

Manuál Power BI web aplikace

Tento text se věnuje vizualizaci a interpretaci databáze výsledků získaných nástroji LCA analýzy. Pro zajištění interaktivity a online dostupnosti byl zvolen nástroj Power BI, který se běžně používá na webu Čistá doprava (provozuje CDV), tak aby výsledky tohoto projektu byly veřejně přístupné. Webové aplikace a dashboardy vytvořené v programu Power BI primárně slouží k vizualizaci rozsáhlých databázových dat. Nad touto databází je možné provádět doplňující výpočty a Power BI plně podporuje agregaci jednotlivých položek dle preferencí uživatele, čímž jeden vizualizační prvek je schopen poskytovat různé informace dle uživatelských předvoleb.

Smyslem vytvořeného interaktivního nástroje je uživateli umožnit vhléd do databáze a zaměřit se pomocí předvoleb na tu část, která ho zajímá. Primárně se jedná o srovnávací nástroj, kdy se ve vybrané kategorii vozidel (osobní, lehká užitková, nákladní, autobus) porovnávají environmentální dopady různých variant pohonů, energetických mixů či typu vodíku. V analýze jsou zahrnuty dopady z jednotlivých fází životního cyklu – výroba, provoz (příprava paliva, otěry z pneumatik a brzd, výfuk) a zpracování (likvidace/recyklace). Uživateli jsou tak předkládány tabulky a grafy na základě nich lze interpretovat, který typ pohonu v městském provozu bude mít menší dopad na životní prostředí. Jelikož tato vizualizace je určena širšímu spektru uživatelů (odborná i laická veřejnost) byla vytvořená Power BI webová aplikace rozdělena do více vrstev a obsahuje vizualizaci (dashboard) pro jednoduché srovnání

- **Dopad přepočtený na 1 km** – souhrnné číslo vztažené k typizovanému proběhu a vizualizace obsahující možnosti podrobnější analýzy
- **Základní rozhraní** – umožňuje nastavení vlastního proběhu vozidla a vidět podíly jednotlivých dopadů a fází vozidla
- **Pokročilé rozhraní** – přidává grafy celého životního cyklu s možností individuálních nastavení spotřeby vozidel

Níže je uveden popis jednotlivých vrstev a jsou uvedeny ukázky a způsoby použití nástroje.

Posouzení environmentálních dopadů životního cyklu vozidel
Tato specializovaná databáze Databáze environmentální dopadů vozidel v závislosti na vstupních parametrech je financována se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva dopravy ČR v rámci Programu DOPRAVA 2020+

CDV CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU
VŠCHT VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE
FAKULTA ENERGETICKÝ STROJNÍHO ÚSTAV INŽENÝRSTVÍ

Tato interaktivní databáze je určena na posouzení dopadů životního cyklu městských dopravních prostředků na životní prostředí v podmínkách ČR od fáze výroby přes provoz až po likvidaci. Databáze je zaměřena na **městský provoz vozidel** a to osobních, lehkých užitkových (LUV), nákladních a autobusů s pohony na benzin, diesel, CNG, hybridní, elektrina, vodík. Výsledky environmentálních dopadů (např. Klimatická změna, ale i další) byly identifikovány pomocí inventarizace a nástrojů LCA (Life Cycle Analysis). Uživatel má možnost vybrat si ze 3 rozhraní: Provoz na 1 km, Základní a Pokročilý režim. Více informací lze dohledat najetím kurzorem na ⓘ či v manuálu (pdf ke stažení).

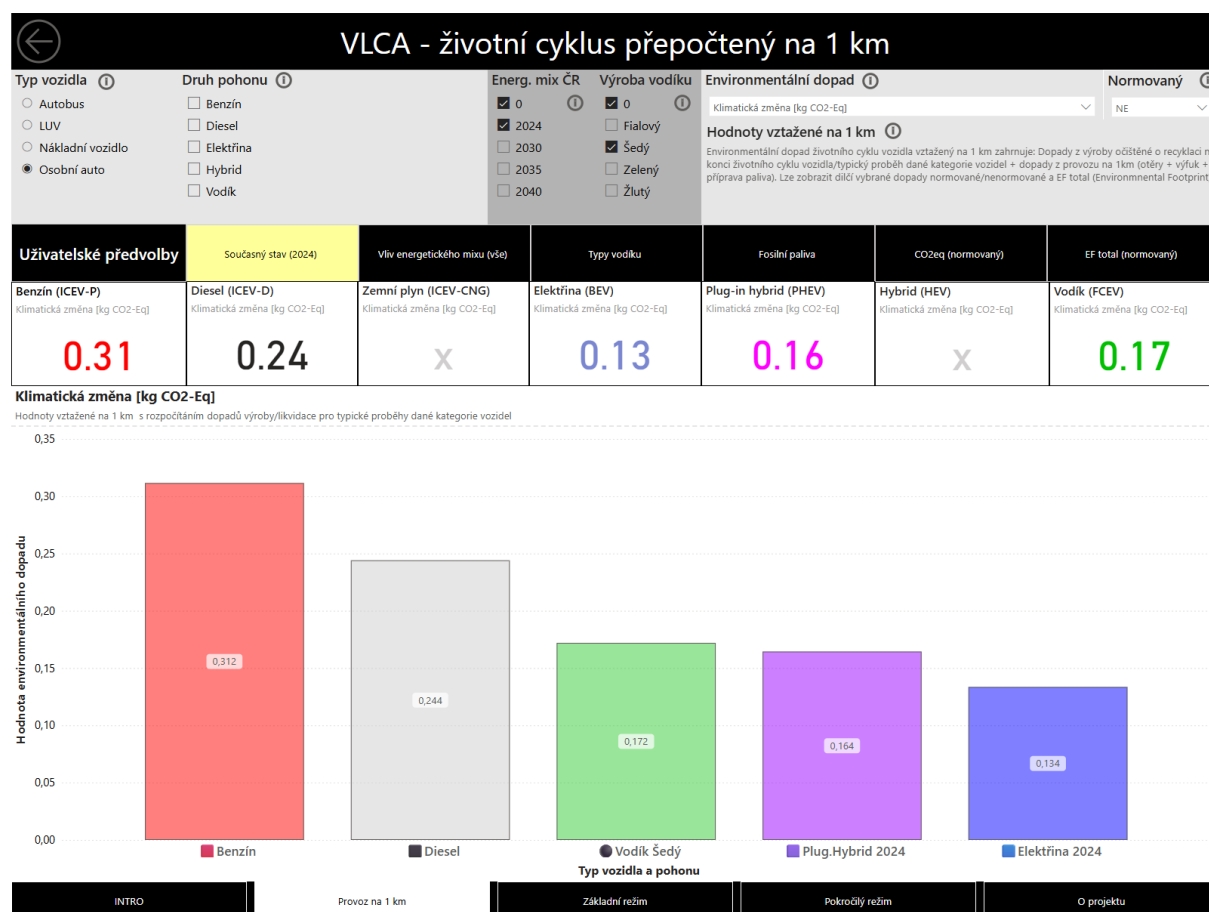
Provoz na 1 km ⓘ	Základní režim ⓘ
Pokročilý režim ⓘ	O projektu ⓘ

Data aktuální k roku 2025 (poslední aktualizace 4.11.2025)
Zdroj dat: M. Carbol (CDV Brno) marek.carbol@cdv.gov.cz, A. Paulů (VŠCHT Praha) paulua@vscht.cz, J. Štefanica (ÚJV Řež) jiri.stefanica@ujv.cz, J. Fišer (VUT Brno) fiser@fme.vutbr.cz, M. Miško (VUT Brno) 262332@vutbr.cz
Power BI: J. Pokorný (VUT Brno) pokornyj@fme.vutbr.cz ⓘ

Obrázek 1. Úvodní rozhraní s volbou režimů: Provoz na 1 km, Základní a Pokročilé rozhraní.

Dopad přepočtený na 1 km

Pro rychlou analýzu a přehlednou vizualizaci environmentálních dopadů životního cyklu vozidel lze využít ukazatel celkového dopadu přepočteného na jeden kilometr provozu. Tento ukazatel zahrnuje jak dopady z provozu samotného, tak i poměrnou část dopadů z výroby a následného zpracování vozidla. Rozpočítání těchto fází vychází z typického nájezdu vozidel v dané kategorii. Na obrázku 2 je znázorněna ukázka vizualizace pro kategorii osobních vozidel a environmentální dopad Klimatická změna [kgCO₂eq]. Hlavním prvkem je sloupcový graf, v němž se zobrazují varianty pohonů odfiltrované uživatelem. Nástroj umožňuje volbu různých parametrů, jako je kategorie vozidla, typ pohonu, energetický mix České republiky nebo způsob výroby vodíku. Pokud je vybráno více variant téhož typu pohonu, v číselné liště nad grafem se zobrazí hodnota s nejvyšším environmentálním dopadem v rámci daného pohonu. Tato číselná lišta obsahuje všechny uvažované typy pohonů bez ohledu na aktuální výběr uživatele: benzín (ICEV-P), nafta (ICEV-D), stlačený zemní plyn (ICEV-CNG), elektřina (BEV), plug-in hybrid (PHEV), hybrid (HEV) a vodík (FCEV). Pro danou kategorii vozidla některý typ pohonu není relevantní (například u autobusů není uvažován benzínový nebo plug-in hybridní pohon), zobrazí se místo hodnoty šedý křížek. Ten se zobrazí také v případě, že uživatel danou variantu aktivně odfiltruje. Nad číselnou lištou se nachází sada rychlých předvoleb ve formě záložek. Ty umožňují návrat k výchozím, předdefinovaným grafům a usnadňují tak orientaci i opakovanou práci s nástrojem.



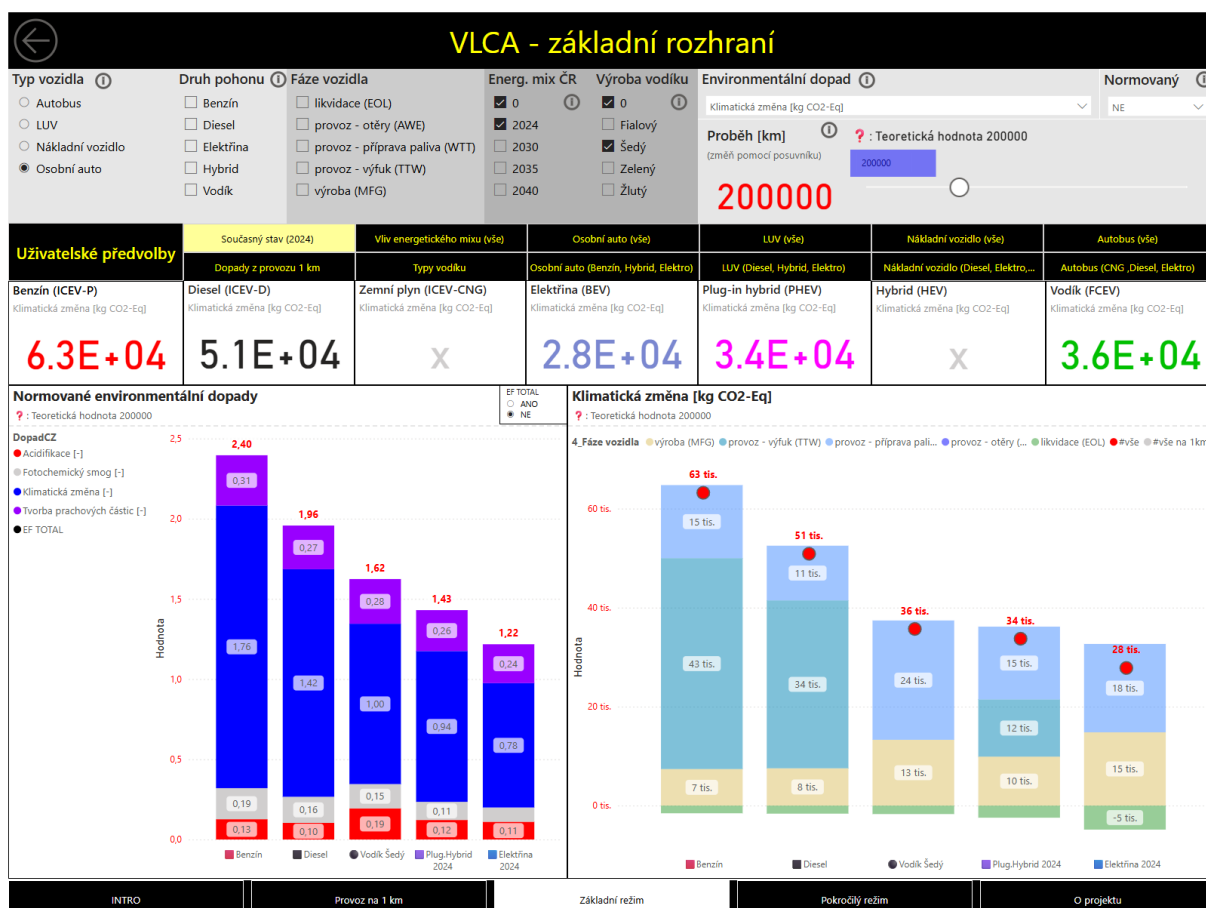
Obrázek 2. Ukázka vizualizace dopadu Klimatická změna pro celý životní cyklus osobního vozidla vztažený na 1 km

Základní rozhraní

Tento režim je určen běžným uživatelům, kterým umožňuje provést analýzu základních kategorií dopadu viz kapitola (4.1.4). Základní režim umožňuje vybrat libovolná vozidla (typ, pohon, energetický mix, typ vodíku) a případně se zaměřit na konkrétní fázi vozidla a její dopad na životní prostředí. Hlavním ovládacím prvkem je výběr konkrétního environmentálního dopadu a nastavení proběhu vozidla během jeho životního cyklu. Nástroj podporuje vícenásobný výběr kromě výběru typu vozidla, protože se nepředpokládá srovnání osobních vozidel s autobusy či jinými kategoriemi. Vždy se porovnávají vozidla v rámci stejné kategorie. Základní uživatelské rozhraní je znázorněno na obrázku 3. Uživatel si může zvolit:

- typ vozidla (např. osobní, LUV, nákladní),
- typ pohonu (např. elektro, CNG, diesel),
- scénář energetického mixu (2024–2040),
- fázi životního cyklu (výroba, provoz, likvidace)
- typ vodíků (žlutý, zelený)
- proběh odpovídající životnosti vozidla (např. 200 000 km)

Výstupem je zobrazení environmentálních dopadů na uživatelem zvolený proběh (životnost vozu). Lze zadat hodnotu typizovaného proběhu pro danou kategorii vozidel či vlastní zadanou hodnotu, např. pokud uživatel zadá 200 000 km – dopady všech typů pohonů jsou napočítané na životnost 200 000 km.



Obrázek 3. Základní rozhraní. Levý graf zobrazuje normované hodnoty vybraných dopadů a čarový graf pak EF_Total, což je celkový normovaný dopad po vážení. Pravý graf zobrazuje dopady různých fází vozidla (výroba – žlutě, provoz - modře, zpracování - zeleně). Tyto grafy jsou již vztaženy k uživatelem zadanému proběhu, stejně tak i hodnoty v číselně liště.

V rámci tohoto zobrazení lze sledovat jak dílčí environmentální dopady (např. acidifikaci, klimatická změna, částice, fotochemická oxidace), tak i souhrnný dopad vyjádřený ukazatelem EF Total. Nastavením posuvníku definující proběh vozidla se přepočtou veškeré sloupcové grafy, kdy hodnota proběhu se pronásobí s databázovými daty. Tato databáze je v měrných jednotkách: na 1 km (otěry) či 1 kg (příprava paliva, výfuk) či 1 kWh a 1 ks (výroba, zpracování) pro jednotlivé kombinace typů vozidel a pohonů. Výsledky jsou prezentovány formou sloupcových grafů, přičemž počet zobrazených sloupců závisí na výběru uživatele. Pro jednoduché analýzy se doporučuje vybrat pouze ty varianty, které jsou pro uživatele v daném okamžiku relevantní, protože větší počet variant může vést k nepřehlednosti grafu. Součástí sloupcových grafů jsou také tečky, které reprezentují celkový dopad včetně vlivu likvidace a recyklace, neboť zpětné využití materiálů snižuje dopady z výroby, což lze poté v grafech vidět jako záporná hodnota dopadu (viz zelený sloupec v grafu napravo). Horní okraj sloupce vyjadřuje součet dopadů z výroby a provozu, zatímco červená barevná tečka ukazuje souhrnný dopad včetně započtení recyklace. Uživatel by se tedy měl při porovnávání dílčích variant zaměřit buď na jednotlivé fáze (výroba, provoz, recyklace), nebo – pokud ho zajímá celková interpretace – právě na hodnotu reprezentovanou červenou tečkou. V případě, že uživatel chce porovnávat pouze dopady provozu na 1 km, je nutné z výběru vyloučit výrobu a likvidaci a nechat zaškrtnuté všechny fáze provozu. Tím zůstane aktivní pouze část grafu vztahující se k provozu. Při tomto nastavení se objeví šedá tečka, která zobrazuje celkové dopady přepočtené na 1 km, včetně podílu výroby a likvidace, tj. stejnou informaci jakou uživatel získá z dashboardu **Provoz na 1 km**. Ovšem v Základním rozhraní lze vidět navíc podíl jednotlivých fází životního cyklu vozidla.

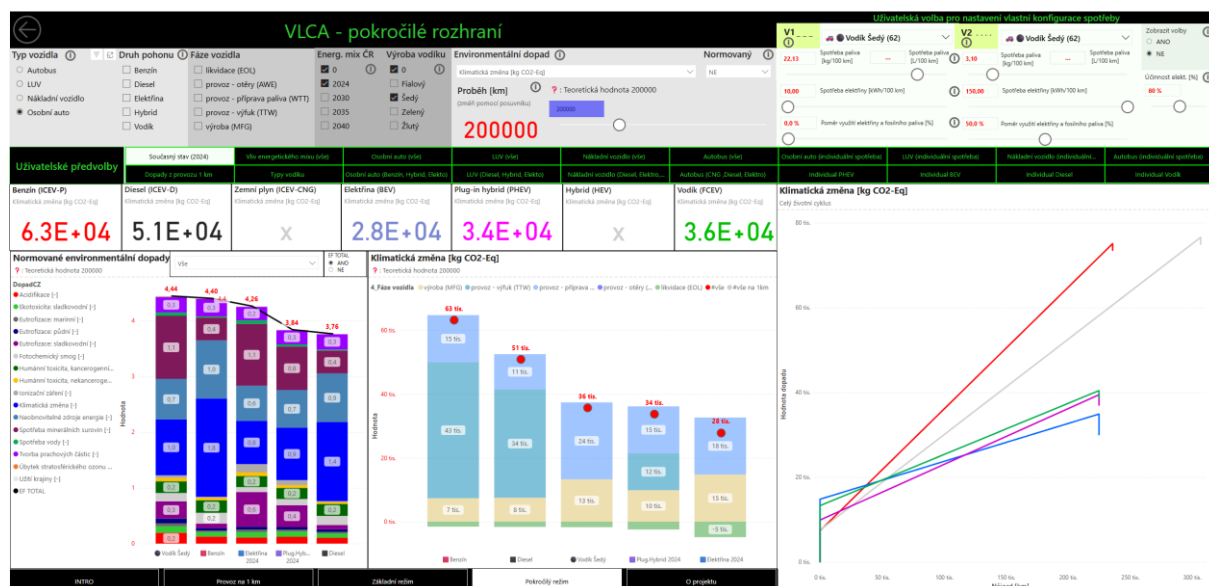
Pokročilé rozhraní

Tento režim je zaměřen na odbornější uživatele, kdy poskytuje data k 16 dílčím dopadům namísto 4. Kromě funkcí Základního rozhraní umožňuje vizualizovat celý životní cyklus vozidel v linearizovaném grafu, kde na ose x je proběh (najeté kilometry) a na ose y celkový dopad v konkrétní kategorii dopadu viz obrázek 16. Tento typ grafu umožňuje identifikovat průsečíky, tedy body, kdy začíná být dané vozidlo výhodnější z hlediska dané kategorie dopadu. Na začátku je vždy uvažován skokový nárůst vlivu výroby vozidla, následovaný lineárním průběhem (zjednodušující předpoklad, že v čase se parametry dopadů nemění). Na konci je skokový pokles/nárůst dopadů vlivem likvidace/recyklace. Pro vizualizace v Power BI byl zvolen zjednodušující postup, kdy se během provozu předpokládá lineární a neměnný průběh, tj. pokročilý režim v současnosti neuvažuje časovost celého životního cyklu vozidel, jak lze vidět v **analýze na obrázku 9 v kapitole 4.3.3**. Např. že se zlepšujícím se energetickým mixem se snižuje environmentální dopad již vyrobených elektrovozidel.

Pokročilé rozhraní oproti Základnímu navíc umožňuje:

- porovnání různých pohonů v jednom grafu s možností identifikace průsečíků (např. při jakém nájezdu je elektromobil výhodnější než benzínové auto)
- nastavit individuální spotřebu pro 2 uživatelské předvolby – pro každý typ vozidla lze zadat individuální spotřebu (paliva, elektřiny, vodíku). Nástroj následně přepočítá výsledný environmentální dopad. Díky tomu lze např. zjistit, jaká by musela být spotřeba benzínu, aby vozidlo mělo stejný dopad na klimatickou změnu jako elektromobil při dané spotřebě elektřiny
- možnost přizpůsobit koeficient poměru jízdy na spalovací motor vs. elektromotor, což je zásadním parametrem pro plug-in hybridy.
- možnost změnit efektivitu dobíjení baterie a přenosové sítě (přednastaveno 80 %)
- Vybrat pro normované dopady všech 16 kategorií dopadů nebo naopak srovnat pouze vybrané z nich (je zde navíc výběrové menu). V základním režimu byly 4 kategorie vybrány napevno.

Specializovaná databáze environmentálních dopadů v rámci Projektu TAČR: Posouzení environmentálních dopadů životního cyklu vozidel 2023-2025



Obrázek 16. Pokročilé rozhraní rozšiřuje Základní rozhraní o individualizované volby spotřeby a třetí spojnicový typ grafu (vpravo), zobrazující průběh celého životního cyklu. V tomto grafu je možné zobrazit aktivní individuální nastavení spotřeb (černé přerušované čáry) a tento režim obsahuje místo 4 dílčích kategorií dopadů, 16 dílčích kategorií environmentálních dopadů.

Jednou z klíčových vlastností vytvořené vizualizace v Power BI je možnost její snadné aktualizace. Stačí vložit aktualizovanou databázi do připravených šablon, které propojují základní datový model s vizualizačními prvky. V případě potřeby je možné zcela přepracovat hodnoty environmentálních dopadů spojených s výrobou, provozem a likvidací jednotlivých typů vozidel. Tato úprava však vyžaduje zásah do datového modelu Power BI, ke kterému mají aktuálně přístup pouze řešitelé projektu. Vizualizace databáze pomocí interaktivních prvků je nedílnou součástí její prezentace. Pokročilé vizualizační nástroje a možnost individuální parametrizace výrazně rozšiřují praktické využití výsledků analýzy. Zároveň slouží jako důležitý kontrolní nástroj pro finální ověření správnosti a úplnosti dat, čímž přispívají k transparentnosti a spolehlivosti celé databáze. Vytvořená vizualizace v Power BI tak není pouze finálním výstupem projektu, ale již v rámci přípravy metodiky plní důležitou roli. Umožňuje průběžnou kontrolu úplnosti a konzistence dat, a rovněž slouží jako nástroj pro citlivostní analýzu vlivu spotřeby na environmentální dopady vozidel.

Identifikace významných problémů a vysvětlení pojmů

Prvním krokem při interpretaci dat je proto vždy identifikace environmentálních problémů, které jsou vzhledem k cílům studie, jejímu rozsahu a kontextu hodnoceného systému nejrelevantnější. Výsledky LCA analýzy byly tedy souhrnně uloženy do předpočítané databáze, která představuje strukturovaný datový soubor pokrývající všechny klíčové výstupy analýzy. Tato databáze zahrnuje čtyři hlavní kategorie vozidel (osobní, lehká užitková, nákladní a autobusy) a šest typů pohonů (benzín, nafta, CNG, hybridní, elektrický a vodíkový pohon). U některých kategorií vozidel byly redukovány kombinace vzhledem k jejich čestnosti v reálné dopravě (např. benzínová nákladní vozidla a autobusy apod.) Zvláštní pozornost byla věnována vodíkovému pohonu, který byl dále členěn podle technologie výroby:

- **Šedý vodík:** vyráběn parním reformingem zemního plynu bez zachycení emisí CO₂ – vysoké environmentální zatížení.

- **Zelený vodík:** produkován elektrolýzou vody s využitím energie pouze z obnovitelných zdrojů – nejnižší dopady.
- **Růžový (Fialový) vodík:** elektrolýza vody s využitím jaderné energie – nízké emise, ale závislost na jaderných zdrojích.
- **Žlutý vodík:** využívající průměrný energetický mix ČR – environmentální dopad závisí na podílu fosilních zdrojů.

Kromě pohonů byly modelována čtyři **scénáře vivace energetického mixu** České republiky pro roky 2025, 2030, 2035 a 2040. Tyto scénáře reflektují předpokládaný pokles emisní intenzity elektroenergetiky díky rostoucímu podílu OZE a útlumu uhlí. Vliv energetického mixu se zásadně promítá do provozu elektromobilů, hybridů a vozidel na žlutý vodík. Při práci s výsledky je nutné zohlednit následující rizika a omezení databáze:

- **Dynamika vývoje energetického mixu:** Predikce pro rok 2030 a dále se může výrazně lišit od skutečného vývoje, což ovlivňuje platnost výsledků.
- **Zastaralost datových vstupů:** Hodnoty jsou čerpány z databází jako Ecoinvent, Copport a dalších, které je nutné pravidelně aktualizovat.
- **Možnost zpřesnění metodiky:** Některé výsledky mohou být ovlivněny agregovanými vstupy nebo chybějícími dílčími dopady.

Předpoklady vstupující do analýzy městského provozu

Tento nástroj byl navržen tak, aby kombinoval robustní datový základ s uživatelsky přívětivým rozhraním, které umožňuje jak základní, tak pokročilou analýzu. Databáze VLCA slouží jako podkladový zdroj dat a obsahuje výpočty environmentálních dopadů pro jednotlivé typy vozidel napříč kategoriemi a variantami pohonů. Je založena na kombinaci dat z několika validovaných databází (např. Ecoinvent), přičemž výsledky byly agregovány podle jednotné metodiky LCA. Veškeré hodnoty jsou vztaženy na funkční jednotku, kterou je **1 km provozu daného vozidla** či na 1 kg paliva. Pro výpočty dopadů provozu byly použity **hodnoty spotřeb typické pro městský provoz**, viz Tabulka 1. V tabulce jsou uvedeny spotřeby fosilních paliv v kilogramech (kg) a spotřeba elektrické energie v kilowatthodinách (kWh). U hybridních pohonů byl standardně uvažován podíl využití elektrické energie vůči fosilním palivům ve výši 53 %. Zároveň byla započítána účinnost přenosu elektrické energie z elektrárny přes distribuční síť a nabíječku až do baterie vozidla, která byla stanovena na 80 %.

Tabulka 1 – typizované spotřeby vozidel pro městský provoz a barevný kód typů pohonu

Kategorie vozidel	Typ pohonu	Spotřeba paliva [kg/100 km]	Spotřeba elektřiny [kWh/100 km]	Typický proběh životního cyklu [km]
Osobní auto	Benzín	6.778	X	236000
Osobní auto	Diesel	5.309	X	307000
Osobní auto	Elektřina	X	14.800	225000
Osobní auto	Hybrid (plug-in)	4.319 (47%)	16.094 (53%)	225000
Osobní auto	Vodík	0.897	X	225000
LUV	CNG	7.744	X	398200
LUV	Diesel	7.789	X	396300
LUV	Elektřina	X	24.722	398200
LUV	Hybrid (plug-in)	5.221 (47%)	19.333 (53%)	398200

Specializovaná databáze environmentálních dopadů v rámci Projektu TAČR:
Posouzení environmentálních dopadů životního cyklu vozidel 2023-2025

LUV	Vodík	1.498	X	398200
Nákladní vozidlo	Diesel	15.249	X	647000
Nákladní vozidlo	Elektřina	X	50.237	550000
Nákladní vozidlo	Hybrid	11.437	X	550000
Nákladní vozidlo	Vodík	3.045	X	550000
Autobus	CNG	36.363	X	784600
Autobus	Diesel	32.254	X	629700
Autobus	Elektřina	X	106.260	784600
Autobus	Hybrid	22.133	X	784600
Autobus	Vodík	6.440	x	784600

Jednotlivé environmentální dopady byly získány vynásobením měrného dopadu a typické spotřeby. Databáze zahrnuje celkem 51 dopadových kategorií – 25 normovaných, 25 nenormovaných a jeden vážený normovaný ukazatel *Environmental Footprint Total (EF Total)*. Pro základní i pokročilý režim hodnocení však byly vybrány pouze ty dopady, které jsou z hlediska politických cílů a regulačních nástrojů nejvýznamnější – například klimatická změna, spotřeba primárních surovin nebo toxicita.

Přehled těchto prioritních dopadů je uveden v tabulce 2. V současnosti se nejčastěji sleduje produkce skleníkových plynů, avšak z hlediska dopadů na životní prostředí se do popředí stále více dostávají i další environmentální aspekty. Vzhledem k tomu, že každý dopad je vyjádřen v jiné jednotce, je nezbytné převést tyto hodnoty do normované podoby. Součtem všech normovaných hodnot pak lze získat již zmíněný ukazatel EF Total, který prostřednictvím systému vážení umožňuje objektivně stanovit celkový environmentální dopad provozu vozidel na životní prostředí v průběhu celého jejich životního cyklu.

Tabulka 2 – Environmentální dopady a jejich dostupnost v Základním (zvýrazněno žlutě) a Pokročilém módu (1 = dostupný, 0 = nedostupný). Podkategorie dopadů (šedě) nebyly vizualizovány, i když jsou součástí podkladové databáze.

Dopad	Jednotka nenormovaná / normovaná		Základní režim	Pokročilý režim
Acidification	[mol H ⁺ -Eq]	[-]	1	1
Climate change[	[kg CO ₂ -Eq]	[-]	1	1
Climate change: biogenic	[kg CO ₂ -Eq]	[-]	0	0
Climate change: fossil	[kg CO ₂ -Eq]	[-]	0	0
Climate change: land use and land use change	[kg CO ₂ -Eq]	[-]	0	0
Ecotoxicity: freshwater	[CTUe]	[-]	0	1
Ecotoxicity: freshwater, inorganics	[CTUe]	[-]	0	0
Ecotoxicity: freshwater, organics	[CTUe]	[-]	0	0
Energy resources: non-renewable	[MJ, net calorific value]	[-]	0	1
Eutrophication: freshwater	[kg P-Eq]	[-]	0	1
Eutrophication: marine	[kg N-Eq]	[-]	0	1
Eutrophication: terrestrial	[mol N-Eq]	[-]	0	1
Human toxicity: carcinogenic	[CTUh]	[-]	0	1
Human toxicity: carcinogenic, inorganics	[CTUh]	[-]	0	0
Human toxicity: carcinogenic, organics	[CTUh]	[-]	0	0
Human toxicity: non-carcinogenic	[CTUh]	[-]	0	1
Human toxicity: non-carcinogenic, inorganics	[CTUh]	[-]	0	0

Specializovaná databáze environmentálních dopadů v rámci Projektu TAČR:
Posouzení environmentálních dopadů životního cyklu vozidel 2023-2025

Human toxicity: non-carcinogenic, organics	[CTUh]	[-]	0	0
Ionising radiation: human health	[kBq U235-Eq]	[-]	0	1
Land use	[dimensionless]	[-]	0	1
Material resources: metals minerals	[kg Sb-Eq]	[-]	0	1
Ozone depletion	[kg CFC-11-Eq]	[-]	0	1
Particulate matter formation	[disease incidence]	[-]	1	1
Photochemical oxidant formation: human health	[kg NMVOC-Eq]	[-]	1	1
Water use	[m3 world Eq deprived]	[-]	0	1
EF total	x	[-]	1	1

Uživatel má na výběr z různých indikátorů environmentálních dopadů podle zvoleného režimu: Základní rozhraní: umožňuje výběr z $4 \times 2 + 1 = 9$ indikátorů, Pokročilé rozhraní: nabízí až $16 \times 2 + 1 = 33$ indikátorů, Databáze Ecoinvent ve své úplnosti obsahuje $25 \times 2 + 1 = 51$ indikátorů (včetně dílčích, zobrazených šedě v tabulce). Tyto dílčí indikátory však nebyly použity, neboť nevstupují do váženého výpočtu celkového environmentálního dopadu EF Total. Pro zjednodušenou analýzu lze sledovat pouze celkový dopad prostřednictvím indikátoru EF Total. V rámci interpretace bylo důležité nejen prezentovat výsledky v absolutních hodnotách, ale také umožnit relativní srovnání mezi jednotlivými typy vozidel, pohonů a scénářů. To přispívá k hlubšímu pochopení environmentální výhodnosti jednotlivých řešení. Pro tento účel byl vytvořen vizualizační nástroj v prostředí Power BI, jehož funkcionality je dále stručně nastíněna.

Při provádění porovnání dopadů doporučujeme zadat pouze ty typy vozidel, které jsou předmětem zájmu., neboť výsledky mohou uživatele snadno zahltit množstvím informací. To může být zejména pro méně zkušené uživatele matoucí. Z tohoto důvodu je vhodné pracovat s omezeným počtem variant a dopadových kategorií, které jsou pro konkrétní analýzu relevantní. Postupné zpřesňování a rozšiřování výběru umožňuje lépe porozumět výsledkům a podporuje efektivní využití nástroje.

System předvoleb

Pro rychlou a efektivní práci s oběma režimy je k dispozici možnost předvoleb a uživatelsky předdefinovaných výběrů, které umožňují snadné filtrování relevantních scénářů či dopadových kategorií podle zaměření analýzy. Tzv. **uživatelské předvolby**, slouží jako rychlé filtry v nástroji. Pro usnadnění analýzy uživatelem je rozhraní rozděleno na základní a pokročilé, vybavené systémem předvoleb.

Pro Provoz na 1 km ke možné vybrat předvolby týkající se

- **Současný stav (2024)**
- **Vliv energetického mixu (vše)**
- **Typy vodíku**
- **Fosilní paliva**
- **Co2eq (normovaný)**
- **EF total (normovaný)**

Pro základní rozhraní jsou dostupné předvolby:

- **Současný stav (2024)** – přehled dostupných pohonů v současnosti, ukázka pro osobní auto, uživatel může přepnout na jiný typ vozidla.
- **Vliv energetického mixu (vše)** – časový vývoj na základě současného stavu (2024) a predikce energetického mixu ČR pro roky 2030, 2035, 2040; ukázka pro osobní auto s možností přepnutí na jiný typ vozidla.
- **Osobní auto (vše)** – výběr všech typů pohonů a energetických mixů pro osobní vozidlo.
- **LUV (vše)** – výběr všech typů pohonů a energetických mixů pro lehká užitková vozidla.
- **Nákladní vozidlo (vše)** – výběr všech typů pohonů a energetických mixů pro nákladní vozidlo.
- **Autobus (vše)** – výběr všech typů pohonů a energetických mixů pro autobusy.
- **Dopady z provozu 1 km** – dopady pouze provozu (modré kolečko); dopady z provozu se započtenou výrobou a likvidací vztažené k typizovanému proběhu, tedy také dopad na 1 km.
- **Typy vodíku** – porovnání dostupných (žlutý, zelený) a teoretických typů vodíku (zelený, růžový).
- **Zúžené předvolby dle kategorií vozidel a pohonů** – např. Osobní auto (Benzín, Hybrid, Elektro), LUV (Diesel, Hybrid, Elektro), Nákladní vozidlo (Diesel, Elektro, Vodík), Autobus (CNG, Diesel, Elektro).

Pokročilé rozhraní navíc obsahuje předvolby na:

- **Individuální spotřeba** pro osobní auta, LUV, nákladní vozidla a autobusy (citlivostní studie vlivu spotřeby).
- **Individual PHEV** – citlivostní studie vlivu využití elektrického pohonu u plug-in hybridů pro osobní automobily.
- **Individual BEV** – citlivostní studie vlivu spotřeby elektřiny s možností modifikace defaultní účinnosti přenosu elektřiny (elektrická síť, dobíječky) do baterie pro lehká užitková vozidla.
- **Individual Diesel** – citlivost spotřeby dieselu pro nákladní vozidla.
- **Individual Vodík** – citlivost spotřeby vodíku pro autobusy.

Kontrola výsledků

Proces kontroly výsledků představuje klíčovou součást metodické správnosti a věrohodnosti celé LCA studie. Aby bylo možné na výstupech postavit spolehlivá rozhodnutí, je nezbytné ověřit, že jsou výsledky:

- úplné (zahrnují všechny relevantní dopady),
- konzistentní (vznikly v souladu s definovanými pravidly),
- robustní vůči změnám vstupních parametrů (citlivostní analýza).

Každý z těchto tří aspektů bude dále rozveden v samostatných podkapitolách. Jednou z důležitých vlastností prezentované databáze je její možnost aktualizace. V případě potřeby lze zcela přepracovat hodnoty environmentálních dopadů spojených s výrobou, provozem a likvidací jednotlivých typů vozidel. Tato aktualizace však vyžaduje specifický zásah do datového modelu v Power BI, ke kterému mají v současnosti přístup pouze řešitelé projektu.

Kontrola kompletnosti

Kontrola kompletnosti má za úkol ověřit, zda byly do výpočtu zahrnuty všechny podstatné vstupy, výstupy a dopadové kategorie. Z pohledu této metodiky byla úplnost zajišťována několika způsoby:

- **Porovnání s referenčními LCA studiemi:** byly srovnány zahrnuté kategorie dopadů s obdobnými studiemi pro vozidla v evropském prostoru (např. Ecoinvent, IPCC a jiné).
- **Pokrytí všech fází životního cyklu:** tj. od těžby surovin přes výrobu a provoz až po likvidaci. Například výroba baterií u elektromobilů nebo recyklace vodíkových tlakových lahví nesmí být opomenuta.
- **Relevance dopadových kategorií:** nebyly uvažovány pouze běžně sledované dopady jako CO₂ ekvivalent, ale i méně běžné – jako je eutrofizace, toxicita nebo spotřeba vody.

V rámci kontroly bylo dále ověřeno, že všechny vybrané dopadové kategorie byly řádně vyplněny pro každou kombinaci kategorie vozidla, pohonu a scénáře.

Kontrola konzistence

Kontrola konzistence se zaměřuje na to, zda byly při modelování a výpočtech dodrženy jednotné principy. To zahrnuje:

- **Metodickou konzistenci:** ve všech výpočtech byly uplatněny stejné přístupy, např. stejná funkční jednotka (1 km), jednotné emisní faktory či výpočtové algoritmy.
- **Datovou konzistenci:** vstupní data byla získávána z validovaných zdrojů (např. Ecoinvent) a zpracována pomocí jednotné struktury v databázi VLCA.
- **Softwarovou konzistenci:** veškeré výpočty byly realizovány ve stejném nástroji (Excel/PowerBI) a za použití jednotných výpočtových skriptů (DAX, power query).

Byly provedeny kontrolní výpočty na vybraném vzorku dat, které byly následně ručně porovnány s výsledky v Power BI. Výsledky potvrdily konzistenci mezi modelovým vstupem a vizualizovaným výstupem.

Citlivostní analýza

Citlivostní analýza (je nezbytnou součástí interpretace, neboť slouží k odhalení parametrů, které mají zásadní vliv na výsledky. V rámci této studie byly provedeny následující citlivostní simulace:

- **Individuální spotřeba** – pro každý typ vozidla lze zadat individuální spotřebu (paliva, elektřiny, vodíku). Nástroj následně přepočítá výsledný environmentální dopad. Díky

tomu lze např. zjistit, jaký musí být reálný nájezd nebo účinnost, aby vozidlo s vyššími emisemi bylo srovnatelné s ekologičtější variantou.

- **Vliv energetického mixu** – uměna scénáře (2024 vs. 2040) má výrazný dopad zejména u elektromobilů a zeleného/vodíkového pohonu. Výsledky ukazují, že přechod na bezemisní mix výrazně zvyšuje výhodnost elektrického pohonu.
- **PHEV simulace** – poměr jízdy na spalovací motor vs. elektromotor je zásadním parametrem pro plug-in hybridy. Analýza ukázala, že při méně než 40% podílu elektropohonu začíná být PHEV srovnatelný s konvenčním vozidlem z pohledu emisí.
- **Efektivita dobíjení** – nástroj umožňuje simulaci přenosových ztrát (např. jen 70–80 % energie se reálně dostane do baterie). To má významný dopad na výpočet dopadů u elektromobilů, zejména při použití veřejných rychlodobíječek.

Ukázka formulace závěrů a doporučení

Na základě výsledků LCA analýzy, provedené interpretace a ověřovacích kroků lze formulovat věcně podložené závěry, které umožní efektivní využití výstupů v rozhodovací praxi. Cílem této fáze není pouze shrnutí číselných výstupů, ale zejména jejich kontextualizace – tedy odpověď na otázku „co z toho vyplývá“ pro různé cílové skupiny (tvůrce politik, dopravní plánovače, provozovatele vozového parku apod.).

Hlavní poznatky:

1. **Typ pohonu má zásadní vliv na environmentální dopady vozidla**, přičemž jednoznačně nejnižší hodnoty vykazuje elektrický pohon napájený z nízkoemisního zdroje (OZE, jádro). Vodíkový pohon může být rovněž výhodný, pokud je vodík vyráběn šetrnou cestou (např. zelený nebo růžový vodík).
2. **Rozdíly mezi pohony se výrazně mění v čase** v závislosti na vývoji energetického mixu. To znamená, že pohon, který je v roce 2024 méně výhodný, se může stát nejvýhodnějším v roce 2040 (např. elektroauta).
3. **Životní fáze s nejvyššími dopady není vždy provoz** – u elektromobilů hraje zásadní roli výroba (zejména baterie), zatímco u dieselových aut dominuje provozní fáze.
4. **Možnost zadat individuální hodnoty** (např. spotřeba, nájezd) zásadně mění výsledky. Vozidlo s nízkou spotřebou může být environmentálně výhodnější než teoreticky „čistší“ pohon s vysokou ztrátou nebo malým využitím.
5. **PHEV vozidla jsou velmi citlivá na styl použití** – při vysokém podílu provozu na elektřinu mohou být výhodná, při častém využití spalovacího motoru však přínos mizí.

Praktická doporučení: Na základě uvedených poznatků doporučujeme:

- **Zohlednit dynamiku vývoje mixu** při navrhování legislativních a dotačních nástrojů – hodnocení by mělo být založeno na budoucím, nikoli jen současném stavu.
- **Podporovat OZE a jaderné zdroje**, protože významně zvyšují ekologický přínos elektromobility a vodíkových technologií.
- **Zajistit pravidelnou aktualizaci datových podkladů**, zejména emisních faktorů a technologických parametrů.
- **Používat vhodné a aktuální nástroje**, které umožňují přímou simulaci environmentálních dopadů na základě reálných provozních parametrů.
- **Optimalizovat vozidla podle typu nasazení** – tato studie byla zaměřena na městský provoz napříč různými kategoriemi vozidel.

- **Pracovat s ověřenými a podloženými daty** – v této práci jsme vycházeli z typizovaných kategorií vozidel, jejichž parametry byly podloženy rozsáhlou rešeršní studií.

Individuální profily vozidel vyžadují důkladné zvážení skutečné materiálové skladby a toků, což výrazně zvyšuje složitost analýzy. Při hodnocení většího množství kombinací různých vozidel a jejich složení je proto nezbytné použít typizaci, která však musí být vždy pečlivě podložena a zdůvodněna.

Zaměření na vývoj scénářů

Budoucí predikce energetického mixu, výrobních technologií a infrastrukturních možností by měly být nedílnou součástí každé relevantní studie životního cyklu (LCA). V této studii jsme vycházeli z predikce energetického mixu v České republice podle Z hlediska vytvořené databáze však existují významná rizika a nejistoty, která mohou ovlivnit přesnost a platnost výsledků.

- Nutnost pravidelně aktualizovat databázi, pokud se bude vývoj energetického mixu odlišovat od predikcí z roku 2024.
- Při určování hodnot bylo vycházeno z databází Ecoinvent, Copert a dalších; aktualizace databáze může vést ke zpřesnění výsledků.
- Hodnoty uvedené v databázi tedy vycházejí ze současného stavu poznání v roce 2025 a v budoucích letech je pravděpodobná potřeba jejich přešetření či aktualizace samotné databáze.

Popisky a vysvětlivky v Power BI

① – slouží k vysvětlení ovládacích prvků, níže je uveden jejich přehled

Intro

- **Provoz na 1 km** – Základní režim slouží k porovnání dopadů životního cyklu vozidel bez nutnosti zadávat podrobné informace. Předpokládá typizované průběhy vozidel, které nelze měnit a jsou implicitně zahrnuty do výsledků. Obsahuje čtyři základní environmentální dopady.
- **Základní režim** s individuálním průběhem. Umožňuje porovnat vozidla pro uživatelem zvolený průběh. Všechny grafy se při změně hodnoty posuvníku automaticky přepočítají, takže lze sledovat vývoj dopadů v průběhu celého životního cyklu. Výsledky vždy zobrazují stav po výrobě, provozu i likvidaci, i když je zadána malá hodnota (např. 50 000 km). Tento režim umožňuje i podrobnější porovnání – lze: porovnávat jednotlivé dopady mezi sebou; identifikovat míru dopadu výroby, provozu a likvidace. Obsahuje 4 základní dopady.
- **Pokročilý režim** – představuje nastavbu na základní režim. Obsahuje navíc individuální režim s možností volby vlastní spotřeby. Tento režim zahrnuje všech 16 dopadů uvedených v databázi Ecoinvent a umožňuje porovnání vozidel pro uživatelem zvolený průběh.
- **O projektu** – Podrobnosti k projektu. Obsahuje odkazy na podrobnější analýzy realizované v rámci projektu, které nebyly zahrnuty do vizualizace v Power BI.
- **Řešitelský tým** – projektu zodpovědný za tuto specializovanou databázi.

Provoz na 1 km

- **Výběr typu vozidla** – výběrem uživatel zobrazí pouze data týkající se jedné konkrétně vybrané kategorie vozidla
- **Výběr pohonu** – umožňuje vícenásobný výběr, vše se vybere, pokud jsou označeny všechny políčka nebo žádné
- **Energetický mix** – umožňuje vícenásobný výběr. 2024 vychází z již doložených dat, ostatní roky jsou predikce pro strategii ČR na snižování emisí v energetice. Pozn: 0 – vyfiltruje pouze fosilní paliva, která nejsou závislá na en. mixu
- **Vodík** – v současné době je dostupný tzv. Šedý vodík (vyráběn parním reformingem zemního plynu). Zelený (pouze obnovitelné zdroje), Žlutý (en. mix ČR včetně elektrárén na fosilní paliva), Ružový = Fialový (pouze z jaderných el.) vodík jsou koncepty výroby vodíku elektrolýzou vody, a to se zdroji uvedenými v závorce. Pozn: 0 – vyfiltruje pouze paliva, která nepoužívají vodík.
- **Výběr environmentálního dopadu** (Pokud vedlejší záložka Normovaný = ANO, tak se zobrazí bezrozměrné ukazatele včetně EF total. Pokud Normovaný = NE – tak se zobrazí s jednotkami dopadu)
- **Normovaný ANO/NE** – ovlivňuje možnost volby Environmentálního dopadu. Pozor při změně může zmizet spodní graf a je potřeba vždy znovu vybrat konkrétní dopad. Systém předvoleb má rovněž vliv na tento prvek.
- **Proběh** – v tomto rozhraní není posuvník na uživatelem zvolený proběh vozidla ale hodnoty jsou přepočteny na 1 km a v tom jsou zahrnuty i dopady z výroby a likvidace vztahované na 1 km při daném typizovaném proběhu životního cyklu vozidla.
- **Na 1 km** – Environmentální dopad životního cyklu vozidla vztahovaný na 1 km zahrnuje: Dopady z výroby očištěné o recyklaci na konci životního cyklu vozidla/typický proběh dané kategorie vozidel + dopady z provozu na 1km (otěry + výfuk + příprava paliva). Lze zobrazit dílčí vybrané dopady normované/nenormované a EF total (Environmental Footprint = Environmentální stopa) což je souhrnný ukazatel, používaný v oblasti LCA analýzy.

Základní režim (obsahuje navíc, či jinak formulované)

- **Fáze vozidla** – výběrem uživatel zobrazí pouze data týkající vybraných fází vozidla
- **Proběh** – V tomto rozhraní má uživatel možnost porovnat typy vozidel pro jím vybraný proběh. Pokud chce zachovat dopady na 1 km, je potřeba nastavit na posuvníku 1 km a zaškrtnout všechny Fáze vozidla týkajícího se provozu, pak se objeví šedé tečky v grafu vpravo dole. Graf vlevo nemá tuto funkci a vždy uvažuje celý životní cyklus definovaný proběhem na posuvníku.

Pokročilý režim (obsahuje navíc, či jinak formulované)

- **Proběh** – V tomto rozhraní má uživatel možnost porovnat typy vozidel pro jím vybraný proběh. Pokud chce zachovat dopady na 1 km, je potřeba nastavit na posuvníku 1 km a zaškrtnout všechny Fáze vozidla týkajícího se provozu, pak se objeví šedé tečky v grafu dole uprostřed. Graf vlevo nemá tuto funkci a vždy uvažuje celý životní cyklus definovaný proběhem na posuvníku.
- **Volba 1 a 2** – Uživatelská předvolba spotřeby vozidla
Na základě zvoleného typu vozidla a pohonu si uživatel vybere z menu konkrétní typ vozidla a následně může upravit jeho spotřebu pomocí posuvníku dole. Posuvníky umožňují nastavit širokou škálu hodnot spotřeby, přičemž v čárovém grafu se zobrazí pouze ty spotřeby, které jsou relevantní pro vybraný typ pohonu. Pozor, v případě, že uživatel změní typ vozidla, je nutné znovu vybrat individuální volby.

- **Zobrazit volby** (v čárovém grafu) – Pokud je zvoleno ANO, zobrazí se čárkovaná čára V1 a tečkovaná čára V2. Při najetí na hodnoty v dolní části grafu se zobrazí aktuální srovnání pomocí sloupcových grafů. Pokud uživatel vybere totožný typ vozidla, zobrazí se obě čáry, ale po najetí na graf se zobrazí pouze jeden sloupec s vyšší hodnotou.
- **Účinnost dobíjení z elektrické sítě** – zohledňuje účinnost nabíječky a distribuční sítě vedoucí z elektrárny. Ve všech výchozích grafech předpokládáme účinnost 80 %, přičemž tuto hodnotu lze změnit pouze v individuálních volbách.
- **Spotřeba fosilního paliva** – zadává se spotřeba fosilního paliva v kg/100 km. Pro kontrolu je uveden také přepočet na litry pro benzin a naftu. Ve výchozích vizualizacích se předpokládá typizovaná spotřeba pro městský provoz.
- **Spotřeba elektřiny** – zadává se spotřeba elektřiny v kWh/100 km (týká se plug-in hybridů a elektromobilů). Tato volba je dostupná pouze pro plug-in hybridy. Ve výchozím nastavení je účinnost stanovena na 53 %, přičemž ostatní hodnoty se uplatní pouze v individuálním režimu: 83 % představuje optimistický scénář, 10 % může být pesimistický scénář.