



NABÍJACIA INFRAŠTRUKTÚRA PRE BATÉRIOVÉ ELEKTRICKÉ AUTOBUSY

Odporúčania pre plánovanie technológie pripravenej
na dlhoročné využívanie

2021

ÚVOD

Hromadná doprava v mestách je najekologickejším spôsobom urbánnej mobility, pri ktorej sa využívajú vozidlá. V súvislosti s klimatickou krízou je obzvlášť dôležité, aby bola hromadná doprava zabezpečovaná čo najudržateľnejšie – bez alebo iba s veľmi nízkymi emisiami skleníkových plynov. Podobne ako pri osobnej, je aj v tej hromadnej doprave trendom elektrifikácia. V prípade autobusov je vhodnou voľbou verzia vozidla poháňaného elektrickou energiou z batérií. Elektrický autobus (ďalej „elektrobus“) nevytvára žiadne lokálne emisie a ak sa aj pri výrobe batérií použije elektrina z bezemisných zdrojov, je elektrobus plne udržateľnou alternatívou pre budúcnosť.

Cieľom, ktorý sme si stanovili, je poskytnúť odporúčania pre užívateľov batériových elektrobusov v procese plánovania a výstavby nabíjacej infraštruktúry. Našu ambíciu sme pretavili do tohto dokumentu, ktorého úlohou je ponúknuť návod, ako si vybrať infraštruktúru spĺňajúcu európske štandardy a pripravenú na dlhoročné využívanie.

Hoci sa vo svete testujú aj technológie bezkontaktného indukčného nabíjania, štandardom v reálnom nasadení je technológia kontaktného konduktívneho nabíjania. Dokument sa preto venuje odporúčaniam práve pre takýto druh infraštruktúry. Z pohľadu efektívnosti využitia finančných prostriedkov je potrebné budovať interoperabilnú nabíjajúcu infraštruktúru. Kľúčovou charakteristikou takejto infraštruktúry by malo byť najmä dôsledné splnenie všeobecne prijatých štandardov, ktoré zabezpečujú kompatibilitu nabíjacej infraštruktúry s čo najväčším počtom značiek elektrobusov. Cieľom je, aby vybudovaná infraštruktúra bola schopná zabezpečiť nabíjanie elektrobusov nie iba od jedného konkrétneho výrobcu, ale aby bola univerzálna a bola bezproblémovo použiteľná pre nové modely vozidiel prichádzajúcich na trh o niekoľko rokov. Ak si dnes užívateľ zvolí štandardizované riešenie namiesto proprietárnej technológie konkrétneho výrobcu, jedinou výzvou môže byť, ako infraštruktúru v prípade potreby väčšej kapacity čo najefektívnejšie rozšíriť. Rozhodne však nebude musieť užívateľ riešiť, prečo tú alebo onú značku novej generácie elektrobusu nemožno na infraštruktúre vôbec nabíjať.

Našou celkovou ambíciou je preto pomôcť užívateľom batériových elektrobusov a odporučiť im minimálne požiadavky na nabíjajúcu infraštruktúru, ktorá je pripravená na dlhodobú prevádzku.

Patrik Križanský
riaditeľ

Dokument sa zameriava na batériovú verziu elektrobusov a nezaobrá sa nabíjacími technológiami pre trolejbusy ani plug-in hybridné elektrobusy.

DÔLEŽITÉ POJMY

Automatizované prípojné zariadenie

Dokovacie zariadenie v podobe výkyvnej páky (pantograf) umiestnené variantne na elektrobuse alebo na konzole nabíjacej stanice, ktoré sa po automatickom spustení nabíjacieho cyklu vysunie k druhej strane systému – k vozidlu alebo k nabíjacej stanici (v závislosti od variantu technológie). V angličtine sa označuje ako Automated Connection Device.

Diaľková správa nabíjacieho bodu

Správa nabíjacieho bodu na diaľku pomocou informačného systému (backend system), ktorá umožňuje ovládať a kontrolovať nabíjací bod (najmä monitoring, riadenie, diaľkovú diagnostiku a základné servisné zásahy).

Nabíjací bod

Jeden nabíjací bod, ktorý umožňuje v jednom čase nabíjať jedno elektrické vozidlo. V prípade elektrobusev tvorí nabíjací bod buď jeden nabíjací konektor CCS alebo jedno automatizované prípojné zariadenie (pantograf).

Nabíjacia stanica

Zariadenie pozostávajúce z rôznych komponentov (výkonová a riadiaca elektronika, DC inverter a iné), ktoré obsahuje jeden alebo viacej nabíjacích bodov.

Nabíjacia lokalita

Miesto s jedným alebo viacerými nabíjacími bodmi prípadne stanicami.

Prevádzkovateľ nabíjacieho bodu/infraštruktúry

Subjekt zabezpečujúci správnu prevádzku, použiteľnosť a servis nabíjacích bodov. V angličtine sa označuje ako *Charge Point Operator*.

1. FAKTORY PRE PLÁNOVANIE NABÍJACEJ INFRAŠTRUKTÚRY

1.1 Akými spôsobmi sa nabíjacie stanice používajú

Pri prevádzke elektrobusev v mestskom prostredí je možné definovať **dva typické spôsoby použitia nabíjacej infraštruktúry**. Ich využitie a konkrétna lokalita nasadenia závisí od celkovej štruktúry mestskej hromadnej dopravy v danom meste, ale najmä od týchto faktorov:

- dĺžka liniek,
- denný nájazd vozidiel a grafikon (štruktúra prestávok, odstavenie vozidiel mimo špičky a pod.),
- topografia mesta,
- priemerná rýchlosť vozidiel,
- dojazd elektrobusev a kapacita ich batérií s ohľadom aj na dlhodobý postupný pokles kapacity batérií a vyššiu spotrebu v zime,
- počet zastávok vrátane štruktúry konečných zastávok,
- umiestnenie depa resp. na druhej strane dostupnosť voľných pozemkov pre výstavbu nabíjacích staníc v meste,
- voľná kapacita pre pripojenie na distribučnú sústavu v rôznych lokalitách,
- uvažovaný cyklus obmeny nabíjacej infraštruktúry v cykle približne 15 rokov.

Tieto a iné faktory následne determinujú využitie nabíjacej technológie určenej buď na príležitostné nabíjanie alebo na nabíjanie v depe. Istou formou flexibility a využitia výhod oboch prístupov je ich nasadenie vo vhodnej kombinácii.

• PRÍLEŽITOSTNÉ NABÍJANIE

V angličtine sa takéto využitie infraštruktúry označuje ako opportunity charging a jeho charakteristikou je, že **elektrobus sa nabíja priebežne počas aktívneho používania**.

Zvyčajne sa realizuje na obratisku (na konečnej zastávke) počas prestávky vodiča v rozmedzí od 5 do 15 minút. V niektorých prípadoch môže takéto nabíjanie prebiehať aj na inej ako konečnej zastávke, dôležité ale je, aby mal v takejto lokalite autobus prestávku aspoň niekoľko minút.

Vzhľadom na kratší čas, ktorý je vymedzený na možné nabíjanie, sa pri príležitostnom nabíjaní využíva vyšší nabíjací výkon.



Pantografová stanica integrovaná v prestrešení zastávky v nabíjacia meste Freiburg (Zdroj: Freiburger Verkehrs)

Účelom takéhoto využitia infraštruktúry je navýšenie dojazdu elektrobusu rádovo o niekoľko desiatok kilometrov pre zabezpečenie vyššej kapacity elektrobusu resp. pre navýšenie denného nájazdu. Frekvencia príležitostného nabíjania sa môže zvyčajne pohybovať medzi 10 – 20 nabíjaniaми za 24 hodín.

Pri príležitostnom nabíjaní je vo všeobecnosti potrebné počítať s potrebou výstavby viacerých nabíjacích staníc vo vybraných lokalitách, čo si vyžaduje zabezpečiť priestor na zastávke ako aj pripojenie na distribučnú sústavu. Výhodou však je, že by následne mala postačovať menšia kapacita batérie elektrobusu, keďže sa tento v priebehu prevádzky môže nabíjať. Menšia batéria samozrejme znamená úsporu v obstarávacej cene ako aj v hmotnosti vozidla. Tento spôsob nabíjania je výhodný pre užívateľov s vysokým nájazdom na linkách resp. s dlhým nasadením elektrobusev počas celého dňa.

• NABÍJANIE V DEPE

V angličtine sa takéto využitie infraštruktúry označuje ako depot charging a jeho charakteristikou je časovo **dlhšie dobíjanie batérie elektrobusu, ktoré trvá rádovo v hodinách**. Najtypickejším príkladom takéhoto použitia je nočné nabíjanie, keď je

elektrobus odstavený na parkovacom mieste v depe a je počas celej noci fyzicky pripojený k nabíjaciemu bodu. Elektrobus sa však v depe môže dobíjať aj počas dňa, napríklad keď je krátkodobo odstavený mimo prepravnej špičky na niekoľko hodín.



Nočné nabíjanie v depe v meste Mannheim oboma typmi rýchlonabíjacích staníc (Zdroj: Mercedes-Benz)

Primárnou výhodou nočného nabíjania v depe je zníženie nákladov na nabíjanie, keďže je možné využiť lacnejšiu tarifu za elektrinu mimo špičky. Druhou výhodou je potreba nižšieho nabíjacieho výkonu, čo sa premieta do jednoduchšieho procesu pripojenia a menších investičných nákladov. Ak sa však užívateľ rozhodne využívať výhradne nabíjanie v depe, zvyčajne to predstavuje požiadavku väčšej kapacity batérií v elektrobusech za účelom zvládnutia denného nájazdu bez priebežného nabíjania. Pri väčšom počte elektrobusev to tiež predstavuje potrebu väčšieho počtu nabíjacích staníc resp. potrebu nejakej formy riadenia nabíjania, keďže kapacita pripojenia v jednom mieste - depo - je zvyčajne limitovaná. Výhodou však je, že takéto nabíjanie vyžaduje iba centralizované úpravy v depe (zvyčajne sú to priestory vo vlastníctve užívateľa). Prevádzka nabíjania je tiež oproti príležitostnému nabíjaniu bez rizík meškania elektrobusev vplyvom dopravných kongescií.

1.2 Aké technológie pre nabíjanie sú k dispozícii

Pre konдукtívne nabíjanie elektrobusev sa využívajú rýchlonabíjacie stanice na jednosmerný prúd (DC), pričom má užívateľ **na výber dva typy technológií**: (1) pantografová nabíjacia stanica alebo (2) CCS nabíjacia stanica.

• PANTOGRAFOVÁ NABÍJACIA STANICA

Táto nabíjacia stanica využíva plne automatizované prípojné zariadenie v podobe výkyvnej páky (pantografu) a je vhodná pre oba prípady použitia (príležitostné nabíjanie aj nabíjanie v depe). Nabíjačka funguje automaticky - po vysunutí pantografu, trvajúcom približne 5 sekúnd, zabezpečí fyzické prepojenie vozidlo-stanica a zrealizuje celý nabíjací cyklus. Po dokončení nabíjania sa pantograf automaticky vráti do svojej základnej pokojovej polohy. Fyzické spojenie je na dnešných štandardizovaných technológiách realizované dvomi spôsobmi:

Verzia 1: Top-down pantograf

Pantograf, ktorý je upevnený na pevnej konštrukcii nabíjacej stanice (napr. konzolové rameno alebo kovová bránová konštrukcia), sa po pristavení vozidla a iniciovaní nabíjania plne automaticky vysunie smerom ku elektrobuse a spojí sa s nabíjacími tyčovými zberačmi ukotvenými v prednej časti strechy vozidla.



Top-down pantografová nabíjacia stanica v meste Hamburg (Zdroj: Siemens)

Verzia 2: Buttom-up pantograf

Pantograf, ktorý je umiestnený v prednej časti strechy vozidla, sa po pristavení vozidla a iniciovaní nabíjania plne automaticky vysunie smerom nahor a spojí sa s vaňovým zberačom umiestneným na konštrukcii nabíjacej stanice.



Buttom-up pantografová nabíjacia stanica v meste Münster (Zdroj: Stadtwerke Münster)

• CCS NABÍJACIA STANICA

Táto DC nabíjacia stanica je vhodná najmä pre nabíjanie elektrobuse v depe. Je možné uvažovať aj s použitím pre príležitostné nabíjanie (napr. na konečnej zastávke), je však potrebné počítať s potrebou obsluhy zo strany vodiča a s dostatočným výkonom nabíjania. V praxi sa však táto technológia využíva najčastejšie najmä v depe, kde je elektrobuse najmenšie na niekoľko hodín zaparkovaný na parkovacej ploche (voľné priestranstvo alebo s prekrytím) a je v ňom zasunutý nabíjací kábel stanice so štandardizovaným CCS konektorom.



CCS nabíjacia stanica v múzeu Volvo, Göteborg (Zdroj: ABB)

CCS nabíjacia stanica pozostáva zo zariadenia v podobe samostatne stojacej skrine s pripojeným nabíjacím káblom, ktorá je fixne ukotvená v podlahe alebo na stene. V prípade potreby paralelného nabíjania viacerých elektrobusev je možné využiť niekoľko takýchto skriň alebo verziu, v ktorej je inštalovaná jedna väčšia hlavná skriňa a niekoľko menších, slúžiacich ako podružné zariadenia. Ak je v depe nasadený väčší počet nabíjacích bodov a celkovo je potrebný aj väčší nabíjací výkon, kvôli optimalizácii nákladov sa využíva aj inteligentné nabíjanie a riadenie zátáže.

CCS nabíjacia stanica môže byť aj vo vyhotovení mobilného zariadenia, ktoré je určené tak pre nabíjanie v depe (napr. pri výkone údržby mimo stanoviska fixnej nabíjacej stanice) alebo pre účely pohotovostného nabíjania na trase (napr. v prípade poruchy elektrobusev počas prevádzky). Jej nabíjací výkon je zvyčajne výrazne nižší oproti fixnému zaradeniu a preto si takúto stanicu užívateľ obstaráva najmä za účelom servisných zásahov a vo väčšine prípadov ju nepoužíva na nepretržité nočné nabíjanie.



CCS mobilná nabíjacia stanica
(Zdroj: Heliox)

2. ODPORÚČANÉ TECHNICKÉ A FUNKČNÉ PARAMETRE TECHNOLÓGIE

• AKO PRISTÚPIŤ K PLÁNOVANIU INFRAŠTRUKTÚRY

Prvým odporúčaním pre definovanie parametrov nabíjacej infraštruktúry je, aby sa obstarávateľ – budúci prevádzkovateľ nabíjacej infraštruktúry – pomocou výberových kritérií **vyhol dlhodobej závislosti na konkrétnom proprietárnom riešení** od jedného dodávateľa (vendor lock-in). Požiadavky na nabíjajúcu infraštruktúru by mali preto v čo najširšej miere sledovať všeobecne zaužívané medzinárodné technické štandardy resp. štandardy zaužívané v sektore.

Druhým odporúčaním je, aby špecifikácia na technológiu definovala **možnosť modulárneho riešenia**. Cieľom je, aby rozsah inštalovanej technológie v súčasnosti, mohol byť relatívne jednoducho rozšíriteľný na rovnakom štandardizovanom základe pri ďalších nových požiadavkách v budúcnosti. Typickým príkladom môže byť definovanie požiadavky na nabíjací výkon CCS nabíjacej stanice na úrovni 150 kW, no pridaním ďalšieho výkonového modulu sa jej výkon dá rozšíriť napr. o ďalších 50%.

Tretím odporúčaním je, aby požiadavky pri výbere nabíjacej infraštruktúry uvažovali **s potenciálnym škálovaním**. Cieľom je, aby sa relatívne jednoducho dal pridať k existujúcej technológii ďalší kus a rozšíril sa tak jej rozsah. Dobrým riešením je, aby bolo k existujúcemu počtu nabíjacích bodov možné pridať ďalšie a aby boli tieto jednoducho integrovateľné do riadiaceho backend systému.

• KTORÉ ŠTANDARDY JE POTREBNÉ DODRŽAŤ

Základnou normou, ktorá komplexne rieši konduktívne nabíjanie elektrických vozidiel, je **štandard IEC 61851**. Okrem iného obsahuje základné technické definície a požiadavky pre hardware na strane vozidla aj nabíjacej stanice ako aj spôsob komunikácie pre účely riadenia nabíjacieho procesu.

Štandardizáciu nabíjacích zásuviek rieši **štandard IEC 62196**, ktorý okrem iného definuje aj požiadavky na zásuvku vo vozidle a konektor na káble nabíjacej stanice. V Európskej únii je v duchu tejto normy zavedený pre rýchlonabíjanie (vrátane rýchlonabíjania elektrobusev) štandardizovaný konektor Combo 2 CCS.

Zaužívaným štandardom pre komunikačné rozhranie medzi vozidlom a sieťou na účely obojsmerného nabíjania a vybíjania je **štandard ISO/IEC 15118**. Táto norma špecifikuje množstvo rôznych detailných procesov vrátane funkcionality Plug&Charge, ktorá umožňuje automatickú identifikáciu a autorizáciu vozidla v interakcii s nabíjacou stanicou. Vozidlo musí byť so stanicou fyzicky prepojené a následne prebehne automatický proces bez ďalšieho potrebného zásahu zo strany vodiča.

Špecificky technickým detailom platným pre pantografické nabíjacie stanice sa venuje **systém OPPCharge**. Tento štandardizačný systém je vnímaný ako priemyselný štandard pre príležitostné nabíjanie a je odporúčaný aj Európskym združením automobilových výrobcov ACEA. OPPCharge rešpektuje existujúce IEC normy v oblasti elektrických vozidiel a bližšie špecifikuje technológiu ako aj požiadavky na hardvér automatizovaného prípojného zariadenia, na vaňový zberač a zberač na vozidle i na spôsob komunikácie medzi vozidlom a nabíjačkou.

2.1 Požiadavky pre nabíjacie stanice a ich spoločné črty

Tak technológia pre príležitostné nabíjanie ako aj pre nabíjanie v depe majú spoločné charakteristiky, ktoré vyplývajú z existujúcich platných prierezových štandardov a zo stavu na trhu. Tieto funkcionality resp. požiadavky je potrebné dodržiavať pri plánovaní a výbere nabíjacích staníc bez ohľadu na typ technológie. Neskôr sa bude dokument venovať aj požiadavkám, ktoré sú špecifické pre tú-ktorú technológiu.

• VÝKON A PRIPOJENIE

Vzhľadom na priebeh a charakteristiku akéhokoľvek procesu nabíjania resp. na technické parametre batérie sa odporúča, aby bol parameter výkonu nabíjacej stanice vždy definovaný prostredníctvom jej minimálneho menovitého výkonu. Príkladom dobre porovnateľného kritéria môže byť stanovenie nabíjacieho výkonu, napr. na úrovni najmenej 150 kW. Takýto parameter sa pri výbere dodávateľa technológie posúdi objektívne a zároveň odberateľ vie exaktne definovať minimálne požiadavky na nabíjaciu infraštruktúru a to bez ohľadu na dodávateľa elektrobusev.

Z pohľadu prevádzkovej istoty sa odporúča, aby sa štruktúra nabíjajúcich staníc v depe plánovala s istou redundanciou. Prakticky to znamená, že hlavnú nabíjajúcu infraštruktúru je vhodné doplniť prenosnou nabíjacou stanicou s nižším výkonom. Túto je možné využiť, ak nastanú rôzne mimoriadne situácie (napr. potreba dobitia vozidla počas servisu v dielni, technologický výpadok hlavnej nabíjacej stanice, porucha vozidla a potreba dobitia v teréne).

S cieľom dosiahnuť čo najnižšie straty je možné odporúčať výber technológie, ktorá spĺňa faktor účinnosti výkonu η na úrovni 95% a viac (merané pri plnom výkone).

Všetky typy nabíjacej infraštruktúry potrebujú zariadenie pripojenia na distribučnú sústavu, ktoré sa vo väčšine prípadov (vzhľadom na požadovaný príkon) realizuje v existujúcej alebo v novej trafostanici resp. rozvodni. Jej parametre, prevedenie a káblové prepojenie závisia od príkonu a miestnych podmienok. Technické parametre spôsobu pripojenia musia byť naplánované tak, aby pri štandardnom používaní v čase najväčšieho odberu v žiadnom okamihu neprišlo k preťaženiu žiadnej súčasti systému (kábové vedenie, trafostanica, rozvodná skriňa a pod.). Keďže ide o štandardné technológie na trhu, ich špecifikácia nie je predmetom tohto dokumentu.

Prípojný bod pre nabíjajúcu stanicu musí byť vybavený inteligentným meracím systémom (elektromerom) so špeciálnou funkcionalitou v zmysle vyhlášky č. 358/2013 Z. z., vydané Ministerstvom hospodárstva SR. Tento sa zvyčajne inštaluje na VN strane a slúži aj ako meradlo na fakturáciu prevádzkovateľovi distribučnej sústavy. V prípade potreby (napr. nabíjacia stanica je vybavená ďalšími podružnými napájacími bodmi) môže byť stanica vybavená aj podružným elektromerom na NN strane.

ODPORÚČANIE Z PRAXE

Riadenie výkonu nabíjania a optimalizácia kapacity pripojenia



Kvôli optimalizácii nákladov sa odporúča nasadiť aj automatické riadenie výkonu nabíjania s možnosťou dynamickej úpravy resp. optimalizácie nabíjacieho výkonu na úrovni nabíjacej stanice a na diaľku aj cez backend systém (tzv. load management). Takáto funkcionálnosť je zvlášť dôležitá pri inštalovaní viacerých nabíjacích staníc v depe a pri snahe optimalizovať rezervovanú kapacitu resp. vyhnúť sa výkonovým špičkám (tzv. peak shaving). Na jednej strane dokáže takto užívateľ výrazne ušetriť prevádzkové náklady, keďže nasadený load management umožní šetriť vďaka potrebe nižšej rezervovanej kapacity pripojenia. Taktiež riadenie výkonu umožní využiť nižšie tarify za elektrinu, keďže umožní lepšie plánovanie resp. odloženie nabíjania. Na druhej strane pri limitovanej voľnej kapacite na pripojenie (napr. v depe) je load management často aj jedinou cestou, ako paralelne nabíjať viacej elektrobusev.

Riadiaci backend systém v spolupráci s nabíjačkou dokáže v reálnom čase vyhodnotiť viaceré parametre a následne umožní dynamicky prispôbiť nabíjací výkon nabíjacích bodov. V ideálnom prípade by mal byť štandardizovaný riadiaci backend systém prepojený aj na energetický systém budovy/areálu depa a mal by byť schopný optimalizovať záťaž nabíjania s ohľadom na celkovú spotrebu. V prípade komunikácie medzi backend systémom pre nabíjanie a energetickým systémom sa využíva jeden zo štandardne používaných priemyselných protokolov (napr. Modbus, OPC UA).

Z pohľadu optimalizácie nabíjania by mal backend systém sledovať najmä tieto parametre:

- stav nabitia batérií (State of Charge) a požiadavky na nabíjací výkon každého elektrobusev v reálnom čase,
- celkový príkon, ktorý je v reálnom čase dostupný pre nabíjanie v reálnom čase,
- výkon nabíjania v každom nabíjacom bode v reálnom čase,
- naplánované požiadavky na príkon určený pre predprípravu na jazdu (napr. predkúrenie vozidla),
- iné externé požiadavky nesúvisiace s nabíjaním, vyplývajúce z požiadaviek energetického riadiaceho systému budovy.

Pri nabíjaní elektrobusev sa vždy uvažuje s tým, že nabitie na 100% stavu batérie (SoC) všetkých vozidiel má prednosť pred inými, menej dôležitými odbermi v rámci budovy resp. areálu. Z dôvodu potreby pripravenosti elektrobusev na prevádzku (napr. ráno po nočnom nabíjaní) sa preto dáva prednosť nabíjaniu pred iným typom záťaže.

V prípade potreby nabíjania viacerých elektrobusev rovnakom čase nie je vždy potrebné inštalovať jednu plnohodnotnú nezávislú stanicu pre každé vozidlo. Je to možné riešiť aj pomocou jednej centrálnej silovej jednotky s vyšším výkonom s vyvedením do podružných nabíjacích skriň resp. pantografov ku každému miestu. Takéto riešenie ponúkajú výrobcovia pre oba typy nabíjacích staníc a označujú ho aj ako sekvenčné nabíjanie.

V rámci takejto skupiny je tiež možné aplikovať riadenie výkonu v jednotlivých nabíjaciach bodoch.

V niektorých prípadoch, napr. ak je v lokalite konečnej zastávky nedostatočná kapacita pripojenia alebo ak príde k výpadku napájania depa, je vhodné uvažovať v danom mieste s inštalovaním batériového úložiska. Takéto úložisko je, v závislosti od kapacity batérie, veľkosti veľkej rozvádzačovej skrine až po veľkosť samostatne stojaceho kontajneru. Účelom úložiska je najmä doplnenie chýbajúcej kapacity v danej lokalite alebo zníženie výšky rezervovanej kapacity. Batériové úložisko tak môže nahradiť napr. aj výstavbu transformačnej stanice. Iným cieľom môže byť tiež zníženie špičkového výkonu v prípade paralelného nabíjania viacerých vozidiel (napr. v depe).

Vzhľadom na to, že elekťrobusy prichádzajú a odchádzajú k nabíjacíemu bodu vo vopred stanovených intervaloch resp. nabíjanie počas nočného parkovania je možné presne plánovať, dá sa kapacita batériového úložiska relatívne jednoducho optimalizovať.

• KOMUNIKÁCIA A PREVÁDZKA

Nabíjacia stanica by mala byť schopná komunikácie tak lokálne s elekťrobusom ako aj s centrálnym backend systémom. Tieto tri prvky medzi sebou komunikujú v zmysle pravidiel definovaných v štandardoch IEC 61851 a ISO/IEC 15118. Komunikácii v prípade pantografickej nabíjacej stanice sa špecificky venuje štandardizovaný systém OPPCharge.

Nabíjacie stanice sú na diaľku cez internet prepojené s centrálnym backend systémom, ktorý slúži na ich monitoring, riadenie a správu. Takýto backend systém pre nabíjanie je tiež štandardizovaným nástrojom, ktorý musí byť schopný štandardizovanej komunikácie, musí zabezpečovať množstvo funkcionalít a musí byť kompatibilný so štandardizovanými nabíjacími stanicami. Komunikácia medzi stanicou a systémom prebieha v zmysle normy ISO 15118 resp. medzi nabíjacou stanicou a backend systémom v súlade s protokolom OCPP 1.6-J alebo vyšším.

Z pohľadu funkcionalít backend systému sú odporúčané minimálne tieto:

- diaľkový monitoring a diagnostika nabíjacej stanice ako aj hlásenie informácie o poruche (e-mail, SMS) v reálnom čase,
 - monitoring a vizualizácia stavu nabíjania resp. dodávky výkonu v reálnom čase,
 - monitoring stavu batérie elekťrobusu v reálnom čase,
 - reporting a štatistické vyhodnotenie nabíjania za určité obdobie (počet nabíjacích cyklov, spotrebovaná elektrická energia, počet pripojených vozidiel atď.),
 - evidencia nabíjania v rozsahu: identifikácia vozidla alebo užívateľa, začiatok a koniec nabíjacieho cyklu, množstvo spotrebovaných kWh. Evidencia by mala byť dostupná lokálne na úrovni stanice ako aj centrálnne na úrovni backend systému.
- V prípade výpadku komunikácie medzi stanicou a backend systémom musí byť systém schopný dodatočného zberu údajov po obnovení spojenia
- diaľkový reštart nabíjacej stanice.

Backend systém by mal byť nainštalovaný v prostredí prevádzkovateľa nabíjacích bodov (napr. dopravný podnik) na vlastnom serveri alebo v zdieľanom cloude a umožniť mu tak jeho neobmedzenú správu. Cieľom by malo byť vyhnutie sa závislosti na konkrétnom výrobcovi technológie (vendor lock-in). Takéto riešenie poskytne voľné pripojenie ďalších nabíjacích staníc v budúcnosti a samostatné manažovanie funkcionalít systému zo strany prevádzkovateľa.

S ohľadom na bezpečnosť prevádzky by mala byť nabíjacia stanica vybavená núdzovým tlačidlom Stop, ktoré dokáže okamžite ukončiť prebiehajúci proces nabíjania.

V prípade stlačenia Stop-tlačidla:

- sa musí pantografová nabíjacia stanica vrátiť do základnej polohy a poslať signál vozidlu o svojej pozícii,
- CCS stanica musí dať signál vozidlu na uvoľnenie aktuátora v jeho zásuvke (pre voľné fyzické vysunutie nabíjacieho kábla).

ODPORÚČANIE Z PRAXE

Prevádzková dostupnosť nabíjacej stanice a technická podpora pri poruche

Užívateľ nabíjacej infraštruktúry by sa mal snažiť zabezpečiť čo najvyššiu prevádzkovú dostupnosť technológie a v prípade poruchy aj čo najkvalitnejšiu technickú podporu od dodávateľa. V prvom prípade môže byť okrem výberu kvalitnej technológie riešením aj presné definovanie požadovanej miery prevádzkovej dostupnosti (napr. min 95% celkového času). V druhom prípade je dôležité definovať úroveň servisnej služby (tzv. Service Level Agreement) s cieľom špecifikovať záručný a pozáručný servis pri poruche technológie.

Definovanie rozsahu a úrovne technickej podpory je veľmi komplexnou témou, no vo všeobecnosti je možné ju zabezpečiť najmä prostredníctvom:

- povinnosti aktívneho nepretržitého (24/7) diaľkového monitoringu a diagnostiky prostredníctvom IT systému zo strany dodávateľa,
- povinnosti prevádzky call centra pre technickú podporu užívateľa,
- povinnosti diagnostikovať dôvod poruchy technológie do určitého času,
- dohodnutej rýchlosti zásahu a maximálneho času na odstránenie výpadku pri rôznych typoch poruchy
- povinnosti držať na sklade rôzne druhy náhradných dielov



• ROZMIESTNENIE A DIZAJN NABÍJACEJ LOKALITY

Umiestnenie nabíjacej stanice je závislé od celkovej dispozície nabíjacej lokality. Pantografová nabíjacia stanica môže byť umiestnená napr. pred zastávkou MHD alebo na odstavenom stanovišti na konečnej zastávke. V prípade viacerých nabíjacích staníc oboch druhov je možné ich rozmiestniť pozdĺžne popri chodníku s dostatočným rozstupom pre možnosť pozdĺžneho parkovania viacerých elektrobusev (rozstupy v závislosti na dĺžke elektrobusev).



Paralelné parkovanie v depe s pantografovým nabíjaním v meste Krakov (Zdroj: Solaris)

V prípade parkovania v depe môže byť nabíjacia stanica umiestnená pred parkovacím miestom alebo popri ňom, prípadne nad parkovacím miestom (pantograf ukotvený na konštrukcii prekrytia parkoviska). S ohľadom na dizajn lokality resp. prevedenia stanice, závisia konkrétne požiadavky od špecifických nárokov v danom verejnom priestore. Samozrejme, je možné očakávať iné nároky na dizajn, ak je infraštruktúra umiestnená v centrálnej mestskej zóne a iné, ak je v lokalite na okraji mesta. Taktiež je vhodné plánovať vonkajšie materiály s ohľadom na odolnosť a riziko vandalizmu. Na trhu sú dnes dostupné rôzne dizajny staníc aj s rôznou úrovňou prevedenia (mestské, industriálne), ktoré sú vhodné pre rozličné typy nasadenia.



Pantografová stanica na konečnej zastávke v jednoduchšom industriálnom dizajne

• KLIMATICKÉ POŽIADAVKY

Nabíjacia stanica je vo väčšine prípadov umiestnená vo vonkajšom prostredí, takže by mala spĺňať všetky požiadavky pre vhodnosť v našich klimatických podmienkach. Týka sa to najmä odolnosti voči teplote, vlhkosti, vodným a snehovým zrážkam. Presnejšie požiadavky na odolnosť nabíjacej stanice sú závislé od umiestnenia infraštruktúry, no vo všeobecnosti je možné brať do úvahy tieto:

| | |
|--|---|
| Teplota okolitého prostredia | min. rozsah - 25 °C až + 45 °C |
| Max. relatívna vlhkosť | 80% |
| Max. výška snehu | podľa miestnych podmienok |
| Max. výška vodnej hladiny a množstvo zrážok | podľa miestnych podmienok. Potrebné je zabezpečiť dostatočné krytie IP celého zariadenia proti vniknutiu dažďovej vody a prachu |

V prípade, keď je nabíjacia stanica umiestnená vo vnútri budovy resp. pod prístreškom, je možné náročnosť klimatických požiadaviek znížiť.

2.2 Špecifické požiadavky na pantografovú nabíjaciú stanicu

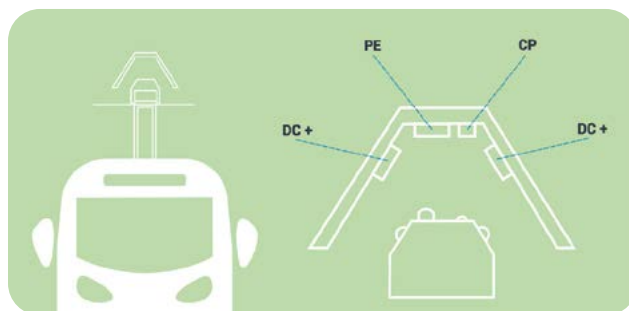
Tento typ nabíjacej stanice poskytuje automatizované riešenie nabíjania elektrobusev. Detaily technológie a komunikácie sú definované v systéme OPPCharge, ktorý vychádza z viacerých normatívnych aktov (vr. IEC 61851, IEC 61439 a i.). OPPCharge predpisuje odporúčané požiadavky na dizajn a fungovanie hardvérových komponentov (vrátane pantografu, vaňového zberača, nabíjacích tyčových zberačov na vozidle), na komunikáciu (parametre komunikácie, komunikačné procesy, parametre komunikačného hardvéru), ale aj iných dôležitých aspektov ako bezpečnosť technológie či dizajn nabíjacej lokality.

• VÝKON A PRIPOJENIE

Nabíjací výkon takejto stanice sa v súčasnosti pohybuje v rozmedzí od 150 do 600 kW a napätie od 400 do 850 V. Zvyčajne sa takáto nabíjacia stanica na trhu ponúka ako modulárna tak, že sa v prípade potreby pridaním výkonových modulov dá navýšiť jej výkon. Samozrejme, čím vyšší výkon je možné inštalovať, tým rýchlejšie nabíjanie je k dispozícii. Ak sa tento typ stanice inštaluje v depe ako riešenie pre nočné nabíjanie, postačuje aj nižší výkon na úrovni 50 až 150 kW.

• KOMUNIKÁCIA A PREVÁDZKA

Z pohľadu komunikácie medzi vozidlom a stanicou je OPPCharge kompatibilný s ISO/IEC 15118. V zmysle tohto štandardu stanica s elektrobusedom komunikuje bezdrôtovo pomocou WIFI 802.11a (5 GHz) prostredníctvom obojsmerných WIFI antén na konzole nabíjacej stanice a na vozidle. Autentifikácia vozidla a celý proces nabíjania po kontakte medzi elektrobusedom a nabíjacou stanicou prebieha automatizovane bez potreby zásahu vodiča (Plug&Charge). Z pohľadu dĺžky prevádzky sa počíta s rozsahom nabíjania v dĺžke 18 a viac hodín za deň.



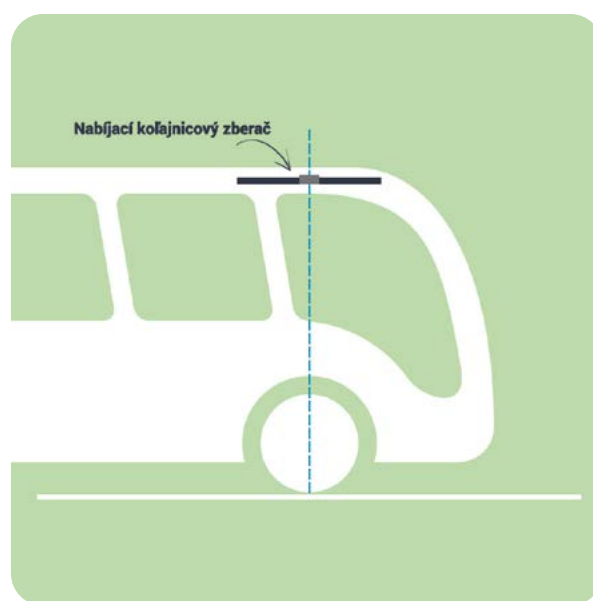
Detailný pohľad na štvorpólový vaňový zberač bottom-up pantografu (Zdroj: Projekt ASSURED)

OPPCharge vyžaduje dodržanie vysokej miery bezpečnosti vrátane požiadavky na vysokú presnosť komponentov a ich procesu spájania a odpájania pri nabíjaní. Používajú sa štyri kontakty s preddefinovaným automatizovaným postupom spojenia a odpojenia, takže riziko vodiča či cestujúcich je minimalizované. Automatizované prípojné zariadenie musí vždy skončiť v jednej z dvoch základných polôh (poloha pripojené, poloha odpojené) a nikdy nesmie zostať v nedefinovanej medzipolohe. Taktiež nie je prípustné, aby sa zariadenie fyzicky alebo elektronicky samo aktivovalo.

Napriek automatickému priebehu nabíjania je potrebné plánovať stanicu s čo najkomfortnejším rozhraním pre obsluhu – vodiča.

Odporúča sa, aby systém mal aj tieto prvky:

- informačné svetlo umiestnené napr. na stožiar nabíjacej stanice informujúce o jej prevádzkovom stave (zelená/modrá/červená),
- rozhranie v priestore vodiča, ktoré poskytuje informáciu o stave nabitia, notifikácie a pod.,
- vizuálne resp. zvukové znamenie pre vodiča pre informovanie o stave nabíjania.



Umiestnenie nabíjacích kolajnicových zberačov na vozidle
(Zdroj: OPPCharge)

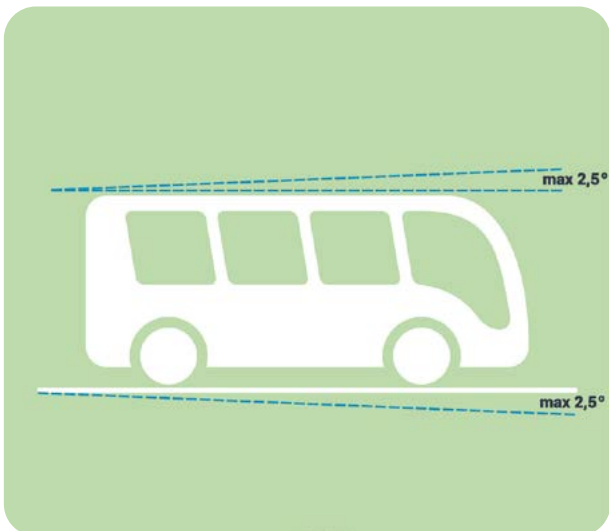
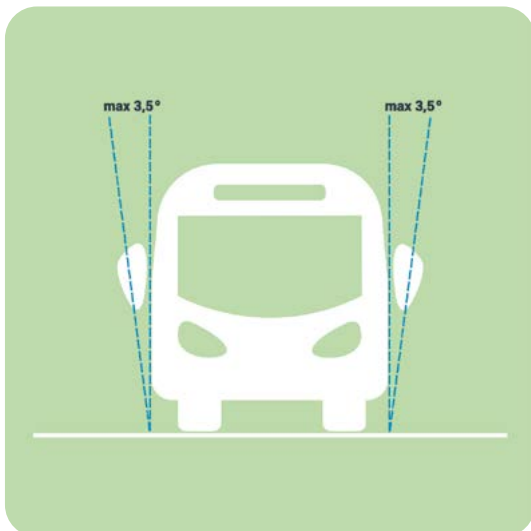
• ROZMIESTNENIE A DIZAJN NABÍJACEJ LOKALITY

Z pohľadu umiestnenia nabíjacej stanice resp. rozmiestnenia na zastávke je potrebné uvažovať, že nabíjacie tyčové zberače sa nachádzajú nad osou predných kolies elektrobusu.

Rozmiestnenie nabíjacieho miesta by malo rešpektovať potrebu pohodlného pristavenia a zaparkovania vozidla čo najbližšie k obrubníku. Je potrebné uvažovať s dostatočnou toleranciou presnosti pristavenia vozidla v priečnej aj pozdĺžnej osi. Pre uľahčenie pristavenia a indikáciu správnej polohy (zastavenia) je vhodné inštalovať mechanické pomôcky na navedenie vodiča. Môže ísť napr. o jasne viditeľný navádzací stožiar pri ceste alebo stožiar označenia zastávky, či priečne alebo pozdĺžne navádzacie značenie. Automatizované prípojné zariadenie musí byť schopné dostatočného kontaktu s nabíjacími tyčovými zberačmi pri všetkých pozíciách vozidla. Musí byť tak zabezpečený kontakt počas variabilnej výšky, uhla a sklonu vzhľadom na podmienky na ceste a pozície zaparkovaného vozidla ako aj nakloneného vozidla pri nastupovaní a vystupovaní pasažierov.

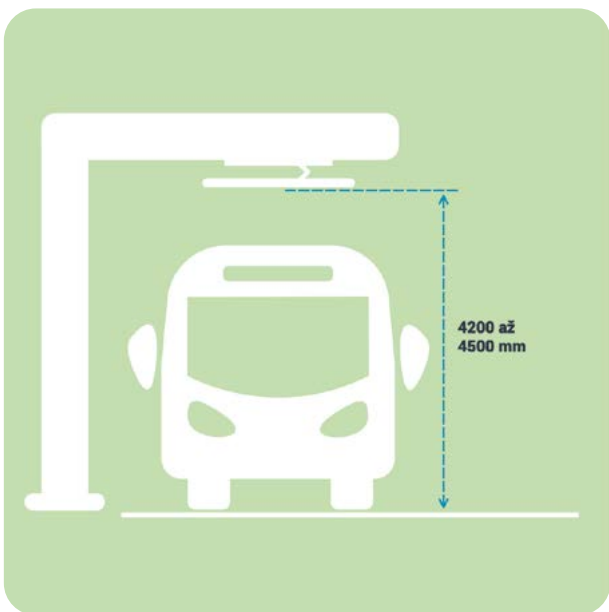
Pantografová stanica by sa nemala inštalovať na ceste, ktorej sklon presahuje $\pm 6^\circ$.

Nabíjacia stanica musí tiež spĺňať toleranciu na bočný náklon vozidla pri vystupovaní/nastupovaní cestujúcich (do $\pm 3,5^\circ$) ako aj možný predný náklon vozidla (do $\pm 2,5^\circ$).



Maximálny predný a bočný náklon elekrobusu podľa štandardov OPPCharge

Presné umiestnenie nabíjacej stanice resp. konzoly je závislé od rozmerov používaných elekrobusov. S ohľadom na výšku konzoly resp. pantografu sa odporúča dodržať vzdialenosť medzi vozovkou a dolným okrajom nabíjacej stanice (vaničky zberača resp. spodného okraja pantografu, v závislosti na prevedení) na úrovni 4 500 mm a viac. Napriek flexibilita a veľkému rozsahu tohto typu nabíjacej stanice však pri plánovaní vždy treba myslieť na preverenie presného umiestnenia resp. potrebnej výšky zariadenia.



Rozsah výšky umiestnenia pantografu podľa štandardov OPPCharge

Súčasťou systému nabíjacej stanice je okrem konštrukcie pre ukotvenie pantografu aj samostatne stojaci objekt (veľký rozvádzač) obsahujúci vybavenie na distribúciu elektriny a výkonovú elektroniku. V niektorých prípadoch môže byť súčasťou aj ďalší objekt (napr. kontajner) obsahujúci batéiové úložisko. Nabíjacia stanica je zvyčajne podzemným káblom prepojená na existujúcu alebo novú trafostanicu resp. rozvodňu (v závislosti od konkrétnych podmienok), ktorá môže byť niekedy umiestená aj v priamej blízkosti nabíjacej stanice.



Príklad inštalácie trafostanice v bezprostrednej blízkosti nabíjacej stanice v meste Münster (Zdroj: Stadtwerke Münster)

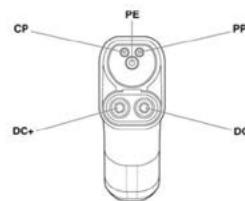
2.3 Špecifické požiadavky na CCS nabíjaciu stanicu

Nabíjacia stanica v podobe rozvádzačovej skrine musí byť vybavená nabíjacím káblom s konektorom Combo 2 CCS.

Nabíjacia skriňa môže byť v prípade potreby aj v prevedení s dvomi káblami na paralelné nabíjanie dvoch elektrobusev.

Po manuálnom zasunutí konektora obsluhou

a prepojení vozidla s nabíjacou stanicou sa kvôli bezpečnosti konektor elektromechanicky uzavrie (pomocou aktuátora integrovaného v zásuvke vozidla). Na trhu je možné nájsť aj automatické riešenie zasunutia CCS konektora do elektrobusev, no technológia nabíjania je identická ako pri manuálnej variante (zasunutie obsluhou). Využíva sa pri tom zariadenie s robotickým ramenom pre samotný proces vsunutia konektora do zásuvky.



Combo 2 CCS konektor (Zdroj: Phoenix Contact)

• VÝKON A PRIPOJENIE

Výkon nabíjacej stanice je v súčasnosti limitovaný výkonom konektora CCS, ktorý je štandardizovaný do nabíjacieho výkonu 170 kW, napätia 850 V resp. maximálneho nabíjacieho prúdu 200 A. Technologické varianty fixnej CCS nabíjacej stanice na trhu sa pohybujú v rozmedzí nabíjacieho výkonu od 20 do 150 kW. V prípade mobilnej stanice sa výkon pohybuje okolo 20 - 30 kW. Užívateľ si tak môže stanoviť požadovaný výkon technológie podľa svojich očakávaní na rýchlosť nabitia. Odporúča sa plánovať technológiu, ktorá umožňuje modulárne riešenie – spojením viacerých modulov môže nabíjací výkon narásť napr. na 350 kW (2 výkonové moduly x 175 kW).

Užívateľ si pri plánovaní výkonu nabíjacej stanice musí položiť hlavne tieto otázky:

- Aký je predpokladaný spôsob používania (nabíjanie iba v noci či aj počas dňa na kratší čas)?
- Akú mám k dispozícii celkovú kapacitu pripojenia v depe?
- Je potrebné nabíjať na jednej nabíjačke viacej vozidiel za sebou, to znamená potrebujem väčší výkon pre urýchlenie nabíjania?
- Potrebujeme nabíjanie stabilne na rovnakom mieste alebo je vhodnejšie mať k dispozícii mobilnú technológiu nabíjačky?

• KOMUNIKÁCIA A PREVÁDZKA

Z pohľadu komunikácie musí nabíjacia stanica vyhovovať štandardom uvádzaným na strane 7. V prípade potreby, vzhľadom na povahu prevádzky depa (pohyb rôznych skupín personálu), je možné pre účely autentifikácie obsluhy využiť technológiu RFID čipu, ktorý sa prikladá k stanici pre jej odblokovanie.

Dizajn nabíjacieho miesta by mal rešpektovať potrebu pohodlného pristavenia a zaparkovania vozidla. Nabíjacia stanica je zvyčajne umiestnená pri zaparkovanom vozidle z boku resp. pred jeho čelom, v závislosti od konkrétnych podmienok a aj od umiestnenia nabíjacej zásuvky na elektrobuse. Variantným riešením, šetriacim priestor, je umiestnenie nabíjacej stanice na vyvýšenom mieste nad elektrobusedom s využitím navinovacieho mechanizmu (bubna), ktorý umožňuje predĺženie a zvesenie nabíjacieho kábla.

V prípade potreby nabíjania viacerých vozidiel je možné inštalovať jednu hlavnú nabíjaciú výkonovú jednotku a potrebný počet nabíjacích stojanov. Ak je nabíjacia stanica v priamej blízkosti parkovacieho miesta a mohla by sa poškodiť vplyvom náhodného nárazu, odporúča sa okolo nabíjачky inštalovať kovovú zábrana alebo plastové pätníky. Pre uľahčenie pristavenia vozidla je vhodné na ploche vyznačiť viditeľné vodorovné značenie alebo inštalovať cestný spomaľovací prah.



Umiestnenie CCS nabíjacej stanice pod prístreškom so zveseným nabíjacím káblom v depe mesta Hamburg (Zdroj: Hamburger Hochbahn)



Cestný spomaľovací prah pre uľahčenie pristavenia vozidla (Zdroj: Letisko Schiphol, Amsterdam)

ZHRNUTIE ODPORÚČANÍ

Táto publikácia sa venovala odporúčaniam pre inštalovanie nabíjacej infraštruktúry pre elektrobusy. Odporúčania a závery, ktoré sú v nej detailnejšie rozobrané, je možné zhrnúť do týchto bodov:

- 1.** Podľa typických spôsobov použitia je možné plánovať dva druhy nabíjania – **príležitostné nabíjanie** a **nabíjanie v depe**. Príležitostné nabíjanie slúži na rýchle dobitie rádovo v minútach s cieľom navýšiť dojazd počas aktívneho používania elektrobusu. Nabíjanie v depe trvajúce niekoľko hodín, zvyčajne počas noci, je určené na plné dobitie batérie elektrobusu.
- 2.** Z pohľadu dostupnej technológie sú k dispozícii dva typy nabíjacích staníc – **pantografová nabíjacia stanica** a **CCS nabíjacia stanica**. Obe je možné využiť pri oboch druhoch nabíjania, pričom treba myslieť na fakt, že pantograf je plne automatizovaným zariadením a CCS nabíjačka si vyžaduje manuálnu obsluhu.
- 3.** Pri plánovaní sa odporúča uvažovať s technológiou, ktorá užívateľovi umožní **vyhnúť sa dlhodobej závislosti na konkrétnom proprietárnom riešení od jedného dodávateľa** (vendor lock-in). Je pritom dôležité myslieť na výber interoperabilnej technológie, ktorá spĺňa všeobecne prijaté štandardy v sektore.
- 4.** Vzhľadom na možnú potrebu rozširovať nabíjaciú kapacitu v budúcnosti, je vhodné rátať s technológiou, ktorá umožňuje **modulárne riešenie** a potenciálne **škálovanie**.
- 5.** Kvôli optimalizácii nákladov je vhodné plánovať nabíjaciú infraštruktúru **s možnosťou riadenia výkonu nabíjania**. Takýto systém môže pomôcť znížiť investičné náklady na začiatku, ale aj prevádzkové náklady počas využívania infraštruktúry.
- 6.** Je dôležité plánovať nabíjaciú infraštruktúru, ktorá je monitorovaná a riadená s **centrálnym backend systémom**. Ten by mal spĺňať všetky zaužívané štandardy a zabezpečovať množstvo funkcionalít. Dôležitou charakteristikou je jeho plná interoperabilita s dostupnými technológiami pre nabíjanie.
- 7.** Pri plánovaní je dôležité pamätať na množstvo detailov, ktoré sa týkajú **rozmiestnenia a dizajnu nabíjacej lokality**. Tieto sú závislé od rozličných faktorov ako je typ nabíjania a nabíjacej stanice resp. ich umiestnenie, požiadavky na komfort vodiča či celkové nároky na verejný priestor, v ktorom je infraštruktúra umiestnená.

SEVA ||| SLOVAK
ELECTRIC
VEHICLE
ASSOCIATION

member of

AVERE

The European Association
for Electromobility

www.seva.sk