töltésére szolgáló intelligens infrastruktúrával, amely 96 töltőpontot és 240 parkolóhelyet foglal magában.

A töltési koncepció moduláris és ezért skálázható, az áramellátás egy alállomáson keresztül a hamburgi elektromos hálózathoz csatlakozik. A moduláris szabványos transzformátorok (1600 KVA) akár 16 busz áramellátását is biztosítani tudják.

A buszok éjszakai töltése buszonként legfeljebb 150 kW-os maximális töltési kapacitással és 4-5 órás átlagos töltési idővel történik, a megtermelt szélenergiából fennmaradó többletet is felhasználva, ami fokozza a megújuló energiaforrások hálózati integrációját.



12. ábra: Forrás: © INIT | Ulrike Kabel

Madrid - eLobster (H2020)

Az eLobster projekt célja a könnyűvasúti infrastruktúra és a villamosenergia-elosztó hálózatok közötti együttműködés javítása, a villamosenergia-veszteségek csökkentése és a hálózat stabilitásának növelése, különösen olyan forgatókönyvek esetén, amikor lehetőség van a megújuló energiák nagymértékű integrációjára.

A megoldás egy integrált vasúti és hálózati irányítási rendszeren alapul, amely az energiaveszteségek valós idejű elemzéséből kiindulva képes lesz optimalizálni a hálózatok közötti villamosenergia-cserét, maximalizálva a megújuló forrásokból származó helyi önfogyasztást.



Fotó: Lípce városa

Az E-LOBSTER bemutatóhelye a madridi metró, mivel annak földalatti vasútja egy olyan helyi energiaelosztó hálózathoz kapcsolódik, amelyhez a megújuló energiaforrások nagy arányban hozzájárulnak.

Los Angeles, Egyesült Államok - Way Side Energy Storage System (WESS)

A Way Side Energy Storage System (WESS) projekt a VYCON REGEN lendkerék-alapú rendszerét integrálta a piros és lila vonal vontatásienergia-alállomásába (TPSS) a Westlake/McArthur Park állomáson.

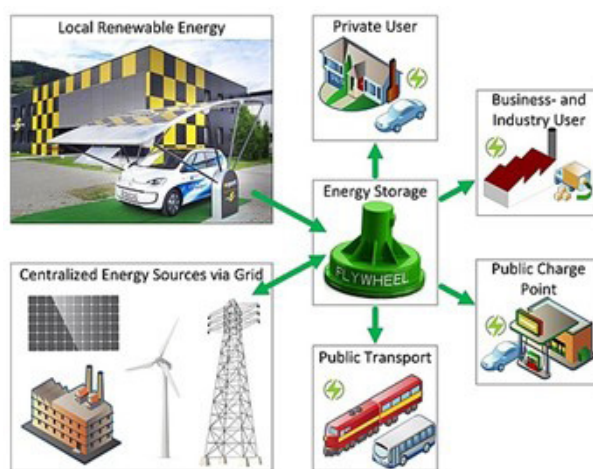
A rendszer összegyűjti a metrók fékezési energiáját a kanyarokban vagy a WESS TPSS közelében lévő személypályaudvarra való behajtáskor, tárolja ezt az energiát, majd leadja annak a következő vonatnak, amelynek szüksége van rá. Ezzel csökkenti a csúcsteljesítményigényt, és 10-18%-kal csökkenti a vontatási energiát. A rendszer 2014 augusztusa óta napi teljes üzemben működik. Becslések szerint az éves megtakarítás mintegy 541 MWh, ami 100 átlagos kaliforniai otthon energiaellátásának felel meg.



13. ábra: Copyright © 2022 | Metro - Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority [The Source](#), írta: Dave Sotero, 2014. október 3.

"FlyGrid" kutatási projekt, Ausztia

A FESS-t egy teljesen automatizált EV-töltőállomáshoz fejlesztették ki. A FESS kisfeszültségű elosztóhálózatban elérhetővé tesz a nagy töltési teljesítmény, miközben stabilizálja a hálózatot. A rendszer alkalmas a helyi megújuló energiaforrások befogadására, és ezzel hozzájárul a tiszta energia arányának növeléséhez a villamosenergia-mixben. A FlyGrid koncepció további jellemzői az energiatároló-eszköz kiváló élettartama, a nagy teljesítmény hálózatba történő visszatáplálásának képessége, valamint a könnyű szállíthatóság mobil „gyorstöltő-doboz” formájában (elektromos építőipari gépek vagy hasonló gépek számára). A prototípus egyik modulját referenciaesetként használják majd, amely 100 kW csúcsteljesítmény mellett 5 kWh-t szolgáltat. (Haidl et al. 2019).



14. ábra: [TU Graz](#)

Huaj'an, Csiangszu: A szuperkondenzátor technológia vezető szerepet játszik a közösségi közlekedésben

A szuperkondenzátorokat a közösségi közlekedésben elsősorban a járműveken alkalmazzák.

Huaj'anban a szuperkondenzátorokat használó elektromos villamos 20 km hosszú útvonalon fut és 23 megállója van, ezzel a világ leghosszabb ilyen villamosvonala.

A szuperkondenzátoros technológia nagyon rövid, 30 másodperc körüli feltöltési idejével és hosszú élettartamával a személygépkocsik 30%-át helyettesíti, és 7 millió utast szállít egy igen forgalmas területen, ezzel pedig évente 4900 tonna CO₂-kibocsátást takarít meg.

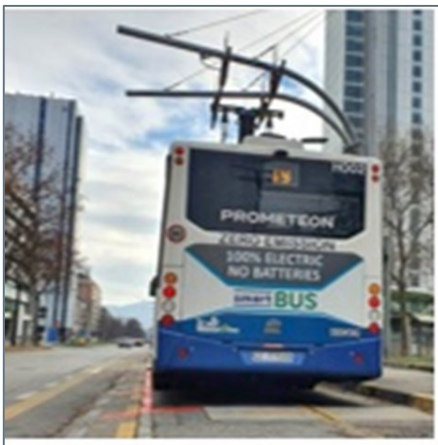
Varsó



15. ábra: sustainable-bus.com/

Hasonló megközelítést alkalmaztak Varsóban is, ahol a Skeleton Technologies által Észtországban gyártott ultrakondenzációs rendszerek visszanyerik a fékezési energiát, és gyorsításkor újra felhasználják azt, jelentősen csökkentve a teljes energiafogyasztást, valamint a varsói hálózati infrastruktúrát stabilizáló teljesítménycsúcsokat, és ezáltal jelentősen növelik az energiahatékonyságot. A szuperkondenzátorok 1 millió töltési ciklussal a li-ion akkumulátorokhoz képest technikailag fejlettebb megoldást jelentenek bizonyos alkalmazások esetén.

La Spezia (IT) SmartBUS



16. ábra: [sustainable bus](https://sustainable-bus.com/)

La Speziában ultrakondenzátorokkal (32 kWh) felszerelt buszokat teszteltek egy 17 km hosszú vonalon, ahol a buszvégállomáson egy 150 kW-os AC/DC töltőállomás van. A SmartBUS töltési ideje 5-7 perc. Az innováció elsősorban az autóbusz csökkentett súlyában és méretében, valamint a fékeenergia akár 40 %-os visszanyerésének lehetőségében rejlik.

Az E-CO, a Chariot, a Prometeon és a Politecnico Milano közös vállalkozása bebizonyította, hogy a SmartBUS modellekben (8, 12 és 18 méteres) az akkumulátorok helyett használt különböző kapacitású ultrakondenzátorok több mint 40 km-es távolságot tesznek lehetővé egyetlen feltöltéssel.

2. Az EfficienCE használati esetei az energiatárolás és a megújuló energia integrálása terén

Ebben a fejezetben három releváns használati esetet mutatunk be a funkcionalitások és technológiák elemzése, valamint az előző fejezetekben áttekintett jó gyakorlatok alapján. Az esetek a) az energiahatékony telephely, b) az intelligens csomópont és c) a lineáris infrastruktúra, ahol az energiatárolási technológiák telepítése lehetővé teszi a megújuló energiaforrások integrálását és a rendszer működésének támogatását. A három használati eset lefedi a közösségi közlekedési infrastruktúra energiahatékonsági teljesítményének növelése érdekében kialakítandó tipikus adottságokat.

	Energiahatékony telephely	Intelligens csomópont	Lineáris infrastruktúra
London (Egyesült Királyság) Bus2Grid	x		
London (Egyesült Királyság) Walworth telephely	x		
Solingen (DE) Intelligens trolibuszrendszer			x
Hannover (DE) Egyenirányító állomás			x
Hamburg (DE) villamosítása	x		
Madrid (ES) eLobster projekt		x	
Los Angeles (US) Metro WESS		x	
Graz (AT) FlyGrid kutatási projekt		x	
Huai'an, Jiangsu (CN) Szuperkondenzátorok a közösségi közlekedésben			x
Varsó (PL) Szuperkondenzátoros villamosok			x
La Spezia (IT) Smartbus			x
Maribor (SI)* Az állami infrastruktúra többcélú használata		x	
Gdynia (PL)* Visszanyert fékenergia és megújuló energiaforrások	x	x	x
Pilsen (CZ)* Puffertároló-állomás a trolihálózatban			x
Bécs (AT)* Metróállomásra telepített napelemes rendszer	x	x	

*EfficienCE kísérleti programok

19. ábra: Kísérleti programok, nemzetközi jó gyakorlatok és használati esetek (EfficienCE, 2022)

A keret alapját Bergamo városa adja, ahol a SUMP megvalósítása a közlekedési hálózat egyik fontos mobilitási csomópontjának felújítását, új villamospálya- és eBRT-vonalak építését, valamint az elektromos járművek többcélú töltőhálózatának fejlesztését foglalja magában.

Bergamo, ahol az EfficienCE projekt keretében intézkedési tervet dolgoznak ki a megújuló energiák és a tárolórendszerek közösségi közlekedési infrastruktúrába történő jobb integrációjára, megfelelő alapot jelent, amely modellként szolgál a tárolólétesítmények különböző célokra és különböző típusú infrastruktúrákhoz történő elosztására.

2.1 Energiahatékony telephely

A használati eset a (felújított vagy újonnan tervezett) közösségi közlekedési telephelyek energetikai teljesítményének javítását helyezi középpontba, az esetlegesen rendelkezésre álló megújuló energiaforrások (például fékezés) jobb felhasználása, valamint a hatékonyabb fogyasztás, továbbá az energiaautonómiához és a hálózathoz való hozzájárulás (pl. Bus to Grid) révén.

Egy energiahatékony telephely tervezése az érdekeltek széles körét érinti, így a helyi hatóságokat, közösségi közlekedési szolgáltatókat és más szolgáltatókat (pl. e-autómegosztók), az energiaellátásért felelős TSO-k és DSO-k, valamint a lakosok is érintettek lehetnek.

A használati esetek körülményeinek megfelelően a telephelyek tároláson alapuló energiahatékonysági megoldásainak tervezése és megvalósítása elsősorban akkumulátortárolókon alapul (új és második életciklusú akkumulátorokon), és a beruházások része a napelemes rendszerek és más megújuló energiatermelő megoldások, töltőberendezések (V2G is), felügyeleti rendszerek stb.

A legfontosabb várható hatások a saját termelésen keresztül megvalósuló nagyobb energiahatékonysághoz és a veszteségek csökkentéséhez, a megújuló energiaforrások fokozott integrációjához, valamint a kapcsolódó környezeti és gazdasági előnyökhöz kapcsolódnak.

Kihívások/akadályok

Az energiatakarékos raktárak tárolási megoldásainak megvalósítása során különböző nagyságrendű kihívásokkal és bizonyos esetekben akadályokkal kell esetlegesen szembenézni, különösen ami a V2G és az energiaelosztás szabályozási környezetét, valamint a szükséges beruházások költségeinek és előnyeinek felmérését illeti. Ezen túlmenően a társadalmi elfogadottság is lényeges elem, amelyet figyelembe kell venni az új infrastruktúra tervezésekor a sűrűn lakott területeken, és a tárolással és a V2G-vel kapcsolatos kihívások olyan előnyökkel is járhatnak, amelyeket figyelembe kell venni.

Hivatkozások:

London (Egyesült Királyság) Bus2Grid
London (Egyesült Királyság) Walworth telephely
Hamburg (DE) villamosítása
Gdynia (PL)* Visszanyert fékenenergia és megújuló energiaforrások
Pilsen (CZ)* Puffertároló-állomás a trolihálózatban
Bécs (AT)* Metróállomásra telepített napelemes rendszer

2.2 Lineáris infrastruktúra

Ez a használati eset a tárolási technológiák lehetséges alkalmazásait vizsgálja a lineáris infrastruktúrában, elsősorban a hálózat támogatása és kiegyensúlyozása céljából, figyelembe véve mind a helyhez kötött, mind a menet közbeni megközelítéseket.

Az olyan alkalmazásokat, mint a helyhez kötött és menet közben töltődő akkumulátorok, valamint a lendkerekek és a szuperkondenzátorok, figyelembe kell venni akkor, amikor a tárolási technológiák alkalmazásával a hálózat számára elérhető előnyök körét, valamint az ilyen technológiák előnyeit és korlátait vizsgáljuk.

Az érdekelt felek mind a mobilitás (közösségi közlekedési szolgáltatók és más szolgáltatók), mind az energia (átviteli rendszerüzemeltetők és elosztórendszer-üzemeltetők) tekintetében elsősorban a műszaki oldalon kerülnek bevonásra.

A legfontosabb várható hatások a hálózat támogatásával kapcsolatosak, ezzel biztosítható, hogy gazdaságilag életképes megoldások révén javuljon a működési hatékonyság, és ezáltal javuljon az infrastruktúra környezeti és gazdasági teljesítménye. Az alkalmazási terület a meglévő vagy kialakítandó infrastruktúra típusától függően változik: ezért a hivatkozásokban trolibusz, autóbusz és villamos példák szerepelnek.

Kihívások/akadályok

A tárolási megoldások lineáris infrastruktúrában történő megvalósítása során különösen a szükséges beruházásokhoz kapcsolódó gazdasági kihívásokkal kell szembenézni, ez azonban lehetőséget jelenthet a hálózatra vonatkozó beruházások elhalasztására és a hálózat stabilizálására szolgáló rugalmasabb megoldások kidolgozására. Bizonyos esetekben a különböző technológiai alkalmazások esetén specifikus szabályozási akadályok merülhetnek fel (pl. a lendkerekekre vonatkozó biztonsági előírások).

Hivatkozások:

Solingen (DE) Intelligens trolibuszrendszer
Hannover (DE) Egyenirányító állomás
Huai'an, Jiangsu (CN) Szuperkondenzátorok a közösségi közlekedésben
Varsó (PL) Szuperkondenzátoros villamosok
La Spezia (IT) Smartbus
Gdynia (PL)* Visszanyert fékenergia és megújuló energiaforrások
Pilsen (CZ)* Puffertároló-állomás a trolihálózatban

2.3 Intelligens csomópont

Az utolsó használati eset középpontjában egy intelligens csomópont kialakítására áll, például egy állomás, megálló vagy multimodális csomópont, ahol a megújuló források hatékony felhasználása, valamint a töltőinfrastruktúra többcélú felhasználása érdekében tárolóeszközöket lehet alkalmazni. Különböző megközelítések jöhetnek szóba, az infrastruktúra energiahatékonyságának és teljesítményének pusztán javításától kezdve egészen addig, hogy a járművek és a termelés aktívan hozzájárul a hálózat stabilitásához.

Az érdekelt felek mind a mobilitás (közösségi közlekedési szolgáltatók és más szolgáltatók), mind az energia (átviteli rendszerüzemeltetők és elosztórendszer-üzemeltetők) tekintetében elsősorban a műszaki oldalon kerülnek bevonásra.

Az intelligens csomópontok tároláson alapuló megoldásainak kiválasztása során számos technológiai lehetőség - többek között akkumulátorokat, lendkerekeket és szuperkondenzátorokat - is felmerülhet, ezért a csomópontok és rendszerek jellemzői alapján mérjük fel a bennük rejlő lehetőségeket.

A legfontosabb várható hatások a megújuló energiaforrások integrálásával, a hálózat támogatásával és az energiahatékonysággal kapcsolatos, ezzel biztosítható a működési hatékonyság javítása és ezáltal az infrastruktúra környezeti és gazdasági teljesítményének javítása. Az alkalmazások hatékonyságának és gazdasági fenntarthatóságának garantálásához elengedhetetlen, hogy meghatározzuk a tárolási és megújulóenergia-technológiák csomóponti szintű integrációjának megfelelő mértékét, figyelembe véve a különböző (lineáris és csomóponti) infrastruktúrák egymás mellettségét és kölcsönhatásait.

Kihívások/akadályok

Az intelligens csomópontok tárolási megoldásainak megvalósítása a különböző rendszerek összetettsége és kölcsönhatásai miatt különösen nagy kihívások és technikai akadályok elé állíthatja a szolgáltatókat. Különösen a többcélú töltési rendszerek és a különböző szolgáltatások közötti energiaátadás megvalósítása igényelhet mélyreható szabályozási és üzleti modellelemzéseket.

Hivatkozások:

Madrid (ES) eLobster projekt
Los Angeles (US) Metro WESS
Graz (AT) FlyGrid kutatási projekt
Maribor (SI)* Az állami infrastruktúra többcélú használata
Gdynia (PL)* Visszanyert fékenergia és megújuló energiaforrások
Bécs (AT)* Metróállomásra telepített napelemes rendszer

3. Tanulságok és következtetések

Az energiatakarékos telephelyek, az intelligens csomópontok és a közösségi közlekedés lineáris infrastruktúrájának kombinációja rávilágít a mobilitás és az energiahálózat közötti kapcsolat optimalizálásának területén az innovatív megoldások fejlesztésében rejlő lehetőségekre.

A vizsgálat hatékony telephelyet érintő egyik tanulsága az, hogy a megújuló energiaforrásokon alapuló infrastruktúra nagyságrendje döntő fontosságú a tárolási alkalmazások lehetőségének meghatározása szempontjából. Érdekes lenne például megvizsgálni, milyen szerepet játszhat a közcélú villamos hálózat a különböző megújuló energiaforrások kerületi szintű gyűjtőjeként, ha az energia áramlásának újrafelhasználását hatékonyra és gazdaságilag működőképesre akarjuk tenni.

A lineáris infrastruktúrában használt tárolás alkalmazása a megújuló energiaforrások integrációja szempontjából elhanyagolhatónak tekinthető, de jó és rugalmas megoldási lehetőséget biztosít a kiegészítő funkciók, például a feszültség szabályozás esetében. Ezen túlmenően a tárolólétesítmény használata bizonyos esetekben lehetőséget adhat a hálózaton végzett beruházások elhalasztására.

Az intelligens csomópontok használati esetének legfőbb tanulsága megerősíti a korábbi megállapításokat: a tervezési folyamat során figyelembe kell venni a különböző rendszerek összetettségét és a közöttük fennálló kölcsönhatásokat; különösen a többcélú töltőrendszerek megvalósítása és a különböző szolgáltatások közötti energiacsere igényelhet mélyreható szabályozási és üzleti modellelemzéseket.

4. Hivatkozások

Ahmad Arabkoohsar, Meisam Sadi, 2021: Flywheel energy storage, in Mechanical Energy Storage Technologies, (<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/gyrobus>)

BloombergNEF, 2020: Battery Price Survey <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/>

Jimena Castro-Gutiérrez, Alain Celzard és Vanessa Fierro, 2020: Energy Storage in Supercapacitors: Focus on Tannin-Derived Carbon Electrodes, *Front. Mater.*, 2020. július 22. <https://doi.org/10.3389/fmats.2020.00217>

Circular Energy Storage, research and consulting, 2021: Prices for used batteries are higher than for new batteries - this is why <https://circularenergystorage.com/articles/2021/1/15/prices-for-used-batteries-are-higher-than-for-new-batteries-this-is-why>

Circular Energy Storage, research and consulting, 2021: The lithium-ion battery life cycle report <https://static1.squarespace.com/static/587657ddbe659497fb46664c/t/5fdaa991dc2ddb6396c30fa6/1608165783527/The+lithium-ion+battery+life+cycle+report+sample.pdf>

EASE Európai Energiatárolási Egyesület, 2020: Energy Storage and Transport: What's the Connection? <https://ease-storage.eu/news/energy-storage-and-transport-whats-the-connection/>

Sarah George, 2021: 'UK's first' grid-scale battery storage system comes online in Oxford <https://www.euractiv.com/section/electricity/news/uks-first-grid-scale-battery-storage-system-comes-online-in-oxford/>

Philipp Glücker, Klaus Kivekäs, Jari Vepsäläinen, Panagiotis Mouratidis, Maximilian Schneider, Stephan Rinderknecht, Kari Tammi: Prolongation of Battery Lifetime for Electric Buses for Flywheel Integration; *Energies* 2021, 14, 899. <http://doi.org/10.3390/en14040899>

M. A. Guerrero, E. Romero, F. Barrero, M. I. Milanés, E. González Supercapacitors: Alternative Energy Storage Systems <http://peandes.unex.es/archives%5CP126.pdf>

Peter Haidl, Armin Buchroithner, Bernhard Schweighofer, Michael Bader, Hannes Wegleiter, 2019: Lifetime Analysis of Energy Storage Systems for Sustainable Transportation, sustainability file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/sustainability-11-06731-v2.pdf

IEA 2021: Prospects for electric vehicle deployment, Global EV Outlook 2021 <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/prospects-for-electric-vehicle-deployment>

Fabian Meishner, Dirk Uwe Sauer, 2019: Wayside energy recovery systems in DC urban railway grids. Elsevier, *eTransportation* 1 (2019) <https://d-nb.info/1226855962/34>

Craig Morris, 2015: how batteries can stabilize the grid; Energy Transition - The global Energiewende, <https://energytransition.org/2015/06/batteries-stabilize-the-grid/#menuopen>

Kaushik Patowary, 2019: Gyrobus: The Flywheel-Powered Public Transportation <https://www.amusingplanet.com/2019/02/gyrobus-flywheel-powered-public.html>

Abraham Alem Kebede, Thierry Coosemans, Maarten Messagie, Towfik Jemal, Henok Ayele Behabtu, Joeri Van Mierlo, Maitane Berecibar, 2021: Techno-economic analysis of lithium-ion and lead-acid batteries in stationary energy storage application, *Journal of Energy Storage*, 40. kötet, 2021. augusztus, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X21004783#!>

Robert Rapier, 2020: Why Vanadium Flow Batteries may be the future of utility - scale energy storage, *Forbes*, <https://www.forbes.com/sites/rrapier/2020/10/24/why-vanadium-flow-batteries-may-be-the-future-of-utility-scale-energy-storage/?sh=6faaca6f2305>

Schmidt et al., 2019: Projecting the Future Levelized Cost of Electricity Storage Technologies, *Joule* 3, 81-100, 2019. január 16., 2018 Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.12.008>

Octavio Solis, Frank Castro, Leonid Bukhin, Kinh Pham, David Turner, Gary Thompson, 2015: SAVING MONEY EVERY DAY: LA METRO SUBWAY WAYSIDE ENERGY STORAGE SUBSTATION, Proceedings of JRC 2015 Joint Rail Conference <https://vyconenergy.com/wp-content/uploads/2018/06/Saving-Money-Every-Day-LA-Metro-Subway-Wayside-Energy-Storage-Substation-March-2015.pdf>

Xiaojun Li, Alan Palazzolo, 2021: A review of flywheel energy storage systems: state of the art and opportunities (arXiv:2103.05224v3 [eess.SY] 13 Jun 2021) <https://arxiv.org/pdf/2103.05224.pdf>

Hivatkozások a projektekre

eLobster - H2020 <https://www.e-lobster.eu/project-brief/>

BOB - Solingen (DE) <https://www.bob-solingen.de/>

BUS2GRID - London (Egyesült Királyság) <https://www.sseenergysolutions.co.uk/distributed-energy-infrastructure/our-solutions/bus2grid>

MÉG TÖBB EfficienCE



Látogasson el weboldalunkra:
<https://www.interreg-central.eu/efficiency>

Kapcsolat



+49 341 123 59 10



Projektmenedzserek:

Sebastian Graetz
sebastian.graetz2@leipzig.de

Marlene Damerau
m.damerau@rupprecht-consult.eu

in <https://www.linkedin.com/company/interreg-efficiency/>

f www.facebook.com/Interreg.EfficienCE/



@Int_EfficienCE

TAKING
COOPERATION
FORWARD



GDAŃSK UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY



Plzeňské městské
dopravní podniky **PMDP**



City of Leipzig



Faculty of Civil Engineering,
Transportation Engineering
and Architecture



COMUNE DI BERGAMO

