

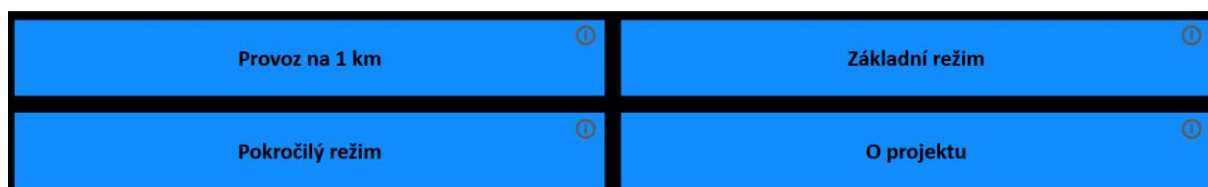
Databáze environmentálních dopadů vozidel: manuál k vizualizačnímu nástroji v Power BI

Obsah

Obsah	1
Úvod.....	2
Power BI web aplikace – základní popis vlastností.....	2
Dopad přepočtený na 1 km	3
Základní rozhraní	4
Pokročilé rozhraní	5
Identifikace významných problémů a vysvětlení pojmů	6
Předpoklady vstupující do analýzy městského provozu	8
Systém předvoleb.....	10
Příklady citlivostní analýzy.....	11
Rizika a omezení platnosti výsledků nástroje	11
Popisky a vysvětlivky v Power BI.....	12



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** (1,2 - 1,6 t), **lehkých užitkových** (LUV N1-III: 2,5 - 3,5 t), **nákladních** (5 - 10 t) a **autobusů** (13 - 15 t) s pohony na **benzín**, **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).



Data aktuální k roku 2025 (poslední aktualizace 27.1.2026)
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. Fíšer (VUT Brno) fiser@fme.vutbr.cz, M. Miško (VUT Brno) 262332@vutbr.cz
Power BI: J. Pokorný (VUT Brno) pokorny.j@fme.vutbr.cz ⓘ

Obrázek 1. Úvodní rozhraní s volbou režimů: Provoz na 1 km, Základní a Pokročilé rozhraní.
Symbol ⓘ slouží ke stručnému popisu a vysvětlení funkcí jednotlivých ovládacích prvků

Úvod

Následující text se věnuje popisu vizualizačního nástroje databáze projektu VLCA (<http://starfos.tacr.cz/projekty/CK04000045>) a interpretaci specializované databáze výsledků získaných nástroji LCA analýzy v projektu. Vizualizační nástroj byl navržen tak, aby kombinoval robustní datový základ s uživatelsky přívětivým rozhraním, které umožňuje jak základní, tak pokročilou analýzu. Databáze 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, Copert), 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. Nástroj je dostupný na adrese <https://www.cistadoprava.cz/ck04000045-posouzeni-environmentalnich-dopadu-zivotniho-cyklu-vozidel/>.

Power BI web aplikace – základní popis vlastností

Pro zajištění interaktivity a online dostupnosti byl zvolen nástroj Power BI, který se běžně používá na webu <https://www.cistadoprava.cz/> spadající pod Centrum dopravního výzkumu (CDV), čímž byl zachován stejný styl prezentace výsledků jako u ostatních databází na tomto veřejně dostupném webu. Obecně webové aplikace a dashboardy vytvořené v programu Power BI primárně slouží k vizualizaci rozsáhlých databázových dat. V tomto případě se jedná o data získaná při řešení projektu VLCA, přičemž nad touto databází je možné provádět doplňující výpočty a vizualizace, čímž jeden vizualizační prvek je schopen poskytovat různé informace dle uživatelských předvoleb a preferencí.

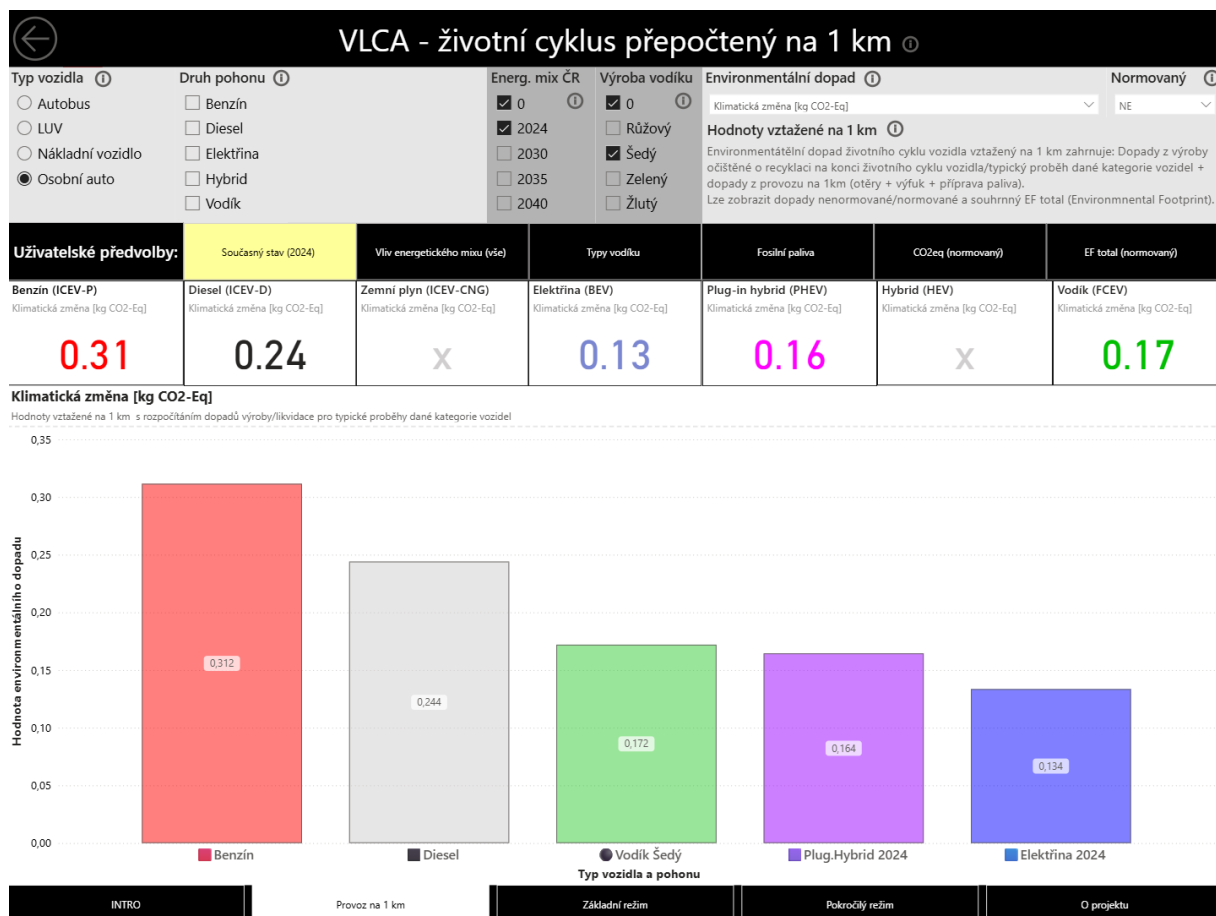
Smyslem vytvořeného interaktivního nástroje je uživateli umožnit vhléd do databáze a zaměřit se pomocí předvoleb na tu část dat, která ho zajímá. Primárně se jedná o srovnávací nástroj, kdy se ve vybrané kategorii vozidel (osobní, lehká užitková, nákladní, autobus) porovnávají environmentální dopady různých variant pohonů, energetických mixů či typů vodíku. V analýze jsou zahrnuty dopady z jednotlivých fází životního cyklu – výroba, provoz (příprava paliva, otěry z pneumatik a brzd, výfuk) a konce vozidla (zpracování/likvidace/recyklace). Uživateli jsou tak předkládány tabulky a grafy, na základě nichž 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 vizualizaci podílů jednotlivých dopadů a životních fází vozidla
- **Pokročilé rozhraní** – přidává grafy celého životního cyklu s možností individuálních nastavení spotřeby vozidel

Symbol ⓘ – v grafickém rozhraní databáze slouží ke stručnému popisu a vysvětlení funkcí jednotlivých ovládacích prvků (bližší přehled viz konec tohoto návodu).

Dále je uveden popis jednotlivých vrstev, které jsou přístupné z úvodního rozhraní znázorněném na Obrázku 1 a jsou uvedeny ukázky a způsoby použití nástroje.

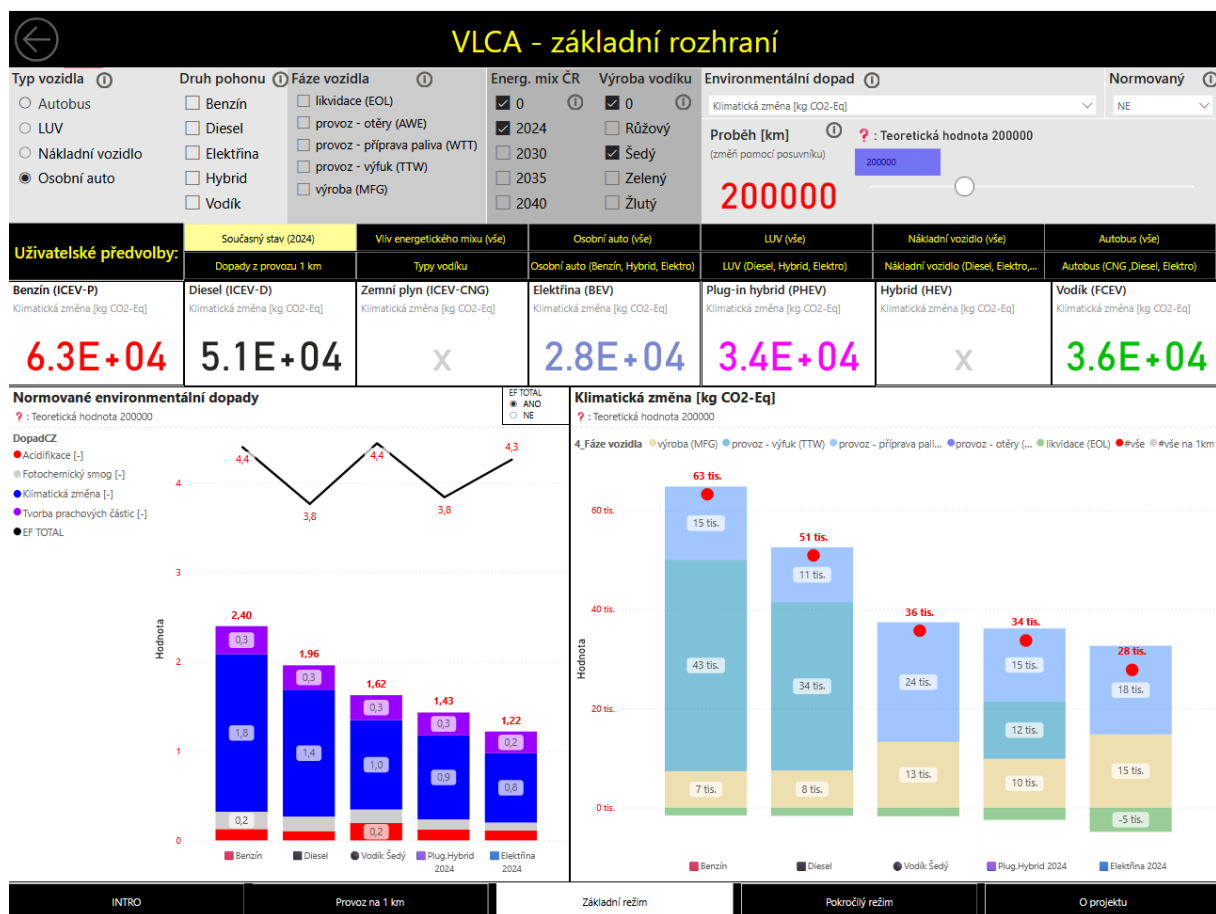
Dopad přepočtený na 1 km



Obrázek 2. Ukázka vizualizace dopadu Klimatická změna pro celý životní cyklus osobního vozidla vztažený na 1 km typického proběhu vozidla (tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1).

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 následné recyklace/likvidace vozidla na konci životnosti. 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 vybrané uživatelem. Nástroj umožňuje volbu různých parametrů, jako je kategorie vozidla, typ pohonu, energetický mix výroby elektřiny 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). Pokud pro danou kategorii vozidla není některý typ pohonu relevantní (například u autobusů není uvažován benzinový 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.

Základní rozhraní



Obrázek 3. Základní rozhraní. Levý graf zobrazuje normované hodnoty vybraných dopadů a čárový 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 zadaném proběhu, stejně tak i hodnoty v číselně liště.

Tento režim je určen běžným uživatelům, kterým umožňuje provést analýzu základních kategorií dopadu. 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 s výjimkou výběru „typu vozidla“, protože se nepředpokládá srovnání osobních vozidel s autobusy či jinými kategoriemi a vždy se tedy porovnávají výsledky pro vozidla v rámci jedné kategorie/jednoho typu. Základní uživatelské rozhraní je znázorněno na obrázku 3. Uživatel si může zvolit:

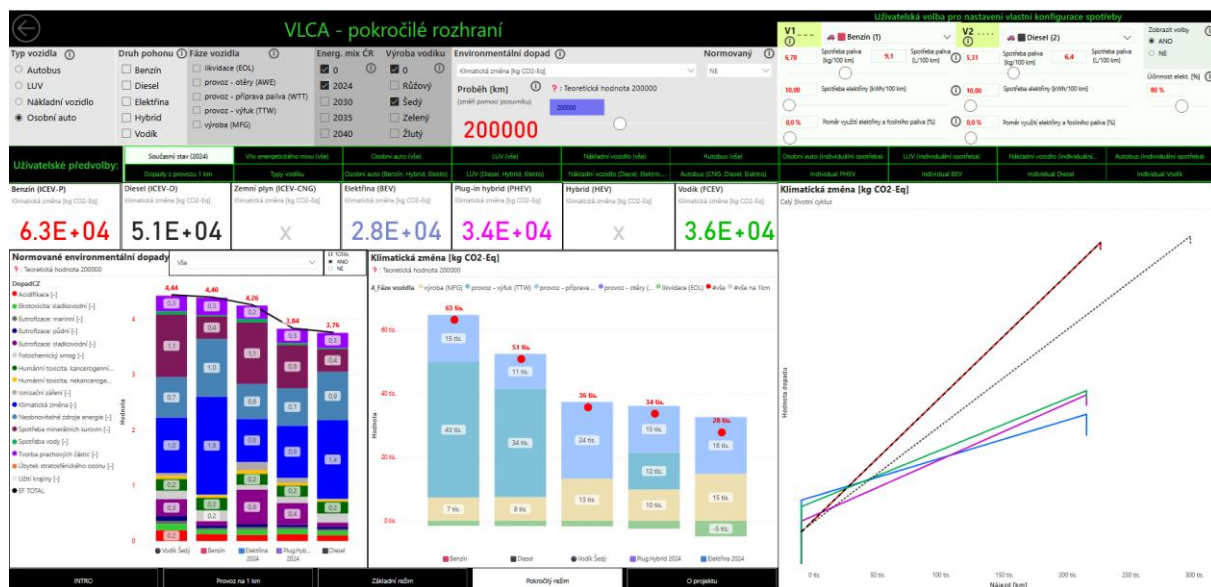
- typ vozidla (např. osobní, LUV - dodávka, nákladní, autobus)
- typ pohonu (např. benzín, diesel, elektro, CNG, hybrid / plug-in hybrid, vodík)
- scénář energetického mixu pro výrobu el. energie (2024–2040)
- fázi životního cyklu (výroba, provoz, likvidace/recyklace)
- typ vodíků (žlutý, zelený, růžový, šedý)
- 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 proběh 200 000 km.

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*. Nastavení posuvníku definuje proběh vozidla a následně se přepočtou veškeré sloupcové grafy, kdy se hodnota proběhu násobí 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/recyklace) 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 ukazatele v podobě „tečky“, které reprezentují celkový dopad včetně vlivu likvidace/recyklace, neboť zpětné využití materiálů se započítává jako snížení dopadů výroby vozidla (Snížení lze pozorovat jako zápornou hodnotu dopadu v podobě zeleného sloupce v grafu napravo). Horní okraj sloupce vyjadřuje součet dopadů z výroby a provozu, zatímco tečka červené barvy ukazuje souhrnný dopad včetně započtení likvidace/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 tečkovým ukazatelem (tečka červené barvy). 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 navíc objeví šedá tečka, která zobrazuje celkové dopady přepočtené na 1 km (včetně podílu výroby a likvidace) tj. šedá tečka ukazuje 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



Obrázek 4. 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.

Tento režim je zaměřen na odbornější uživatele, kdy poskytuje data k všem 16 dílčím dopadům typickým pro LCA analýzu. 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 4. Tento typ grafu umožňuje identifikovat průsečíky, tedy body, kdy začíná být dané vozidlo výhodnější z hlediska dané kategorie dopadu oproti vozidlu s jiným pohonem. Na začátku grafu (nájezd 0 km) je vždy uvažován skokový nárůst vlivem výroby vozidla, následovaný lineárním průběhem závislým na množství ujetých km (oproti Analýze byl zde v Power BI vzat zjednodušující předpoklad, že v čase se parametry dopadů nemění). Na konci je skokový pokles/nárůst dopadů vlivem likvidace/recyklace vozidla. Pro vizualizace v Power BI byl zvolen zjednodušující přístup, kdy se během provozu předpokládá fixní hodnoty vstupů v čase a tím i lineární průběh dopadů po celou dobu životnosti vozidel.

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).
- Nastavení individuální spotřeby 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 účinnost nabíjení baterie a ztrát v přenosové síti (kombinovaná přednastavená účinnost 80 %).
- Vybrat pro normované dopady všech 16 kategorií dopadů nebo naopak srovnat pouze vybrané z nich (je zde navíc výběrové menu). V základním režimu jsou 4 kategorie vybrány napevno.

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. Vizualizace umožňuje tedy 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 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 četnosti v reálné dopravě

(např. byla vyloučena benzínová nákladní vozidla a autobusy apod.) Zvláštní pozornost byla věnována vodíkovému pohonu, který byl dále členěn podle technologie výroby vodíku:

- **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 – v době řešení projektu preferovaný a podporovaný způsob výroby.
- **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 struktuře mixu a podílu fosilních zdrojů.

Kromě pohonů byly modelována **scénáře elektro-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 nejistotu výsledků.
- **Zastaralost datových vstupů:** Hodnoty jsou čerpány z databází jako Ecoinvent, Copert a dalších, které jsou pravidelně aktualizovány, ale data mají přece jen zpoždění několik let za reálným vývojem.
- **Možnost zpřesnění metodiky:** Některé výsledky mohou být ovlivněny agregovanými vstupy nebo chybějícími dílčími dopady.

Předpoklady vstupující do analýzy městského provozu

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 plug-in hybridních pohonů byl standardně uvažován podíl využití elektrické energie vůči fosilním palivům ve výši 53 %. Zároveň byla započítána kombinovaná 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	236 000
Osobní auto	Diesel	5,309	X	307 000
Osobní auto	Elektřina	X	14,800	225 000
Osobní auto	Hybrid (plug-in)	4,319 (47 %)	16,094 (53 %)	225 000
Osobní auto	Vodík	0,897	X	225 000
LUV	CNG	7,744	X	398 200
LUV	Diesel	7,789	X	396 300
LUV	Elektřina	X	24,722	398 200
LUV	Hybrid (plug-in)	5,221 (47 %)	19,333 (53 %)	398 200
LUV	Vodík	1,498	X	398 200
Nákladní vozidlo	Diesel	15,249	X	647 000
Nákladní vozidlo	Elektřina	X	50,237	550 000
Nákladní vozidlo	Hybrid	11,437	X	550 000
Nákladní vozidlo	Vodík	3,045	X	550 000
Autobus	CNG	36,363	X	784 600
Autobus	Diesel	32,254	X	629 700
Autobus	Elektřina	X	106,260	784 600
Autobus	Hybrid	22,133	X	784 600
Autobus	Vodík	6,440	X	784 600

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 pokročilé režimy hodnocení však byly vybrány pouze ty dopady, které jsou z hlediska 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 tučně) 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
Acidifikace	[mol H⁺-Eq]	[-]	1	1
Klimatická změna	[kg CO₂-Eq]	[-]	1	1
Klimatická změna: biogenní	[kg CO ₂ -Eq]	[-]	0	0
Klimatická změna: fosilní	[kg CO ₂ -Eq]	[-]	0	0
Klimatická změna: užití krajiny	[kg CO ₂ -Eq]	[-]	0	0
Ekotoxická: sladkovodní	[CTUe]	[-]	0	1
Ekotoxická: sladkovodní, anorganická	[CTUe]	[-]	0	0
Ekotoxická: sladkovodní, organická	[CTUe]	[-]	0	0
Neobnovitelné zdroje energie	[MJ, čistá výhřevnost]	[-]	0	1
Eutrofizace: sladkovodní	[kg P-Eq]	[-]	0	1
Eutrofizace: mořská	[kg N-Eq]	[-]	0	1
Eutrofizace: půdní	[mol N-Eq]	[-]	0	1
Humánní toxicita, kancerogenní účinky	[CTUh]	[-]	0	1
Humánní toxicita, kancerogenní účinky, anorganické	[CTUh]	[-]	0	0
Humánní toxicita, kancerogenní účinky, organické	[CTUh]	[-]	0	0
Humánní toxicita, nekancerogenní účinky	[CTUh]	[-]	0	1
Humánní toxicita, nekancerogenní účinky, anorganické	[CTUh]	[-]	0	0
Humánní toxicita, nekancerogenní účinky, organické	[CTUh]	[-]	0	0
Ionizační záření	[kBq U235-Eq]	[-]	0	1
Užití krajiny	[bezrozměrný index Pt]	[-]	0	1
Spotřeba minerálních surovin	[kg Sb-Eq]	[-]	0	1
Úbytek stratosférického ozonu	[kg CFC-11-Eq]	[-]	0	1
Tvorba prachových částic	[disease incidence]	[-]	1	1
Fotochemický smog	[kg NMVOC-Eq]	[-]	1	1
Spotřeba vody [m ³ eq. spotřebované vody]	[m ³ world Eq deprived]	[-]	0	1
EF total (celková environmentální stopa)	[-]	[-]	1	1

Uživatel má na výběr z různých indikátorů environmentálních dopadů podle zvoleného režimu: Základní rozhraní: umožňuje výběr z 4 × 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/nevýhodnosti jednotlivých řešení.

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 tři typy: Provoz na 1 km, Základní a Pokročilé (vybavené systémem předvoleb).

Pro Provoz na 1 km je 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 výsledků pohonů a využití el. mixu 2024 pro nabíjení BEV, 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 EV pohony 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 vozidla.
- **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 vztahené 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.
- **Individual Diesel** – citlivost spotřeby dieselu pro nákladní vozidla.
- **Individual Vodík** – citlivost spotřeby vodíku pro autobusy.

Příklady citlivostní analýzy

Citlivostní analýza (je nezbytnou součástí interpretace, neboť slouží k odhalení parametrů, které mají zásadní vliv na výsledky. V rámci využití nástroje lze provést například 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** – změna 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.
- **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.
 - **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.

Rizika a omezení platnosti výsledků nástroje

Budoucí predikce energetického mixu, výrobních technologií a infrastrukturních možností by měly být nedílnou součástí každé relevantní studie životního cyklu (LCA). V projektu a při výpočtu dat do databáze jsme vycházeli z predikce energetického mixu v České republice podle připravované aktualizace energetické koncepce ČR z roku 2024. 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

Symbol ⓘ – v grafickém rozhraní databáze slouží ke stručnému popisu a vysvětlení funkcí jednotlivých ovládacích prvků.

Intro

- **Provoz na 1 km** – Základní režim slouží k porovnání dopadů životního cyklu vozidel bez nutnosti zadávat podrobné informace. Předpokládá typizované proběhy vozidel, které nelze měnit a jsou implicitně zahrnuty do výsledků. Obsahuje čtyři základní environmentální dopady.
- **Základní režim** – Umožňuje porovnat vozidla pro uživatelem zvolený proběh. 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 nástavbu 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 proběh.
- **O projektu** – Podrobnosti k projektu, cíle projektu a řešitelé.
- **Řešitelský tým** – 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 všechna políčka nebo žádné.
- **Energetický mix** – Umožňuje vícenásobný výběr. 2024 vychází z již doložených dat, ostatní roky jsou predikce pro koncepci energetiky ČR do roku 2040. Pozn: 0 – vyfiltruje pouze fosilní paliva, které 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 elektráren na fosilní paliva), Růžový = Fialový (pouze z jaderných el.) vodík jsou koncepty výroby vodíku, 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 vztažené na 1 km při daném typizovaném proběhu vozidla.
- **Na 1 km** – Environmentální dopad životního cyklu vozidla vztažený na 1 km zahrnuje: Dopady z výroby očištěné o recyklaci na konci životního cyklu vozidla/typický proběh dané kategorie vozidel + dopady z provozu na 1 km (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 benzín a naftu. Ve výchozích vizualizacích se předpokládá typizovaná spotřeba pro městský provoz.
- **Spotřeba elektřiny** – Zadává se spotřeba elektřiny v kWh/100 km.
- **PHEV a jejich poměr využití elektřiny a fosilního paliva** – Tato volba je dostupná pouze pro plug-in hybridy. Ve výchozím nastavení je podíl EV provozu stanoven na 53 %, přičemž ostatní hodnoty se uplatní pouze v individuálním režimu: 83 % představuje optimistický scénář, 10 % může být pesimistický scénář.