



Sprievodca aLIFEca

Virtuálny otvorený kurz hodnotenia životného cyklu
automobilov



**Spolufinancovaný
Európskou úniou**

Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a postoje sú názormi a vyhláseniami autora(-ov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie alebo Európskej výkonnej agentúry pre vzdelávanie a kultúru (EACEA). Európska únia ani EACEA za ne nepreberajú žiadnu zodpovednosť.

1. ZAČÍNAME

1. ZAČÍNAME	1
1.1 Čo je hodnotenie životného cyklu?	2
1.2 Pre koho je kurz aLIFEca určený?	3
1.3 Čo potrebujete vedieť, kým začnete študovať kurz aLIFEca?.....	3
1.4 Čo sa naučíte a čo vám kurz aLIFEca prinesie?	4
1.5 Rámec hodnotenia a certifikácie	7

Doprava predstavuje tretinu celkovej konečnej spotreby energie v členských krajinách Európskej environmentálnej agentúry a viac ako pätinu emisií skleníkových plynov (GHG)¹. Doprava je tiež zodpovedná za veľkú časť znečistenia ovzdušia v mestách. Je hlavnou príčinou negatívneho vplyvu na ľudské zdravie a súvisí s globálnym otepľovaním. Dôležitým faktorom pri znižovaní emisií skleníkových plynov je druh paliva používaného v doprave². V odbornej literatúre sa uvádzajú jednotlivé metódy používané na hodnotenie environmentálnych aspektov, ktoré možno aplikovať aj na automobilový priemysel. LCA zohľadňuje environmentálne vplyvy počas celého životného cyklu vozidla, počnúc fázou výroby vozidla (vrátane výroby materiálov na výrobu vozidla, montáže vozidla a výroby paliva), cez fázu prevádzky (vrátane fázy spaľovania paliva a servisu vozidla) až po koniec životného cyklu (nakladanie s odpadom vrátane recyklácie a vyradenia)^{3 4}.

1.1 ČO JE HODNOTENIE ŽIVOTNÉHO CYKLU?

LCA je najvyspelejšou technikou, ktorá zohľadňuje environmentálny rozmer výrobkov a technológií. Je to vlastne metodika, ktorá sa používa na identifikáciu, charakterizáciu a posúdenie environmentálnych vplyvov počas celého životného cyklu výrobku od ťažby surovín ("kolíska") až po konečnú likvidáciu ("hrob"). LCA umožňuje porovnať environmentálne aspekty rôznych výrobkov, ako aj technologických riešení a vybrať výrobky alebo riešenia, ktoré majú najmenší vplyv na životné prostredie počas celého životného cyklu.

Vlády na celom svete musia prejsť na udržateľnú mobilitu a obnoviteľné zdroje energie. Prechod na ekologickú mobilitu spôsobuje bezprecedentnú transformáciu automobilového priemyslu a celkovú reštrukturalizáciu ekosystému. Vytvárajú sa nové pracovné miesta, ktoré nahrádzajú pracovné miesta zaniknuté v odvetví fosílnych palív. Pre tieto nové pracovné miesta bude potrebný kvalifikovaný personál. Zručnosti súvisiace s analýzou a environmentálne povedomie sa stanú nevyhnutnosťou, aby ste obstáli ako zamestnanec

¹ Rievaj V, Synák F. Produkuje elektromobil emisie? Vedecký časopis Sliezskej technickej univerzity. *Séria Doprava*. 2017; 94: 187-197

² Biela kniha o doprave, 2011. Plán jednotného európskeho dopravného priestoru a na ceste ku konkurencieschopnému dopravnému systému efektívne využívajúcemu zdroje. Európska komisia Brusel, 28.3.2011, Brusel, Belgicko. KOM (2011) 144 v konečnom znení.

³ Burchart-Korol D., Jursova S., Folęga P., Korol J., Pustejovska P., Blaut A. Environmental life cycle assessment of electric vehicles in Poland and the Czech Republic, *Journal of Cleaner Production* 2018, 202, s. 476-487

⁴ Moro A., Helmens E., A new hybrid method for reducing the gap between WTW and LCA in the carbon footprint assessment of electric vehicles (Nová hybridná metóda na zníženie rozdielu medzi WTW a LCA pri posudzovaní uhlíkovej stopy elektrických vozidiel), *The International Journal of Life Cycle Assessment* (Medzinárodný časopis o posudzovaní životného cyklu). 2017, vol. 22, issue 1, pp 4

alebo uchádzač o zamestnanie na všetkých kvalifikovaných pozíciách v automobilovom priemysle a vo všetkých druhoch súvisiacich odvetví a služieb. Hodnotenie životného cyklu (LCA) je presný spôsob merania vplyvov automobilového priemyslu na životné prostredie. Udržateľnosť je jednou z hlavných priorít dodávateľského reťazca v automobilovom priemysle.

1.2 PRE KOHO JE KURZ ALIFECA URČENÝ?

Kurz je určený pre všetkých, ktorí sa zaujímajú o LCA, automobilový priemysel a jeho prechod na ekologické nefosílné technológie. Je určený najmä pre študentov vysokých a stredných škôl, ktorí predstavujú budúciach pracovníkov v automobilovom priemysle. Okrem toho by kurz aLIFEca bol užitočný pre manažérov a inžinierov, ktorí sa zaoberajú témami udržateľnosti a budúceho vývoja produktov. V každom prípade nemôžeme zabudnúť na podnikateľov, ktorí sa zaujímajú o ekologicky udržateľné inovácie, a v neposlednom rade na lektorov, školiteľov, učiteľov, ktorí môžu kurz aLIFEca využiť na školenia, prednášky a vyučovacie hodiny.

Kurz aLIFEca odráža potreby dnešného rýchlo sa rozvíjajúceho automobilového priemyslu a tiež potreby cieľovej skupiny vďaka národným seminárom organizovaným v každej partnerskej krajine. Spätná väzba pilotnej cieľovej skupiny bola implementovaná do školenia. Moderovanie kurzu počas Národného workshopu prispelo k prispôbeniu kurzu a jeho lepšiemu chápaniu študentmi.

Môžete si byť istí, že kurz aLIFEca je prispôsobený vašim potrebám podľa aktuálnych trendov na trhu práce v automobilovom priemysle. Kurz je založený na štúdiu súčasného automobilového sektora (pozri výsledok projektu PR 1.1).

1.3 ČO POTREBUJETE VEDIEŤ PRED SPUSTENÍM KURZU ALIFECA?

Mali by ste mať základné znalosti o ochrane životného prostredia a základných pojmov z oblasti automobilového priemyslu. Nie sú potrebné všeobecné znalosti o vozidlách na konvenčné palivá, elektrických vozidlách alebo elektrických vozidlách s palivovými článkami, pretože teória o nich je tiež zahrnutá v kurze aLIFEca a aLIFEca Guide. V kurze sú vysvetlené všetky podrobnosti týkajúce sa hodnotenia životného cyklu a jeho aplikácie na automobilový sektor.

Kurz je koncipovaný ako rozsiahly online otvorený kurz (MOOC), ktorý je dostupný bezplatne online. Kurzy MOOC predstavujú inovatívne vyučovanie a učenie sa, ktoré majú svoj vlastný charakter, prebiehajú online, sú zamerané na neobmedzenú účasť na celom svete a majú otvorený prístup cez web. Kurzy MOOC poskytujú v online prostredí bezplatné a otvorené kurzy pre každého, kto sa zaregistruje bez ohľadu na farbu pleti, náboženstvo, vek, pohlavie, zdravotný stav alebo dokonca predchádzajúce vzdelanie či kvalifikáciu. Kurz MOOC aLIFEca je otvorený pre každého bez ohľadu na to, či už predtým študoval alebo nie. Kurz môžete jednoducho sledovať vlastným tempom a venovať mu toľko času, koľko potrebujete.

1.4 ČO SA NAUČÍTE A ČO VÁM KURZ ALIFECA PRINESIE?

Po absolvovaní kurzu budete mať vedomosti o hodnotení životného cyklu. Zistíte, čo táto analýza zahŕňa a ako ju aplikovať na automobilový priemysel. Dozviete sa o vplyve konvenčných a ekologických technológií mobility na životné prostredie. A čo je najpodstatnejšie, pomocou LCA budete vedieť porovnávať výrobky, technológie a služby z hľadiska ich vplyvu na životné prostredie. Pre vašu budúcu kariéru získate väčšiu výhodu pri hľadaní zamestnania.

Kurz je štruktúrovaný a prispôsobený vašim budúcim kariérnym potrebám v oblasti ekologických automobilov. Kurz je pripravený na základe požiadaviek trhu práce v automobilovom priemysle, ktorý sa posúva smerom k zelenej mobilite, a plne odráža požiadavky tohto odvetvia na pracovníkov. Kurz vyplýva z požiadaviek súčasného automobilového priemyslu na pracovné pozície v oblasti udržateľnosti, ktoré sú zhrnuté vo výsledku projektu PR 1.1. Na základe tejto štúdie je celý kurz pripravený tak, aby bol aktuálny a sledoval najnovšie trendy a špičkové technológie v automobilovom priemysle. Kurz MOOC aLIFEca je rozdelený do 5 častí - kapitola 1. Začíname, ktorú práve čítate, so všeobecnými informáciami o kurze, predpokladmi na zápis naň a 4 teoretické kapitoly. Každá kapitola pozostáva z teoretických podkladov, ktoré predstavujú danú tému a po ktorých nasledujú ďalšie materiály, ako sú prípadové štúdie, videá, články atď.

KAPITOLA 2: ÚVOD DO UDRŽATEĽNOSTI A LCA

Naučíte sa hlavné zásady udržateľnosti a metodiku LCA. V kapitole sú dôkladne vysvetlené podklady k daným témam z teoretického hľadiska. Dozviete sa, ako definovať hranice systému a aké prístupy sa na to používajú. Zoznámite sa s pojmami, ako sú

environmentálny aspekt, vplyv LCA, kategórie vplyvu LCA a environmentálna stopa. Predstavujú sa štyri hlavné etapy LCA a naučíte sa ako ich dodržiavať. Teória bude podporená praktickými príkladmi, ktoré vám pomôžu zasadiť pojmy do praktickej perspektívy. Kapitola zaručuje získanie takých technických vedomostí, ktoré vám pomôžu v budúcej profesionálnej kariére súvisiacej s LCA, a to najmä v rámci automobilového priemyslu.

Kapitolu pripravila SPIN 360, SRL - moderná a inovatívna talianska poradenská spoločnosť, ktorej hlavným poslaním je podporovať inovácie a rozvojové stratégie pre podniky a celé priemyselné odvetvia v oblasti zamestnanosti, odbornej prípravy, udržateľnosti a sociálnej zodpovednosti podnikov, ekodizajnu procesov a výrobkov a riadenia dodávateľského reťazca.

KAPITOLA 3: LCA V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSLE: VOZIDLÁ NA KONVENČNÉ PALIVÁ

Zoznámite sa s teoretickými informáciami o spaľovacích motoroch prostredníctvom opisu ich vývoja a vysvetlenia princípov ich fungovania. Uvedené sú v súčasnosti povolené emisné limity vzhľadom na súčasné európske emisné predpisy pre osobné automobily, ľahké úžitkové vozidlá, nákladné vozidlá a autobusy. V rámci kapitoly sú uvedené rôzne metódy merania spotreby paliva na základe jazdných cyklov. Súčasťou kapitoly je prípadová štúdia o hodnotení životného cyklu vozidiel s konvenčným pohonom, v ktorej sa uvádza porovnávací štúdiu ICEV - diesel a ICEV - benzín. Na záver sú teoretické poznatky podporené príkladmi výsledkov konkrétnych meraní spotreby a produkcie skleníkových plynov osobného automobilu, autobusu a vlaku v reálnej prevádzke. Kapitola zaručuje získanie technických vedomostí na lepšie posúdenie výhod alebo nevýhod používania konkrétneho dopravného prostriedku (vozidla) na základe jeho technických vlastností a druhu paliva. Kapitola rozvíja zručnosti a vedomosti, ako chrániť životné prostredie z hľadiska spotreby energie a emisií skleníkových plynov.

Kapitolu pripravila Žilinská univerzita (UNIZA) - jedna z najvýznamnejších vzdelávacích inštitúcií na Slovensku. Má dlhoročnú tradíciu so zameraním na technické a dopravné štúdium. Univerzita sa člení na 7 fakúlt, medzi ktoré patrí aj Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov. Hlavným cieľom jej činnosti je poskytovanie vzdelávania v oblasti všetkých druhov dopravy, dopravných a prevádzkových technológií. Fakulta intenzívne pôsobí v oblasti dopravy, technológií, podnikania a obchodu.

KAPITOLA 4: LCA V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSLE: ALTERNATÍVNE PALIVOVÉ VOZIDLÁ

Kapitola sa zaoberá aplikáciou alternatívnych palív v automobilovom priemysle. Na jej začiatku sú uvedené teoretické východiská týkajúce sa elektrických vozidiel, elektrických vozidiel s palivovými článkami a ich LCA. Uvádza podrobnosti o výpočtovom modeli environmentálnej stopy. Okrem toho kapitola obsahuje prípadové štúdie LCA týchto vozidiel. Analýza LCA je v rámci kapitoly prezentovaná vo forme prípadových štúdií s reálnymi prevádzkovými údajmi. Prezentované sú výsledky v závislosti od rôznych energetických mixov, v ktorých sú vozidlá prevádzkované. Prípadové štúdie sú prezentované pre niekoľko typov vozidiel s alternatívnym pohonom, ako sú batériové elektrické vozidlá a elektrické vozidlá s palivovými článkami. LCA batériových elektrických vozidiel je prezentovaná na príklade Poľska a jeho energetického mixu. Potom je predstavená LCA nabíjania batériových elektrických vozidiel pre každú krajinu EÚ. Elektrické vozidlá s palivovými článkami sa analyzujú s využitím vodíka z koksárenského plynu, sekundárneho plynu vznikajúceho v metalurgickom priemysle bohatého na vodík. Porovnáva sa s vodíkom z rôznych zdrojov. Záverečná prípadová štúdia sumarizuje porovnávaciu analýzu životného cyklu vozidiel na benzín, naftu a batérie. Získate vedomosti o aplikácii hodnotenia životného cyklu LCA v automobilovom priemysle, najmä LCA alternatívnych pohonov vozidiel.

Kapitolu pripravila Sliezska technická univerzita (SUT), ktorá je najstaršou technickou univerzitou v Hornom Sliezsku, jednou z najväčších v Poľsku a jedinou v Sliezsku, ktorá bola zaradená do prestížnej skupiny 10 poľských univerzít. SUT má 13 fakúlt a 2 inštitúty vrátane Fakulty dopravného a leteckého inžinierstva, ktoré sa zameriavajú na výskum a vývoj v oblasti vývoja alternatívnych palív a environmentálnych metód hodnotenia životného cyklu a vývoja modelov udržateľnosti dopravy.

KAPITOLA 5: NÁSTROJE PRE LCA A POSUDZOVANIE VPLYVOV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

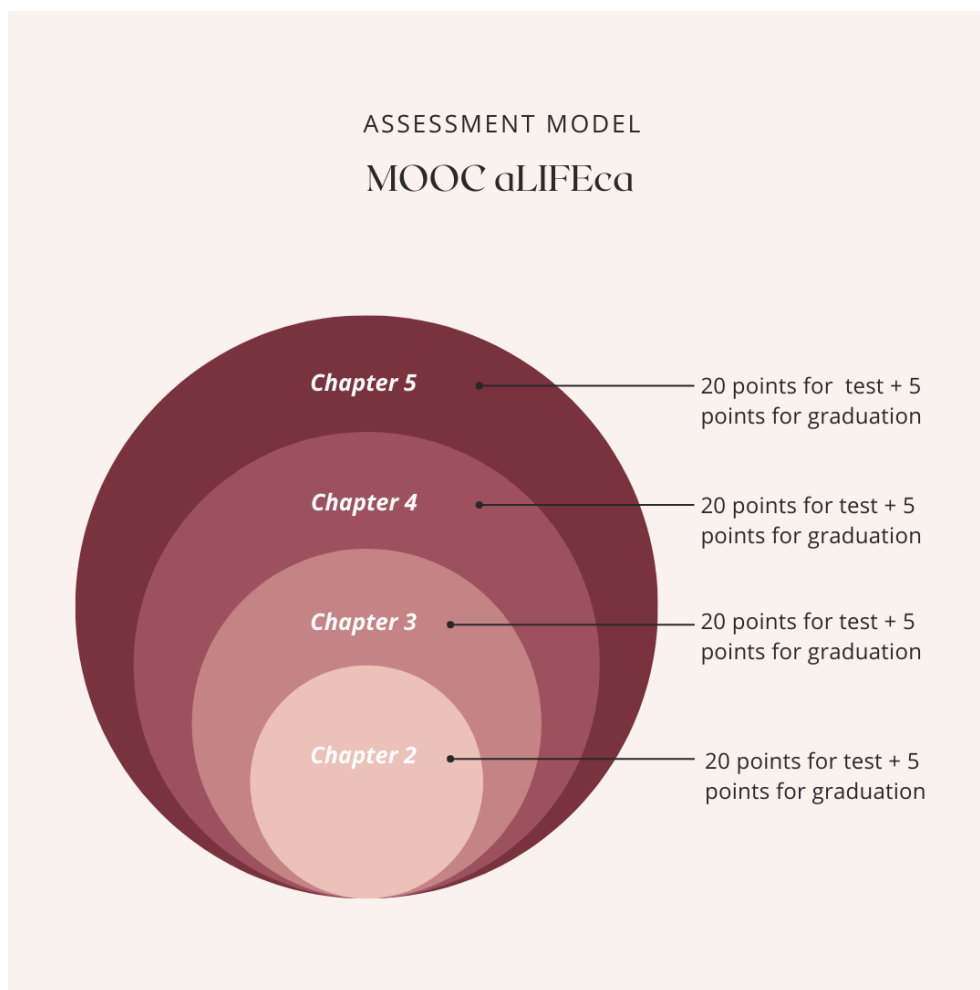
V tejto časti získate vedomosti o rôznych databázach LCA a niekoľkých softvérových nástrojoch LCA, ktoré možno použiť na analýzu LCA. Uvádza prehľad dostupných softvérových nástrojov pre LCA a potom sa kapitola špecializuje na tie najrozšírenejšie, ako sú SimaPro, Gabi, Umberto, a spomína aj najpoužívanejšie bezplatné nástroje. OpenLCA.

Kapitolu pripravilo SCOVECO - skúsený malý podnik, ktorý pomáha prenášať znalosti a know-how priamo k ľuďom v priemysle a vytvárať inovatívne riešenia. Po desiatich

rokoch skúseností spoločnosť zaviedla procesy, vypracovala mnoho úspešných projektov a vytvorila silnú sieť. SCOVECO sa zameriava najmä na konzultácie, školenia a tréningy pre automobilové spoločnosti a tiež na podporu ich práce pri vývoji IT riešení a vlastných nástrojov.

1.5 RÁMEC HODNOTENIA A CERTIFIKÁCIE

Po úspešnom absolvovaní kurzu aLIFeCa získate certifikát alebo digitálny odznak ako uznanie dosiahnutej úrovne zručností. Nižšie uvedená schéma znázorňuje celkové hodnotenie kurzu aLIFeCa. Úspešným absolvovaním hodnotených aktivít v jednotlivých kapitolách môžete získať celkovo 100 bodov. Kapitola 1 neobsahuje žiadne hodnotené aktivity, kapitoly 2 - 5 obsahujú aktivity za spolu 80 bodov. Zvyšných 20% môžete získať absolvovaním všetkých kapitol a splnením všetkých ich aktivít. Po úspešnom absolvovaní získate certifikát, ktor kurzu aLIFeCa je potrebné získať 60% bodov. Úspešní absolventi môžu získať certifikát alebo digitálny odznak.



Obrázok 1: Hodnotiaci model certifikačného rámca na získanie certifikátu alebo digitálneho odznaku

CERTIFIKÁT

Ak MOOC kurz aLIFeCa absolvujete s minimálnym hodnotením 60%, tak získate certifikát. V certifikáte bude uvedené, že ste kurz úspešne ukončili, ale nebude obsahovať konkrétnu známku. Certifikát bude vydaný pod názvom konzorcia projektu aLIFeCa s uvedením inštitúcie, z ktorej kurz pochádza.

DIGITÁLNY ODZNAK

Digitálny odznak bude vydaný po skončení kurzu všetkým zaregistrovaným a overeným účastníkom, ktorí dosiahli aspoň 60% celkového hodnotenia. Tento druh certifikátu bude obsahovať známku, ktorú ste dosiahli na konci MOOC aLIFeCa. Digitálny odznak si budete môcť stiahnuť zo svojho študentského účtu. Skontrolujte, či je vo vašom účte vaše meno napísané správne, pretože sa bude zobrazovať na záverečnom certifikáte. Opäť bude vydaný pod názvom konzorcia projektu aLIFeCa.

2. ÚVOD DO UDRŽATEĽNOSTI A LCA

2. ÚVOD DO UDRŽATEĽNOSTI A LCA	9
2.1 Rámcová koncepcia udržateľnosti a udržateľného rozvoja	11
2.2 Životné prostredie, hospodárstvo a spoločnosť: smerom k holistickému prístupu....	12
2.3 Využitie LCA ako metodiky na hodnotenie vplyvu na životné prostredie.....	18
2.4 Environmentálna stopa.....	21
2.5 Hranice systému	24
Od kolísky po hrob	26
Od kolísky k bráne	27
Od kolísky ku kolíske.....	28
Od brány k bráne	29
Od zdroja po koleso.....	30
2.6 Fázy LCA	30
Cieľ a rozsah pôsobnosti	31
Inventarizácia životného cyklu (LCI)	32
Posúdenie vplyvu životného cyklu (LCIA).....	33
Interpretácia.....	36
2.7 Odkazy na kapitolu	38



Čas na štúdium: 120 minút



Ciele

AKÉ VEDOMOSTI ŠTUDENTI ZÍSKAJÚ:

Po absolvovaní týchto lekcí budú študenti schopní:

- získať lepšie vedomosti o téme udržateľnosti a trvalo udržateľného rozvoja,
- lepšie formulovať rôzne oblasti udržateľnosti a ich dôsledky,
- získajú prehľad o tom, čo je hodnotenie životného cyklu (LCA) a ako sa tvorí, ako aj o hlavných referenčných normách LCA.

AKO IM KAPITOLA POMÔŽE POCHOPÍŤ DANÚ TÉMU:

Študenti si osvoja hlavné piliere udržateľnosti a metodológie LCA vďaka poskytnutiu dôkladných podkladov o týchto témach z teoretického hľadiska. Teória bude zároveň podporená praktickými príkladmi, ktoré študentom pomôžu pri zasadení pojmov do praktickej perspektívy.

AKÉ ZRUČNOSTI BUDE KAPITOLA ROZVÍJAŤ

Kapitola zaručuje získanie takých technických zručností, ktoré študentom pomôžu v budúcej profesionálnej kariére súvisiacej s LCA, a to najmä v automobilovom priemysle.

KDE ŠTUDENTI MÔŽU VYUŽIŤ VEDOMOSTI

Študenti môžu tieto poznatky využiť vo svojej budúcej práci súvisiacej s ochranou životného prostredia a posudzovaním vplyvu na životné prostredie v automobilovom priemysle.



Teória

2.1 RÁMCOVÁ KONCEPCIA UDRŽATEĽNOSTI A UDRŽATEĽNÉHO ROZVOJA

Slovo "udržateľnosť" je jedným z najpoužívanejších slov súčasnosti. Tento pojem si v 21. storočí postupne získal obrovskú celosvetovú pozornosť, ale diskurz okolo udržateľnosti nás vracia do konca 20. storočia spolu s definíciou "udržateľného rozvoja". Dňa 20. marca 1987 vydala Svetová komisia pre životné prostredie a rozvoj (WCED) Brundtlandovej správu (známu aj ako Naša spoločná budúcnosť). Názov jej dala koordinátorka Gro Harlem Brundtlandová, ktorá bola v tom roku predsedníčkou WCED. Tento dokument po prvýkrát definuje koncept trvalo udržateľného rozvoja ako:

*"Rozvoj, ktorý uspokojuje potreby súčasnosti bez toho, aby ohrozil schopnosť budúcich generácií uspokojovať svoje vlastné potreby"*⁵

K takejto definícii môžeme pridať aj všeobecnejší význam udržateľnosti ako "schopnosť udržať sa v existencii bez prerušenia alebo zníženia". Je to jednoznačne široký pojem, pokiaľ ide o oblasti použitia: trvalo udržateľný rozvoj je chápaný ako záväzok uspokojovať základné potreby všetkých a rozširovať všetkým možnosť uspokojovať ich túžby po lepšom živote. Neexistuje tu len environmentálny rozmer, ale skôr etický princíp, ktorý zahŕňa aj životné prostredie. V rámci koncepcie udržateľnosti a trvalo udržateľného rozvoja možno preto zohľadniť niekoľko rozmerov.

Už z vyššie uvedenej jednoduchej definície je zrejmé, že udržateľnosť je **vo svojej podstate komplexný jav**. Pochopiť, čo je udržateľnosť a ako môžeme udržateľnosť dosiahnuť, znamená integrovať rôzne sféry činnosti, ale zároveň byť opatrný v tom, ako sa tieto sféry (alebo rozmery) zohľadňujú.

Od roku 1987 až po súčasnosť prijalo medzinárodné spoločenstvo niekoľko záväzkov na stanovenie environmentálnych noriem, usmernení a cieľov na dosiahnutie udržateľnosti. Jedným z najnovších a najznámejších je Agenda 2030 pre udržateľný rozvoj a 17 cieľov udržateľného rozvoja (SDGs), ktoré prijalo Valné zhromaždenie OSN v roku 2015. S víziou nenechať nikoho pozadu predstavuje Agenda 2030 globálnu rozvojovú stratégiu, ktorá rieši opatrenia týkajúce sa ľudí, planéty, prosperity, mieru a partnerstva. Agenda 2030 ešte silnejšie zdôrazňuje potrebu integrácie rôznych oblastí udržateľnosti. Tradične sa definujú ako environmentálna, sociálna a hospodárska, ale ich vzájomné

⁵ OSN, Správa Svetovej komisie pre životné prostredie a rozvoj: Naša spoločná budúcnosť, 1987.

prepojenie vytvára ešte viac čiastkových dimenzií, ktoré treba zohľadniť. Stále však nie je úplne jasné ako túto viacrozmernosť integrovať a práve táto zložitosť často vedie k nevyhnutným kompromisom, keď je potrebné niektorý rozmer obetovať v prospech druhého.

Ak teda chceme lepšie formulovať koncept udržateľnosti, je potrebné zvážiť nasledujúce tvrdenia:

1. Udržateľnosť je najdôležitejším problémom, ktorý musí človek riešiť.
2. Udržateľnosť je komplexná.
3. Udržateľnosť sa opisuje pomocou niekoľkých parametrov a ukazovateľov.
4. Udržateľnosť je vedecky podložená.
5. Udržateľnosť sa dá merať.
6. Udržateľnosť nemá nič spoločné s komunikačnými a marketingovými nástrojmi.
7. Udržateľnosť nie je pre väčšinu spotrebiteľov dostatočne zrozumiteľná.
8. Udržateľnosť musí byť vlastná systému alebo činnosti a nemôže byť pridaná dodatočne.

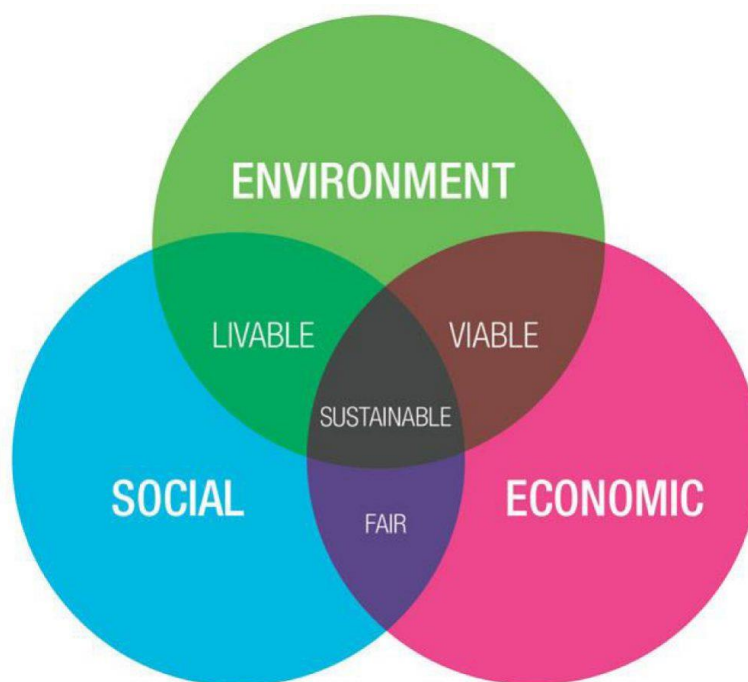
2.2 ŽIVOTNÉ PROSTREDIE, HOSPODÁRSTVO A SPOLOČNOSŤ: SMEROM K HOLISTICKÉMU PRÍSTUPU

Ako už bolo uvedené, Agenda 2030 zaväzuje globálne spoločenstvo "dosiahnuť udržateľný rozvoj v jeho troch dimenziách - hospodárskej, sociálnej a environmentálnej - vyváženým a integrovaným spôsobom" ⁶. Tieto koncepty však už boli súčasťou medzinárodnej diskusie, ako to dokazuje svetový samit v roku 2005⁷, čo umožnilo zavedenie týchto rozmerov do mnohých následných vnútroštátnych noriem a certifikačných systémov.

V skutočnosti nie je možné dosiahnuť určitú úroveň environmentálnej, sociálnej alebo ekonomickej udržateľnosti bez zohľadnenia aspoň základnej úrovne všetkých troch foriem súčasne, inými slovami, bez holistickej vízie udržateľného rozvoja (Obrázok 2).

⁶ Oddelenie OSN pre hospodárske a sociálne záležitosti (2015), Transformácia nášho sveta: Agenda 2030 pre udržateľný rozvoj <https://sdgs.un.org/2030agenda> , posledný prístup február 2022.

⁷ <https://www.who.int/hiv/universalaccess2010/worldsummit.pdf>



Obrázok 2: Tri rozmery udržateľnosti

EKONOMIKA

Veľkosť a zdravie ekonomiky krajiny sa bežne určuje pomocou hrubého domáceho produktu (HDP). HDP je peňažná hodnota finálnych tovarov a služieb vyrobených v krajine za určité časové obdobie (zvyčajne za rok). Poskytuje ekonomický obraz krajiny, ktorý sa používa na odhad veľkosti hospodárstva a miery rastu. HDP považuje všetky transakcie za pozitívne, takže sa jeho súčasťou stávajú aj škody spôsobené znečistením, prírodnými katastrofami atď. (napríklad: ak si kúpite auto, HDP rastie, ak máte nehodu, HDP rastie tiež). Takto HDP nerozlišuje medzi činnosťami, ktoré zahŕňajú blahobyt a tými, ktoré ho môžu narúšať.

V priebehu rokov bolo zavedených mnoho alternatívnych ukazovateľov k HDP. Príkladom je ukazovateľ skutočného pokroku (GPI), ktorý je meradlom hospodárskeho rastu a prosperity na národnej úrovni. Cieľom GPI je merať zvyšovanie kvality života (čo je niekedy v protiklade s hospodárskym rastom, ktorý sa namiesto toho meria pomocou HDP) rozlišovaním pozitívnych výdavkov (ktoré zvyšujú blahobyt, napríklad výdavky na tovary a služby) a negatívnych výdavkov (napríklad náklady na kriminalitu, znečistenie, dopravné nehody). GPI preto zahŕňa environmentálne aspekty z hľadiska zelenej alebo sociálnej ekonomiky.

Podobne zelený hrubý domáci produkt (zelený HDP) je indexom hospodárskeho rastu, ktorý zohľadňuje environmentálne dôsledky tohto rastu. Zelený HDP vyčísluje stratu biodiverzity a zohľadňuje náklady spôsobené zmenou klímy.

Ekonomický rozmer udržateľnosti preto zohľadňuje schopnosť vytvoriť zodpovedný hospodársky systém, ktorý zaručí napríklad optimálne využívanie energie, ako aj poskytne stimuly pre podniky a iné organizácie, aby dodržiavali usmernenia pre udržateľnosť.

SPOLOČNOSŤ

Sociálny rozmer udržateľnosti zohľadňuje hodnoty, ktoré podporujú spravodlivosť a rešpektovanie práv jednotlivcov, pričom sa zachováva rovnováha medzi potrebami jednotlivcov a potrebami skupiny. Okrem tradičnejších tém sociálnej udržateľnosti (ako je chudoba a zamestnanosť) komunita zahrnuje aj nové témy: sociálnu spravodlivosť, rozmanitosť, sociálnu kvalitu života a integrované riadenie vrátane sociálnej zodpovednosti podnikov (CSR) a hybridných obchodných modelov⁸. Hoci pojem CSR môže byť známejší, nedávno sa objavil názor, že spoločenská zodpovednosť sa vzťahuje na všetky organizácie, keďže rôzne typy subjektov uznali, že aj ony majú zodpovednosť za prispievanie k udržateľnému rozvoju a udržateľnosti⁹. To samozrejme zahŕňa blahobyt, kvalitu života a udržateľný ľudský rozvoj a zahŕňa aj zdravie a ochranu ľudí, environmentálnu spravodlivosť, prístup k vzdelaniu a rovnosť príležitostí.

Parametrom, ktorý možno vziať do úvahy pri komplexnejšom uvažovaní o troch dimenziách udržateľnosti, je norma ISO26000:2010 "Usmernenie k sociálnej zodpovednosti". Cieľom normy ISO 26000 je pomáhať organizáciám bez ohľadu na ich veľkosť a umiestnenie pri prispievaní k trvalo udržateľnému rozvoju⁹. Hoci je norma ISO 26000 založená na koncepcii spoločenskej zodpovednosti, čoraz viac sa považuje za spôsob hodnotenia záväzku organizácie k udržateľnosti a jej celkovej výkonnosti, pretože zahŕňa základné predmety a čiastkové požiadavky, ako je vysvetlené na obrázku 3.

⁸ Talan, A., Tyagi, R.D., Surampalli, Rao Y. (2020), "Social Dimensions of Sustainability", DOI: 10.1002/9781119434016.ch9

⁹ https://iso26000.info/wp-content/uploads/2016/03/ISO_Sustainability_brochure.pdf



Obrázok 3: Základné predmety normy ISO 26000

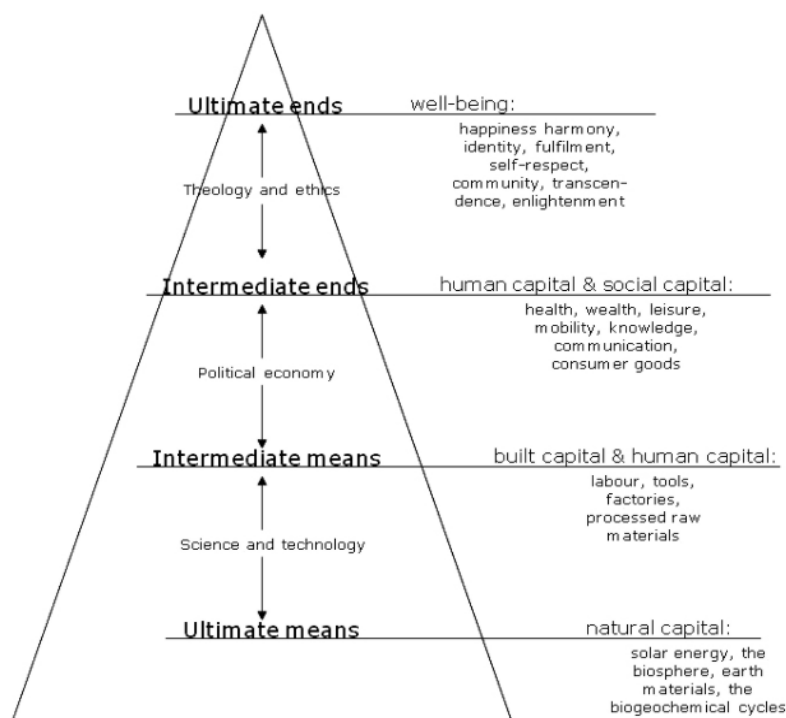
ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

Životné prostredie je tretím pilierom, ale samozrejme je hlavným záujmom budúcnosti ľudstva. Hospodárstvo aj spoločnosť sú obmedzené limitmi ekosystémov Zeme. Ako už bolo uvedené, environmentálne otázky majú v Agende 2030 dominantné postavenie a väčšina cieľov udržateľného rozvoja obsahuje konkrétne odkazy na prepojenie životného prostredia s ostatnými rozvojovými prioritami.

Všeobecnejšie povedané, od roku 2000 sú najnaliehavejšími problémami, ktoré je potrebné riešiť v rámci environmentálneho rozmeru, samozrejme zmena klímy, strata biodiverzity a znečistenie, najmä znečistenie plastmi, a vplyv človeka na atmosféru, pôdu a vodné zdroje, pričom sa usilujeme o to, aby sme dokázali využívať prírodné zdroje bez narušenia rovnováhy a integrity ekosystémov.

Životné prostredie má preto priamy vplyv na hospodárske a sociálne aspekty trvalo udržateľného rozvoja a naopak. Preto je potreba holistického myslenia, ktoré zdôrazňuje vzájomnú prepojenosť týchto troch rozmerov, ešte dôležitejšia.

Ako zdôrazňuje UNESCAP (2015)¹⁰, jedným z prístupov by mohlo byť uvažovanie v zmysle *viacerých kapitálov*. V tomto modeli je definovaných päť foriem kapitálu: výrobný, prírodný, finančný, ľudský a sociálny kapitál. Vyvážený rozvoj prostredníctvom uznania rôznych foriem národného bohatstva je základom udržateľnosti. Dalyho trojuholník odkazuje najmä na rôzne formy kapitálu a uznáva, že každá forma prispieva k ľudskému blahobytu jedinečným spôsobom (Obrázok 4).



Obrázok 4: Dalyho trojuholník z roku 1973 v Meadows 1998

V tomto zmysle je prírodný kapitál najvyšším prostriedkom rozvoja. Bez týchto zdrojov a služieb nie je na čom stavať ľudskú spoločnosť a ľudský blahobyt. Dalyho trojuholník preto môže pomôcť lepšie vysvetliť integráciu a prepojenie medzi životným prostredím, hospodárstvom a spoločnosťou.

Na účely tejto štúdie sa diskusia o udržateľnosti zameriava na automobilový priemysel, a najmä na vysvetlenie hodnotenia životného cyklu (LCA) ako presného spôsobu merania vplyvov automobilového priemyslu na *životné prostredie*. Udržateľnosť je jednou z hlavných priorít dodávateľského reťazca automobilového priemyslu. S cieľom znížiť emisie tohto odvetvia, vychádzajúc z dôsledných inovačných stratégií a globálnej efektívnosti v hodnotovom reťazci, prebieha nový vývoj: niekoľkými príkladmi sú nové

¹⁰UNESCAP OSN (2015), "Integrácia troch rozmerov udržateľného rozvoja: rámec a nástroje". <https://www.unescap.org/sites/default/files/Integrating%20the%20three%20dimensions%20of%20sustainable%20development%20A%20framework.pdf>

technológie pohonu, odľahčovanie a používanie recyklovaných a biologických materiálov¹¹.

Cieľom je však samozrejme integrovanejší prístup k udržateľnosti (t. j. schopnosť posudzovať environmentálne, sociálne a ekonomické aspekty spoločne). Preto ak je environmentálny rozmer pokrytý a dobre zavedený v rámci LCA, je potrebné posilniť metódy a nástroje na meranie ekonomického a sociálneho rozmeru.

Vo viacerých štúdiách sa skúma koncepcia hodnotenia udržateľnosti životného cyklu (LCSA)¹², ktorá znamená kombináciu LCA, nákladov životného cyklu (LCC) a sociálneho hodnotenia životného cyklu (SLCA) a ktorú možno syntetizovať do vzorca:

$$LCSA = LCA + LCC + SLCA$$

LCSA integruje kritériá udržateľnosti: LCA pre environmentálne aspekty, LCC pre ekonomické aspekty a SLCA pre sociálne aspekty. Iba komplexné posúdenie týchto troch zložiek umožňuje realizovať zásady trvalo udržateľného rozvoja.

¹¹ CLEPA (2021), "Dodávateľia automobilov pracujú na uhlíkovo neutrálnej mobilite, pričom uprednostňujú ľudské zdravie aj životné prostredie", <https://clepa.eu/mediaroom/clepa-pr-materials-regulations-event-2021/>, naposledy navštívené vo februári 2022.

¹²Burchart-Korol, D., (2011) "Application of Life Cycle Sustainability Assessment and Socio-Eco-Efficiency Analysis in Comprehensive Evaluation of Sustainable Development", Journal of Ecology and Health.

2.3 VYUŽITIE LCA AKO METODIKY POSUDZOVANIA VPLYVOV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

V predchádzajúcom odseku sme uviedli, že ochrana prírodného prostredia je predpokladom dobre fungujúceho hospodárstva a spoločnosti.

Podľa terminológie normy ISO 14001¹³ môžeme definovať:

- **Prostredie:** okolie, v ktorom organizácia pôsobí, a zahŕňa vzduch, vodu, pôdu, prírodné zdroje, faunu, flóru, ľudí a ich vzájomné vzťahy.
- **Environmentálny aspekt:** prvok činností, produktov alebo služieb organizácie, ktorý môže byť v interakcii so životným prostredím.
- **Environmentálny vplyv:** je nepriaznivá alebo priaznivá zmena životného prostredia vyplývajúca z environmentálnych aspektov organizácie.

Vplyv na životné prostredie je teda výsledkom environmentálneho aspektu. Príklady aspektov a vplyvov sú uvedené v Tabuľka 1:

Tabuľka 1: príklady environmentálnych aspektov a vplyvov

Aspekt	Vplyv
Emisie oxidu uhličitého	Zmena klímy (prostredníctvom globálneho otepľovania)
Spotreba oleja (vozidlá)	Vyčerpanie prírodných zdrojov
Vypúšťanie do vody	Kontaminácia vody
Emisie do ovzdušia	Kontaminácia ovzdušia

Podľa normy ISO 14001 sa od každej organizácie vyžaduje systematický prístup k určovaniu aspektov a vplyvov. Hodnotenie životného cyklu (LCA) môže pomôcť pri dosahovaní týchto cieľov z environmentálneho hľadiska.

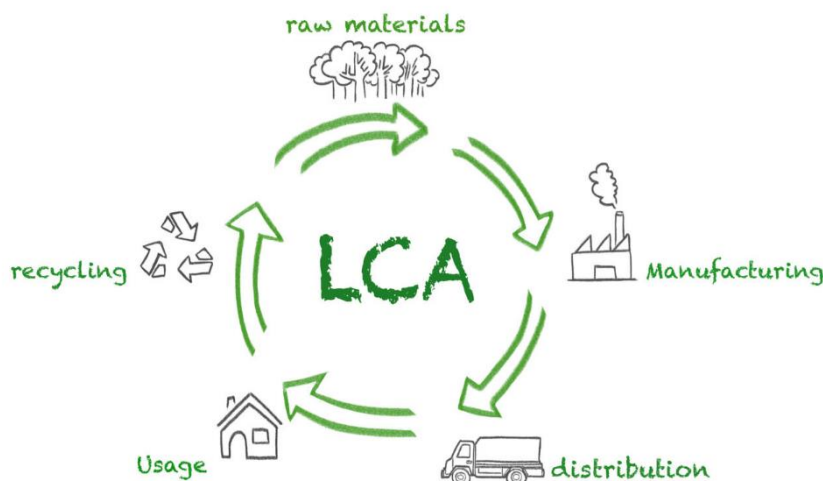
LCA je preto najvyspelejšou technikou a zohľadňuje environmentálny rozmer. Je to vlastne metodika, ktorá sa používa na identifikáciu, charakterizáciu a hodnotenie

¹³ Norma ISO 14000 identifikuje sériu technických noriem týkajúcich sa environmentálneho manažérstva organizácií, ktoré vytvorila Medzinárodná organizácia pre normalizáciu (ISO).

environmentálnych vplyvov počas celého životného cyklu výrobku od ťažby surovín ("kolíska") až po konečnú likvidáciu ("hrob"). LCA umožňuje porovnať environmentálne aspekty rôznych výrobkov, ako aj technologických riešení a vybrať výrobky alebo riešenia, ktoré majú najmenší vplyv na životné prostredie počas celého životného cyklu.

Životný cyklus výrobku sa vo všeobecnosti skladá z piatich hlavných fáz:

1. ťažba surovín,
2. výroba a spracovanie (vrátane montáže a skladovania),
3. doprava a distribúcia,
4. používanie,
5. koniec životnosti, opätovné použitie a recyklácia.



Obrázok 5: Cyklus LCA

Pri systémovej perspektíve sú hlavnými typmi vplyvov vo všeobecnosti vplyvy spojené so *vstupmi*, *výstupmi* a *procesmi*. Príklady vstupov môžu zahŕňať (ale nie sú obmedzené na): suroviny, vodu, tepelnú energiu, elektrickú energiu, chemikálie. Príklady výstupov môžu zahŕňať: hotové výrobky, vedľajšie produkty, vznik odpadových vôd, recyklovaný odpad, zneškodnený odpad. Príklady procesov môžu zahŕňať skladovanie, dopravu, manipuláciu, montáž, balenie.

S cieľom identifikovať environmentálne problémy typické pre mnohé priemyselné odvetvia vrátane odvetvia dopravy sa metóda LCA používa na posúdenie potenciálneho

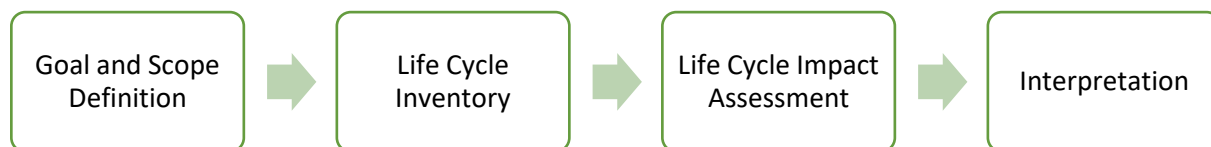
vplyvu technológií a výrobkov na životné prostredie v rámci rôznych *kategórií* škôd vrátane emisií skleníkových plynov a vplyvu na ľudské zdravie. LCA je metóda, ktorá okrem iných funkcií umožňuje posúdiť vplyv na životné prostredie v rôznych kategóriách vplyvu na základe údajov z prieskumu vrátane emisií prachových a plyných znečisťujúcich látok¹⁴.

Kategória vplyvu je "trieda predstavujúca environmentálne problémy, ku ktorým možno priradiť výsledky analýzy inventarizácie životného cyklu". Medzi príklady kategórií vplyvu patria: emisie skleníkových plynov, acidifikácia pôdy, eutrofizácia vody, ekotoxicita, vyčerpanie fosílnych palív a nerastných surovín.

Na vykonávanie analýz životného cyklu sa používa mnoho metód hodnotenia životného cyklu vrátane:

- metóda stredného bodu ILCD odporúčaná Európskou komisiou ako reprezentatívna pre európske podmienky,
- metóda IPCC, ktorú vypracoval Medzivládny panel pre zmenu klímy a ktorá sa používa na posúdenie vplyvu na emisie skleníkových plynov,
- metóda kumulatívnej spotreby energie, ktorá umožňuje určiť kumulatívnu spotrebu energie,
- metóda IMPACT2002+ umožňuje zostaviť súpisy údajov a posúdiť ich v rámci viac ako desiatich priebežných kategórií priradených k štyrom základným kategóriám škôd,
- metóda ReCiPe 2008 predstavuje jeden z najkomplexnejších modelov hodnotenia¹⁵.

LCA je predmetom medzinárodných noriem *ISO 14040:2006 a ISO 14044:2006 /Amd 2:2020*, ktoré definujú štyri hlavné kroky LCA, ako to ukazuje Obrázok 6 a 13:



Obrázok 6: Fázy hodnotenia životného cyklu

¹⁴ Burchart-Korol D., (2010): Wdrażanie nowoczesnych systemów i narzędzi zarządzania procesami technologicznymi. Praca zbiorowa. Pod red. Remigiusza Sosnowskiego, Gliwice: Wydaw. Politechniki Śląskiej, Monografia. nr 267, s. 231-242

¹⁵ Burchart-Korol D., Korol J., Czaplicka-Kolarz K.(2016) "Life cycle assessment of heat production from underground coal gasification", International Journal for Life Cycle Assessment, Vol. 21, Iss. 10, p. 1391-1403.

Využívanie LCA na meranie vplyvov na životné prostredie má mnoho výhod. LCA pokrýva celý životný cyklus výrobku, počnúc ťažbou a získavaním surovín, cez výrobu energie a materiálov, výrobu a prevádzku až po spracovanie alebo likvidáciu na konci životnosti. LCA sa používa ako prostriedok na komplexné hodnotenie procesov, výberu materiálov a ich vplyvu na emisie skleníkových plynov počas životného cyklu, ako aj iných kategórií vplyvu a škôd¹⁶.

Medzi prínosy patria okrem iného:

- kvantifikácia kľúčových vplyvov na životné prostredie,
- identifikácia príležitostí na zlepšenie environmentálnych aspektov výrobkov počas ich celého životného cyklu,
- podpora rozhodovania v rámci organizácie - keďže môžete rozhodovať len o veciach, ktoré ste predtým skutočne zmerali,
- marketing (napr. uspokojenie dopytu spotrebiteľov po ekologických výrobkoch a ich možnosť dozvedieť sa, ako je výrobok udržateľný),
- lepšie znalosti o dodávateľoch.

Pri posudzovaní LCA aplikovaného na automobilový priemysel vidíme, že ponúka jeden z najkomplexnejších nástrojov na posúdenie transformácie automobilového priemyslu a jeho prechodu z konvenčných fosílnych palív, ako je nafta a benzín, na alternatívne palivá, ako je CNG, LPG, elektrina a vodík. Umožňuje začleniť do rozhodovacieho procesu uvažovanie o životnom cykle s cieľom dosiahnuť udržateľnú alternatívu.

2.4 ENVIRONMENTÁLNA STOPA

Na účely posudzovania vplyvu na životné prostredie sa v mnohých odvetviach používa pojem **environmentálna stopa**. Environmentálne stopy sú odvodené z metódy LCA. Environmentálna stopa je ukazovateľ založený na viacerých kritériách, ktorý sa používa na meranie environmentálnej výkonnosti výrobkov a služieb počas ich životného cyklu.

V roku 2013 Európska komisia zverejnila odporúčania týkajúce sa používania spoločných metód merania environmentálneho správania počas životného cyklu

¹⁶ Burchart-Korol D., Jursova S., Folęga P., Pustejovska P., (2020) "Life cycle impact assessment of electric vehicle battery charging in European Union countries", Journal of Cleaner Production, Vol. 257.

výrobných a organizácií, v dôsledku čoho jednotlivé sektory pripravili špecifické odvetvové usmernenia pre metodiku merania environmentálneho správania sa výrobných a organizácií, oficiálne označované ako *Pravidlá pre kategóriu environmentálnej stopy výrobných, ako aj sektorové pravidlá pre environmentálnu stopu organizácií*. Európska komisia v súčasnosti pripravuje nové pravidlá výpočtu environmentálnej stopy a označovania výrobných. V *Odporúčaní Európskej komisie z 9. apríla 2013 o používaní spoločných metód merania a oznamovania environmentálneho správania počas životného cyklu výrobných a organizácií (2013/179/EÚ)* sa vymedzuje navrhovaná európska metodika merania environmentálneho správania sa výrobných a podnikov. Odporúčania EK podporujú používanie metódy merania environmentálnej stopy v stratégiách a programoch plánovaných na meranie environmentálneho správania počas životného cyklu výrobných alebo podnikov. V súlade s odporúčaním Európskej komisie sa metóda **environmentálnej stopy výrobku (PEF)** používa na meranie potenciálneho vplyvu výrobku na životné prostredie počas jeho životného cyklu, zatiaľ čo metóda **environmentálnej stopy organizácie (OEF)** sa používa na meranie potenciálneho vplyvu podniku na životné prostredie počas jeho životného cyklu.

Posúdenie environmentálnej stopy pozostáva z niekoľkých krokov: vymedzenie účelu a rozsahu analýzy, identifikácia zdrojov a emisií, posúdenie vplyvu na životné prostredie, interpretácia výsledkov a príprava správy. Hodnotenie environmentálnej stopy výrobných a podnikov by sa malo vykonávať v súlade so zásadami významnosti, úplnosti, súdržnosti, presnosti a transparentnosti.

Pokiaľ ide o rámec environmentálnej stopy, hlavným cieľom Európskej únie a jej členských štátov je efektívne využívanie obmedzených prírodných zdrojov a odstránenie výrobných a technológií, ktoré majú značný negatívny vplyv na životné prostredie. Metodika hodnotenia environmentálnej stopy sa môže stať súčasťou záväzných právnych predpisov v oblasti životného prostredia, systémov environmentálneho manažérstva a systémov ekologického verejného obstarávania, ako aj mnohých aktivít a iniciatív prispievajúcich k rozvoju ekologického hospodárstva, ako sa bežne označuje, ale môže sa stať aj dôležitým prvkom procesu, v ktorom sa prijímajú rozhodnutia v oblasti ochrany životného prostredia.

Najdôležitejšie environmentálne stopy sú:

- uhlíková stopa (CF),
- vodná stopa (WF),
- ekologická stopa (EF).

Uhlíková stopa je definovaná ako množstvo emisií ekvivalentu CO₂ spôsobené priamo a nepriamo emisiami skleníkových plynov alebo ako celkové množstvo skleníkových plynov uvoľnených počas celého životného cyklu procesu alebo výrobku¹⁷. CF sa vyjadruje ako hmotnostný ekvivalent oxidu uhličitého na funkčnú jednotku (FU) výrobku alebo služby (kg CO₂ eq/FU). CF sa definuje aj ako súčet emisií skleníkových plynov, ktoré počas životného cyklu výrobku priamo alebo nepriamo vyprodukuje osoba, podnik, výrobok alebo služba.

Vodná stopa (WF) je objem sladkej vody spotrebovanej pri výrobe výrobku, meraný počas celého výrobného procesu. Je to viacrozmerný ukazovateľ, ktorý preukazuje množstvo spotrebovanej vody z daného zdroja a množstvo kontaminovanej vody podľa typu znečistenia. WF je ukazovateľ spotreby čistej vody a zahŕňa nielen priamu spotrebu vody, ale aj nepriamu spotrebu vody. Možno rozlišovať modrú zložku (spotreba povrchovej a podzemnej vody), zelenú zložku (spotreba dažďovej vody) a sivú zložku stopy (voda potrebná na odstránenie znečistenia). Modrá zložka stopy zodpovedá objemu spotrebovanej povrchovej a podzemnej vody. Pojem zelená stopa sa vzťahuje na spotrebu dažďovej vody, pokiaľ sa neodvádza napríklad do kanalizácie. Zvýšenie množstva dažďovej vody použitej na výrobu alebo spotrebu znižuje modrú stopu. Ak sa dažďová voda odvádza do kanalizácie, môže sa znečistiť odpadovými vodami, čím vzniká sivá stopa. Aj dažďová voda odtekajúca z ornej pôdy, kontaminovaná pesticídmi alebo hnojivami, môže zanechať sivú stopu. Sivá stopa určuje veľkosť zaťaženia vody znečistením, ktoré možno vyjadriť ako objem vody potrebný na zriedenie znečisťujúcich látok, ktoré obsahuje, na takú úroveň, aby sa ich koncentrácia stala environmentálne prijateľnou. Čistá voda sa stala jedným z najvzácnejších a najžiadanejších prírodných zdrojov, a preto je potrebné začať kvantitatívnym hodnotením spotreby vody, aby bolo možné analyzovať procesy alebo ich jednotlivé fázy, v ktorých je možné spotrebu vody minimalizovať.

Ekologická stopa (EF) definuje vplyv človeka na životné prostredie. Tento ukazovateľ vyjadruje veľkosť bioprodukčnej plochy (pôdy, morí a oceánov) potrebnej na získanie zdrojov a výrobu tovarov, ktoré spotrebúvajú jej obyvatelia. EF je miera, ktorá sa používa na posúdenie lokálneho aj globálneho regeneračného potenciálu biosféry, ktorý ľudia

¹⁷ Burmistrz P., Chmielniak T., Czepirski L., Gazda-Grzywacz M.: Carbon footprint of the hydrogen production process utilizing subbituminous coal and lignite gasification. *Journal of Cleaner Production* Vol. 139, 2016, s. 858-865.

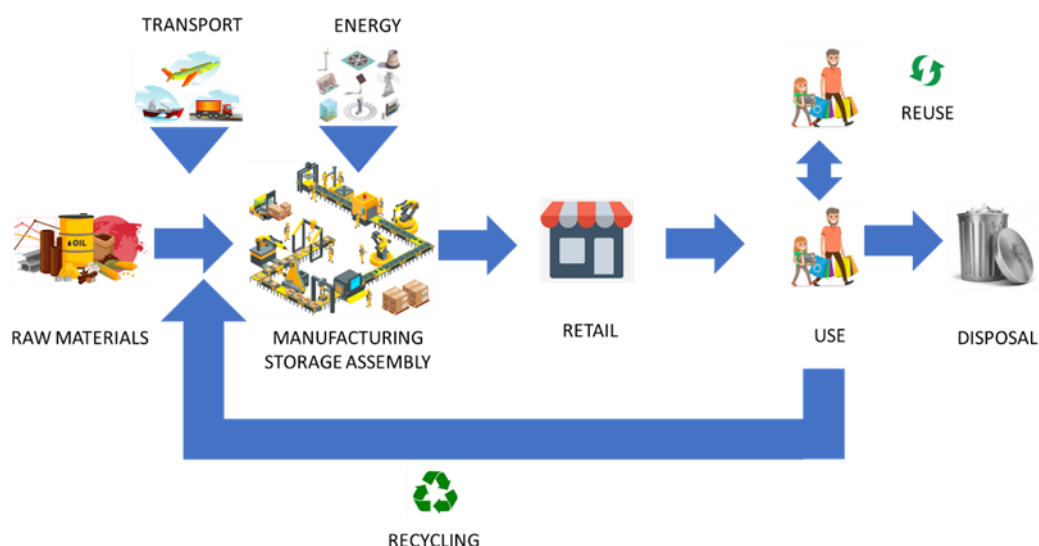
priamo alebo nepriamo využívajú, s ohľadom na veľkosť dostupného biologického potenciálu. EF sa vzťahuje na priame a nepriame využívanie pôdy ako zdroja.

2.5 HRANICE SYSTÉMU

Vymedzenie systému v LCA je súčasťou fázy cieľa a rozsahu opísanej v *norme ISO 14040:2006*.

Hranica systému určuje, ktoré procesy budú zahrnuté do systému alebo vylúčené zo systému, a vymedzuje, ktoré procesy by mali byť zahrnuté do analýzy systému výrobkov vrátane toho, či systém produkuje nejaké vedľajšie produkty, ktoré sa musia zohľadniť v rámci rozšírenia systému alebo alokácie¹⁸.

Definovanie hraníc systému je čiastočne založené na subjektívnej voľbe, ktorá sa uskutočňuje vo fáze rozsahu, keď sa hranice pôvodne stanovujú.



: Zobrazenie hraníc systému LCA

Do úvahy prichádzajú tieto hranice¹⁹:

Hranice medzi technologickým systémom a prírodou. Životný cyklus sa zvyčajne začína v bode získavania surovín a nosičov energie z prírody. Záverečné fázy zvyčajne zahŕňajú produkciu odpadu a/alebo tepla.

¹⁸ Podrobné informácie o fázach LCA sú k dispozícii v kapitole 2.6 FÁZY

¹⁹ LCA as a Decision Support Tool for the Eco Production of Olive Oil (LCA ako nástroj na podporu rozhodovania pri ekologickej výrobe olivového oleja), web projektu, dostupné na <http://www.ecoil.tuc.gr>, naposledy navštívené vo februári 2022.

Geografická oblasť. Geografia zohráva kľúčovú úlohu vo väčšine štúdií LCA, napr. infraštruktúry, ako je výroba elektrickej energie, odpadové hospodárstvo a dopravné systémy, ktoré sa v jednotlivých regiónoch líšia. Okrem toho sa regionálne líši aj citlivosť ekosystémov na environmentálne vplyvy.

Časový horizont. Hranice musia byť stanovené nielen v priestore, ale aj v čase. LCA sa v podstate vykonáva s cieľom vyhodnotiť súčasné vplyvy a predpovedať budúce scenáre. Obmedzenia časových hraníc sú dané použitými technológiami, životnosťou znečisťujúcich látok atď.

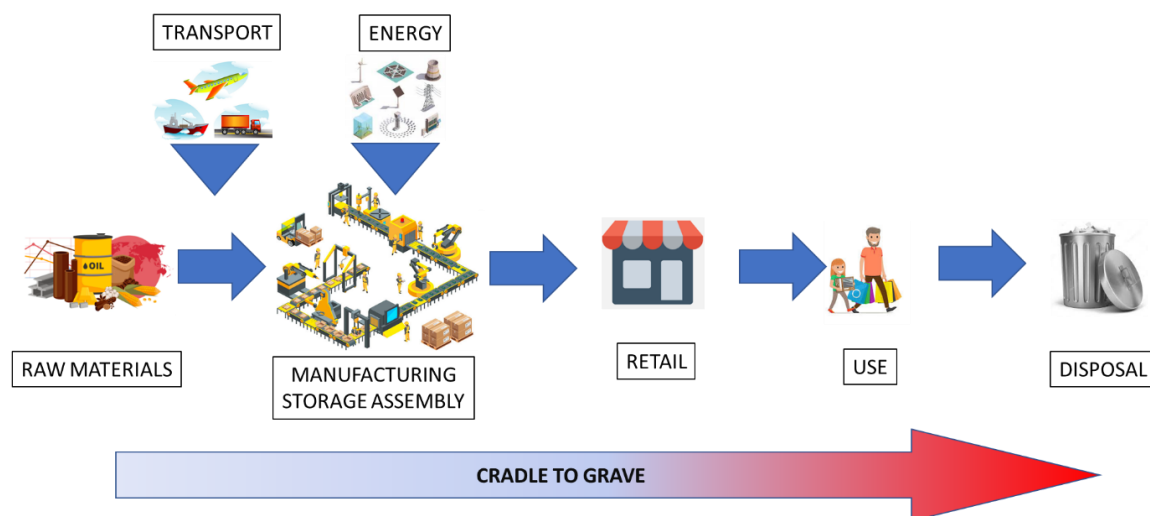
Hranice medzi súčasným životným cyklom a súvisiacimi životnými cyklami iných technických systémov. Väčšina činností je vzájomne prepojená, a preto ich treba pri ďalšom skúmaní od seba oddeliť. Napríklad výroba investičných statkov, ekonomická uskutočniteľnosť nových a ekologickejších procesov sa môže hodnotiť v porovnaní s aktuálne používanou technológiou. Vzájomné prepojenie výrobných systémov má tendenciu byť vzájomne prepojené veľmi komplexným spôsobom. V ideálnom prípade sa vyžaduje aj životný cyklus výrobkov používaných na výrobu skúmaných materiálov a výrobku. To by však viedlo k nekonečnému a zložitému zoznamu vstupov a výstupov. V dôsledku toho sa musia stanoviť limity, hranice pre vylúčenie určitých častí, čo však môže zmeniť konečný výstup štúdie. Čím je systém menší, tým je jeho hranica ostrejšia; veľké systémy môžu mať viaceré hranice, pretože sa spájajú s viacerými systémami.

Pri určovaní hraníc je veľmi nápomocný diagram systému, ako aj niektoré voľby, napríklad výroba a likvidácia kapitálových statkov a prírodné hranice.

Existujú **štyri** hlavné možnosti vymedzenia systémových hraníc používaných v štúdií LCA a **špecifický** prístup "od kolísky po hrob" pre automobilový priemysel (Well to Wheel):

- od kolísky po hrob,
- od kolísky k bráne,
- od kolísky ku kolíske,
- od brány k bráne,
- od zdroja po koleso.

OD KOLÍSKY PO HROB



Obrázok 7: Schéma od kolísky po hrob

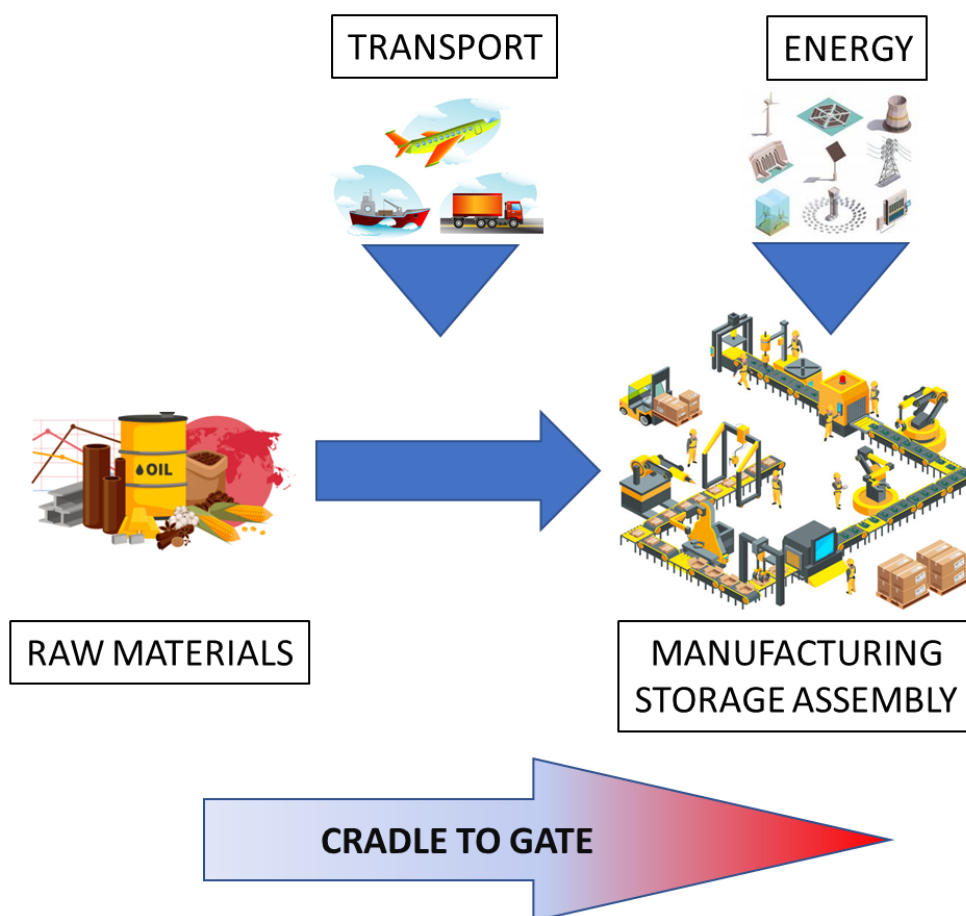
Táto hranica zahŕňa reťazec výroby materiálov a energie a všetky procesy od ťažby surovín cez fázu výroby, prepravy a používania až po spracovanie výrobku na konci jeho životnosti.

Od kolísky po hrob je "konvenčný prístup na jedno použitie", ktorý už nie je udržateľný vzhľadom na rozvojové ciele stanovené Európou do roku 2030²⁰. Veľká časť emisií skleníkových plynov je totiž spôsobená práve týmto výrobným prístupom založeným na fosílnych palivách. Na dosiahnutie súladu s Parížskou dohodou²¹ je preto potrebná radikálna zmena výrobných modelov.

²⁰ Ciele udržateľného rozvoja, https://ec.europa.eu/international-partnerships/sustainable-development-goals_en, marec 2022

²¹ Parížska dohoda je právne záväzná medzinárodná zmluva o zmene klímy. Prijalo ju 196 zmluvných strán na konferencii COP 21 v Paríži 12. decembra 2015 a nadobudla platnosť 4. novembra 2016.

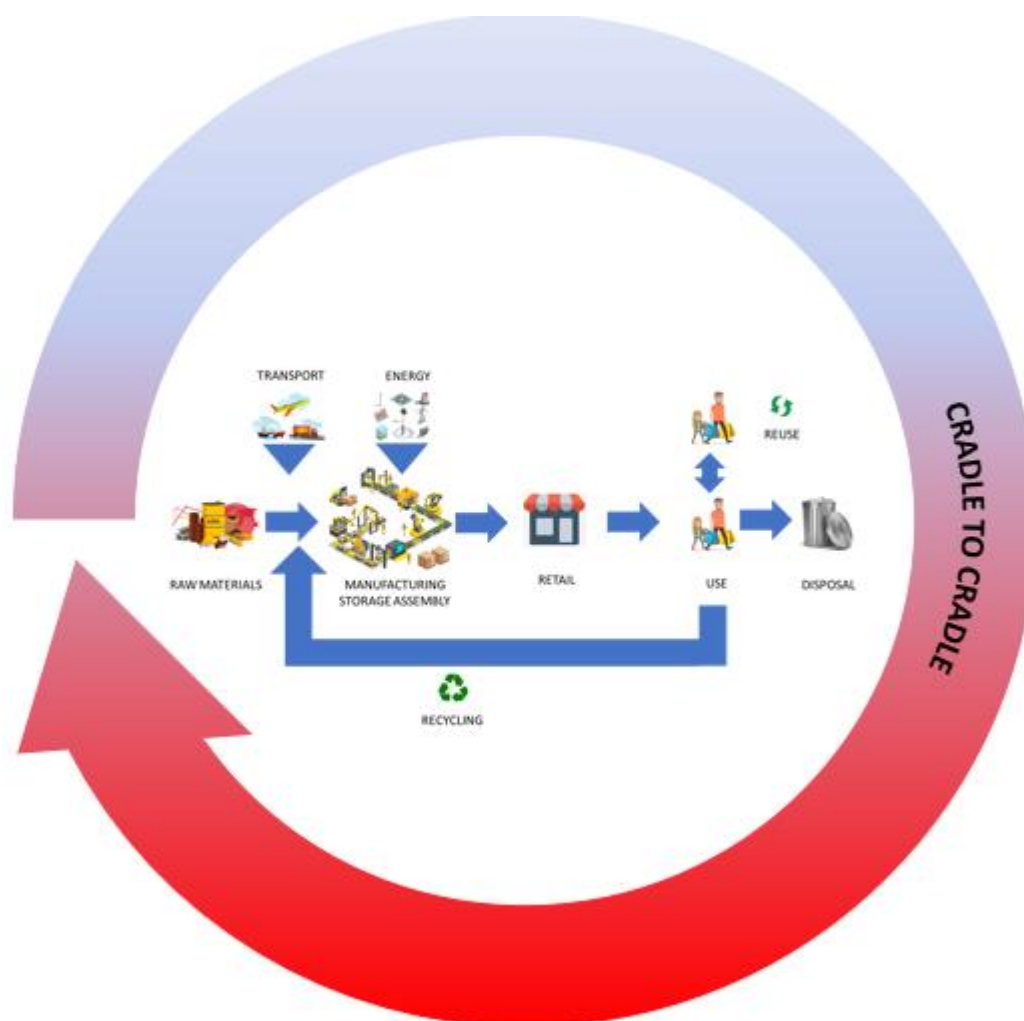
OD KOLÍSKY K BRÁNE



Obrázok 8: Schéma od kolisky k bráne

Táto hranica zahŕňa všetky procesy od ťažby surovín až po fázu výroby (brána závodu); používa sa na určenie vplyvu výroby výrobku na životné prostredie, pričom sa vylučuje fáza jeho používania a likvidácie. Je to čiastková analýza, užitočná v procese LCA veľkých systémov.

OD KOLÍSKY KU KOLÍSKE



Obrázok 9: Schéma od kolísky ku kolíske

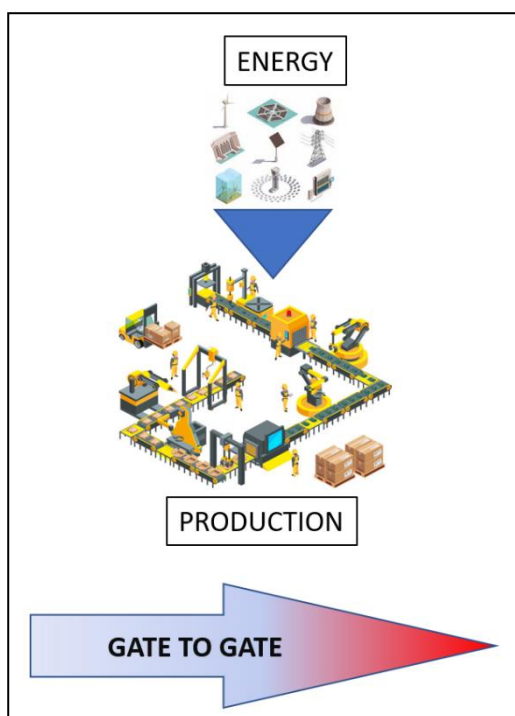
Ide o špecifický prípad predchádzajúcej systémovej hranice "od kolísky po hrob", kde je etapou spracovania na konci životnosti recyklačný proces; používa sa na minimalizáciu vplyvu výrobkov na životné prostredie využívaním udržateľných výrobných, prevádzkových a likvidačných postupov a jeho cieľom je zahrnúť sociálnu zodpovednosť do vývoja výrobkov.

Prístup od kolísky ku kolíske je základným nástrojom obehového hospodárstva, ktorý umožňuje transformovať výrobné procesy znížením odpadu na minimálnu úroveň a umožňuje vytvoriť pozitívnu stopu. Zakladateľmi prístupu od kolísky ku kolíske sú Michael Braungart a William McDonough²² a skúmajú hranicu procesu prostredníctvom troch základných prvkov:

²² "Cradle to Cradle: Michael Braungart a William McDonough, 2002

- Všetko je zdrojom pre niečo iné: v prírode sa odpad z jedného systému stáva potravou pre iný. Všetko môže byť navrhnuté tak, aby sa následne rozložilo a vrátilo do prostredia vo forme živín, alebo sa môže opätovne použiť ako surovina na vytvorenie nových výrobkov.
- Využívajte čistú a obnoviteľnú energiu: živým bytostiam sa darí vďaka slnecnej energii. Podobne aj výrobky môžu byť vyrábané s využitím rôznych foriem obnoviteľnej energie v záujme ochrany životného prostredia a zdravia.
- Oslavujte rozmanitosť: geológia, hydrológia, fotosyntéza a kolobeh živín prispôbené danému miestu vytvárajú na celom svete prekvapivú rozmanitosť prírodného a kultúrneho života.

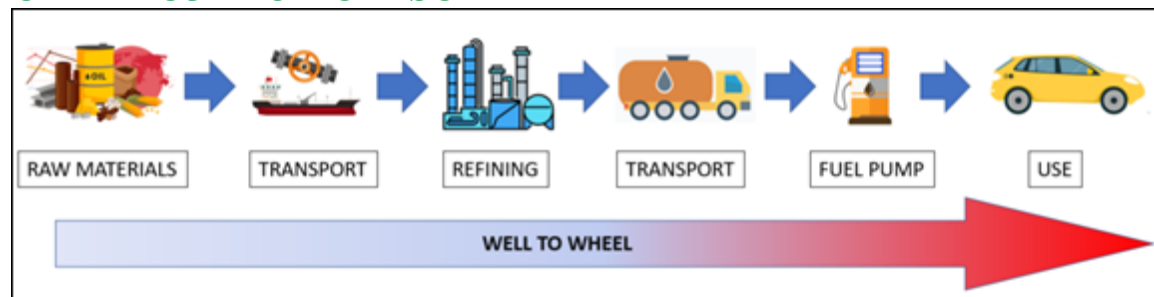
OD BRÁNY K BRÁNE



Obrázok 10: Schéma od brány k bráne

Táto hranica zahŕňa len procesy z výrobnjej fázy; používa sa na určenie environmentálnych vplyvov jedného výrobného kroku alebo procesu.

OD ZDROJA PO KOLESO



Obrázok 11: Schéma od zdroja po koleso

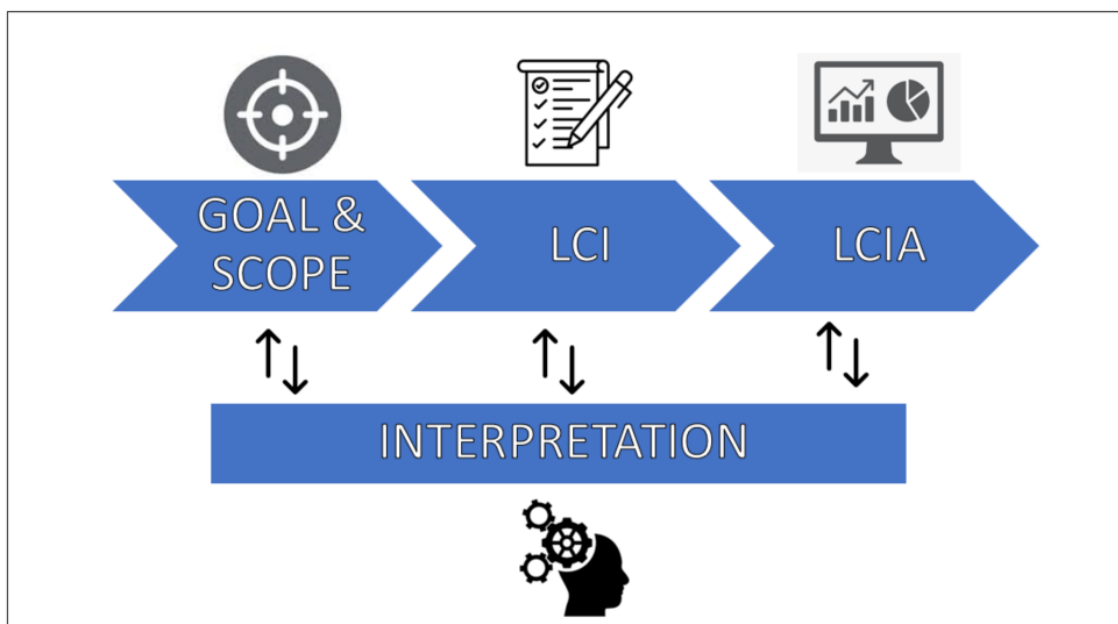
Ide o špecifickú hranicu systému, ktorá sa používa na posúdenie celkovej spotreby energie (alebo účinnosti premeny energie a vplyvu emisií) námorných plavidiel, lietadiel a motorových vozidiel vrátane ich uhlíkovej stopy (pozri obrázokObrázok 11) a palív používaných v každom z týchto druhov dopravy, ktoré sú užitočné na vyhodnotenie vplyvu používania palív pomocou hodnotenia od zdroja po koleso namiesto tradičného prístupu od kolísky po hrob.

2.6 FÁZY LCA

Posudzovanie životného cyklu je metodika, ktorá umožňuje vyhodnotiť vplyv systému (výrobku, procesu, služby) na životné prostredie prostredníctvom analýzy energie a spotrebovaných materiálov, odpadu, logistiky a dopravy, ako aj emisií uvoľnených do životného prostredia počas celého životného cyklu.

Štúdia LCA musí byť štruktúrovaná podľa štyroch následných fáz²³, ako je uvedené na obrázku 13: cieľ a rozsah, inventarizácia životného cyklu (LCI); posúdenie vplyvu životného cyklu (LCIA) a interpretácia.

²³ V súlade s ustanoveniami normy ISO 14040



Obrázok 12: 4 hlavné etapy LCA

CIEĽ A OBSAH

Definícia cieľov a rozsahu je základom, pretože v tomto kroku je možné **navrhnuť rámec** štúdie, určiť **dôvod, prečo** sa vykonáva, a opísať všetky jej **charakteristiky**. V tejto fáze je povinné definovať:

- **cieľ štúdie** - použitie, na ktoré je určená a dôvody jej vykonania. Rozdielny prístup je založený na i) vzájomnom porovnávaní výrobkov/služieb, ii) porovnávaní predmetu štúdie s referenčným štandardom, iii) plánovaní zlepšení existujúceho výrobku/služby alebo iv) navrhovaní nového výrobku/služby;
- **funkčná jednotka** - musí byť v súlade s cieľom a oblasťou použitia. Je to výrobok, služba alebo funkcia, na ktorú sa má vzťahovať analýza a porovnanie s možnými alternatívami ([kg] výrobku, [t] spracovaného odpadu, [kWh] dodanej energie, ...). Funkčná jednotka označuje referenčný objekt štúdie LCA, na ktorý sa budú normalizovať všetky vstupné a výstupné údaje. Podľa normy ISO 14040 je hlavným účelom funkčnej jednotky poskytnúť referenciu, s ktorou sa spájajú výstupné a vstupné toky, a je to nevyhnutná referencia, ktorá umožňuje porovnateľnosť výsledkov LCA.

- **hranice systému**²⁴, ktoré sú potrebné na vymedzenie toho, ktoré procesy budú zahrnuté do systému alebo vylúčené zo systému, a vymedzuje, ktoré procesy by mali byť zahrnuté do analýzy;
- **kategórie údajov**, ktoré sa majú zbierať a analyzovať: čo určuje možnosť ich zberu v teréne, merania, výpočtu, odhadu, získavania z existujúcich databáz. Zvyčajne je možné triediť zozbierané údaje podľa 3 kategórií: (i) primárne údaje (z priamych prieskumov), (ii) sekundárne údaje (prevzaté z literatúry) a (iii) terciárne údaje (z odhadov a priemerných hodnôt);
- požiadavky na **kvalitu údajov** - konzistentnosť z hľadiska časového, geografického a technologického pokrytia, správna reprezentatívnosť a reprodukovateľnosť a samozrejme, spoľahlivý zdroj.

INVENTARIZÁCIA ŽIVOTNÉHO CYKLU (LCI)

Inventarizačná analýza je najcitlivejšou a najnáročnejšou fázou štúdie LCA. Tu sa definujú a kvantifikujú vstupné a výstupné toky v životnom cykle systému prostredníctvom modelu, ktorý ho čo najspoľahlivejšie reprezentuje.

Na postup pri LCI je užitočné prijať znázornenie procesného diagramu²⁵, pomocou ktorého je možné zobrazit' zložky systému, ktorý sa skladá zo sekvencií procesov (políčok) prepojených materiálovými tokmi (šípkami).

Najreprezentatívnejšia schéma, platná pre väčšinu priemyselných systémov, je zameraná na identifikáciu hlavných environmentálnych procesov a zásahov a možno ju rozdeliť do siedmich sekvencií:

1. **Hlavná výroba:** táto sekvencia zdôrazňuje prioritný výrobný proces výrobku; v tejto fáze sú zvýraznené hlavné kroky procesu a hlavné materiálové toky.
2. **Vedľajšia výroba alebo vedľajší výrobok:** táto postupnosť sa týka výrobného procesu výrobku, ktorý sa vykonáva počas výroby hlavného výrobku.
3. **Výroba pomocných materiálov:** cieľom tejto fázy je rozšíriť vývojový diagram procesu o procesy, ktoré sa vyskytujú pred výrobou výrobku, počas

²⁴ Pozri kapitolu 2.5 HRANICE SYSTÉMU

²⁵ Vývojový diagram je typ diagramu, ktorý predstavuje pracovný postup alebo proces, <https://en.wikipedia.org/wiki/Flowchart>, marec 2022.

nej a po nej; táto fáza umožní analyzovať ťažbu, výrobu a zložky surovín, na druhej strane zobrazí použitie výrobku, spotrebu, recykláciu alebo opätovné použitie a procesy nakladania s odpadom.

4. **Výroba energie:** táto sekvencia sa týka možnosti získavania energie prostredníctvom tepla alebo elektriny.
5. **Spotreba energie:** táto postupnosť zohľadňuje spotrebu energie spôsobenú rôznymi procesmi.
6. **Doprava:** táto sekvencia sa týka dopravy použitej na presun výrobku alebo spoločného produktu a týka sa množstva prepraveného výrobku na kilometer.
7. **Úprava odpadu:** zohľadňuje úpravy, ktoré sa používajú pri spracovaní odpadu a pomocných materiálov.

Po načrtnutí procesu je možné pristúpiť k efektívnemu zberu údajov. Tá bude mať dva typy: tie, ktoré sa týkajú vstupných tokov²⁶ (**vstupy**), a tie, ktoré zodpovedajú výstupom²⁷ (**výstupy**). Zozbierané údaje sa musia vyhodnotiť na základe parametrov, ako je vek údajov, referenčná technológia, proces, ktorého sa údaje týkajú, metódy výpočtu použité na získanie priemerných hodnôt.

Po zozbieraní je potrebné všetky údaje kategorizovať (suroviny, energia, doprava, ...) a zapísať do **inventarizačnej tabuľky**, ktorá je základným podkladom pre ďalšiu fázu hodnotenia vplyvu (LCIA).

POSÚDENIE VPLYVU ŽIVOTNÉHO CYKLU (LCIA)

Táto fáza umožňuje určiť potenciálne vplyvy analyzovaného systému na životné prostredie prepojením údajov z inventúry s konkrétnymi **kategóriami vplyvu**, ako je uvedené v Tabuľka 2.

Tabuľka 2: Hlavné kategórie vplyvu na životné prostredie

VPLYV NA EKOSYSTÉM	ĽUDSKÉ VPLYVY	VYČERPANIE ZDROJOV
Kyslé dažde	Karcinogény	Fosílna palivo
Zmena klímy	Úbytok ozónu	Lesy

²⁶ Materiály, doprava a energia

²⁷ Produkty a plyny uvoľnené do ovzdušia, vody a pôdy

Eutrofizácia	Pevné častice	Sladká voda
Zmena využívania pôdy	Smog	Pasienky
Tuhý odpad	Toxicita	Minerály
Toxicita		Pôda

Tieto kategórie vplyvu na životné prostredie možno priradiť k trom hlavným oblastiam ochrany životného prostredia, ktoré sú spojené s tromi oblasťami ochrany (OO)

- vplyvy na ekosystém (prírodné prostredie),
- vplyvy na človeka (ľudské zdravie),
- vyčerpanie zdrojov (vyčerpanie neobnoviteľných zdrojov).

V dôsledku toho je možné poukázať na tieto environmentálne otázky:

- potenciálne vyčerpanie surovín,
- potenciálne vyčerpanie zdrojov energie,
- potenciál globálneho otepľovania (skleníkový efekt) (GWP - potenciál globálneho otepľovania),
- potenciálne poškodzovanie ozónovej vrstvy (ODP - potenciál poškodzovania ozónovej vrstvy),
- ekotoxicita vody a pôdy,
- potenciálna acidifikácia (AP - potenciál okyslenia),
- toxicita pre ľudí,
- eutrofizácia (NP - Potenciál nutrifikácie).

Vplyvy môžu pretrvávať na miestnej, regionálnej alebo globálnej úrovni a týkajú sa skôr rôznych sektorov životného prostredia ako vplyvov na ľudské zdravie, a to určením príspevku systému k primárnej energii, skleníkovému efektu, znižovaniu ozónovej vrstvy, okysľovaniu, eutrofizácii, fotochemickému smogu a pevnému odpadu.

PRIMÁRNA ENERGIA

Tento ukazovateľ zohľadňuje dopyt po primárnej energii počas celého životného cyklu posudzovaného výrobku, pričom sa berie do úvahy napríklad premena horľavých materiálov na elektrinu. Horľavé materiály preto prispievajú k tomuto ukazovateľu svojím

obsahom primárnej energie. Charakteristickým faktorom je v tomto prípade výhrevnosť posudzovaného materiálu.

SKLENÍKOVÝ EFEKT

Ukazovateľ skleníkového efektu sa vypočítava s ohľadom na látky vypúšťané do ovzdušia, ktoré prispievajú ku globálnemu otepľovaniu planéty Zem.

Hmotnostné množstvo každej látky vypočítané počas celého životného cyklu výrobku sa vynásobí hmotnostným koeficientom, ktorý sa nazýva potenciál globálneho otepľovania (GWP). Potom sa súčtom príspevkov jednotlivých látok získa súhrnná hodnota ukazovateľa. Látky, ktoré prispievajú k skleníkovému efektu, sú najmä: CO₂, CH₄, N₂O, CFC, HCFC a HFC. CO₂ je referenčnou látkou pre tento ukazovateľ, t. j. jeho hmotnostný koeficient sa rovná 1 a hodnoty ukazovateľa sú vyjadrené v kg ekvivalentu CO₂ [kg CO₂].

ZNÍŽENIE OZÓNOVEJ VRSTVY

Zníženie stratosférickej ozónovej vrstvy sa počíta ako predchádzajúci ukazovateľ, ale vzťahuje sa na iné látky (CFC, HCFC) a s iným váhovým koeficientom, ktorý sa nazýva potenciál poškodzovania ozónovej vrstvy (ODP, Ozone Depletion Potential). Látka, ktorá sa berie ako referenčná, je v tomto prípade chlór - fluór - karbid [CFC - 11].

OKYSLENIE

Ukazovateľ acidifikácie je spojený s emisiami určitých okysľujúcich látok do ovzdušia, ako sú oxidy dusíka [NO_x] a oxidy síry [SO_x]. Referenčnou látkou je SO₂ a váhový koeficient sa nazýva potenciál acidifikácie [AP, Acidification potential].

EUTROFIZÁCIA

Tento ukazovateľ hodnotí účinok eutrofizácie²⁸. Látky, ktoré prispievajú k javu eutrofizácie, sú zlúčeniny na báze fosforu [P] a dusíka [N]. Referenčnou látkou sú fosforečnany (PO₄) a váhový koeficient sa nazýva nutričiaci potenciál [NP].

FOTOCHEMICKÝ SMOG

Všetky prchavé organické látky, ktoré vedú k fotochemickej tvorbe (za prítomnosti slnečného žiarenia) troposférického ozónu, sa združujú pod názvom letný smog²⁹.

²⁸ t. j. zvýšenie koncentrácie živín vo vodnom prostredí

²⁹ Smog sa často rozdeľuje na letný alebo zimný. Letný smog sa spája predovšetkým s fotochemickou tvorbou ozónu. Počas zimných mesiacov, keď sú teploty nižšie a atmosférické inverzie sú bežné, dochádza

Charakterizačný faktor sa nazýva fotochemický potenciál tvorby ozónu (POCP) a referenčnou látkou je etylén [C₂H₄].

TUHÝ ODPAD

Predmetný ukazovateľ zoskupuje všetky pevné odpady, ktoré vznikajú pri akejkoľvek činnosti v životnom cykle výrobku, napríklad pri výrobe elektrickej energie potrebnej pre daný proces alebo pri výrobe oceľových plechov. Pre tento ukazovateľ neexistujú žiadne charakterizačné faktory a každá látka sa pripočítava k ostatným jednoducho zohľadnením emitovaného množstva v hmotnosti.

INTERPRETÁCIA

Fáza interpretácie umožňuje pochopiť výsledok štúdie, dať ho do súvislostí a poukázať na **zlepšenie** systému určením zložiek, v ktorých možno vykonať zmeny s cieľom znížiť vplyv celého systému na životné prostredie;

Je dôležité zdôrazniť, že aj keď je fáza interpretácie spojená s (konečným) výsledkom štúdie, ako je uvedené na obrázku Obrázok 12, interpretácia údajov je potrebná v každej fáze metodiky LCA.

Počas fázy LCIA je potrebné skombinovať technicko-environmentálne výsledky poskytnuté LCA so všetkými ostatnými informáciami týkajúcimi sa skúmaného výrobku; ekonomicko-finančnými a politicko-sociálnymi informáciami o výrobku a informáciami o vnímavosti a spokojnosti spotrebiteľov a o súhlase verejnej mienky, aby bolo možné nájsť ekologicky vhodný výrobok, alebo inými slovami, aby bolo možné prijať správne rozhodnutie o výrobkovej politike spoločnosti a environmentálnych programoch, ktoré spoločnosť plánuje v budúcnosti rozvíjať.

Je dôležité zdôrazniť, že LCA podobne ako všetky metodiky založené na porovnávaní, nenavrhuje absolútne riešenie, ale identifikuje súbor alternatív, z ktorých si rozhodovatelia vyberú podľa svojho názoru najlepšiu.

Ciele tejto fázy sú nasledovné:

- prehľad a interpretácia výsledkov,

- overenie dosiahnutia cieľov štúdie (iterácia), kvality údajov a limitov systému (analýza citlivosti),
- porovnanie variantov.

Výsledky sa musia interpretovať a prezentovať takým spôsobom, aby bolo možné ich ľahko vnímať, pričom sa treba pokúsiť prezentovať aj iné scenáre, než je posudzovaný.

2.7 ODKAZY NA KAPITOLU



Sumarizácia

Na konci tejto kapitoly budú študenti rozumieť nasledujúcim pojmom:

- udržateľnosť a trvalo udržateľný rozvoj,
- hodnotenie životného cyklu (LCA),
- environmentálny aspekt,
- vplyv na životné prostredie,
- vstupy, výstupy a procesy,
- kategórie vplyvu LCA,
- environmentálna stopa,
- hranice systému - od kolísky k hrobu, od kolísky k bráne, od kolísky ku kolíske, od brány k bráne, od zdroja ku kolesu,
- fázy LCA - cieľ a rozsah, inventarizácia životného cyklu (LCI), hodnotenie vplyvu životného cyklu (LCIA), interpretácia.



Otázky

- Čo znamená udržateľnosť a udržateľný rozvoj?
- Aké sú rôzne rozmery udržateľnosti a ako ich možno opísať?
- Aký je význam pojmov "životné prostredie", "environmentálny aspekt" a "vplyv na životné prostredie" podľa terminológie ISO 14001?
- Ako by ste definovali "kategóriu vplyvu"?
- Aké sú hlavné všeobecné výhody používania LCA?
- Hranice systému - stručne opíšte každú z nich.
- Fázy LCA - stručne opíšte každú z nich.

Skratky

AP - potenciál okyslenia

CF - uhlíková stopa

CSR - spoločenská zodpovednosť firiem

EF - ekologická stopa

FU - funkčná jednotka

HDP - hrubý domáci produkt

GHG emisie - emisie skleníkových plynov

GPI - ukazovateľ skutočného pokroku

GWP - potenciál globálneho otepľovania

LCA - hodnotenie životného cyklu

LCC - kalkulácia nákladov na životný cyklus

LCI - inventarizácia životného cyklu

LCIA - hodnotenie vplyvu životného cyklu

LCSA - hodnotenie udržateľnosti životného cyklu

NP - nutrifikačný potenciál

ODP - potenciál poškodzovania ozónovej vrstvy

OEF - environmentálna stopa organizácie

PEF - environmentálna stopa výrobku

SDGs - ciele udržateľného rozvoja

SLCA - hodnotenie sociálneho životného cyklu

WCED - svetová komisia pre životné prostredie a rozvoj

WF - vodná stopa

POCP - fotochemický potenciál tvorby ozónu

3. LCA V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSLE: VOZIDLÁ NA KONVENČNÉ PALIVÁ

3. LCA V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSLE: VOZIDLÁ NA KONVENČNÉ PALIVÁ	40
3.1 Spaľovacie motory	42
Vývoj spaľovacích motorov	44
3.2 Európske emisné normy pre cestné vozidlá	48
Emisné predpisy pre osobné a ľahké úžitkové vozidlá	49
Emisné predpisy pre ťažké nákladné vozidlá a autobusy	51
3.3 Metódy merania spotreby paliva	54
3.4 Posúdenie životného cyklu vozidiel na konvenčné palivá - prípadová štúdia	60
Výsledky posúdenia uhlíkovej stopy vozidiel s konvenčným pohonom	63
Výsledky hodnotenia vodnej stopy vozidiel s konvenčným pohonom	65
Výsledky posúdenia vplyvu vozidiel na konvenčné palivá na zdroje	66
3.5 Porovnanie individuálnej a verejnej osobnej dopravy	67
3.6 Odkazy na kapitolu	76



Čas na štúdium: 120 minút



Ciele

AKÉ VEDOMOSTI ŠTUDENTI ZÍSKAJÚ:

Po absolvovaní tejto lekcie budú študenti schopní:

- získať lepšie vedomosti o vývoji spaľovacích motorov a hodnotení životného cyklu vozidiel na konvenčné palivá,
- získať lepší prehľad o rôznych princípoch fungovania benzínových, naftových a alternatívnych spaľovacích motorov, o metódach merania spotreby paliva, o faktoroch, ktoré určujú hodnotenie rôznych vplyvov vozidiel so spaľovacími motormi, ako aj o výsledkoch reálnych meraní spotreby energie a produkcie skleníkových plynov v individuálnej a verejnej osobnej doprave.
- získať prehľad o európskych emisných normách pre cestné vozidlá.

AKO IM KAPITOLA POMÔŽE POCHOPIŤ DANÚ TÉMU:

Najprv sa študenti oboznámia s teoretickými informáciami o spaľovacích motoroch prostredníctvom opisu ich vývoja a vysvetlenia princípov ich fungovania. V súčasnosti povolené emisné limity, ktoré poukazujú na negatívne vplyvy prevádzky spaľovacích motorov, sú uvedené v aktuálne platných európskych emisných predpisoch pre osobné, ľahké úžitkové, nákladné vozidlá a autobusy. Žiaci získajú aj poznatky o rôznych metódach merania spotreby paliva vďaka teoretickému popisu jednotlivých metód doplnenému o grafické znázornenie jazdných cyklov. Všeobecné informácie o hodnotení životného cyklu sú následne aplikované na problematiku vozidiel s konvenčným pohonom, čo študentom poskytne poznatky o praktickom využití hodnotenia životného cyklu. Na záver sú teoretické poznatky podporené príkladmi výsledkov konkrétnych meraní spotreby a

produkcie skleníkových plynov osobného automobilu, autobusu a vlaku v reálnej prevádzke.

AKÉ ZRUČNOSTI BUDE KAPITOLA ROZVÍJAŤ

Kapitola zaručuje získanie technických zručností na lepšie posúdenie výhod alebo nevýhod používania konkrétneho dopravného prostriedku (vozidla) na základe jeho technických vlastností a druhu paliva. Kapitola rozvíja zručnosti a vedomosti, ako chrániť životné prostredie z hľadiska spotreby energie a emisií skleníkových plynov.

KDE ŠTUDENTI MÔŽU VYUŽIŤ VEDOMOSTI

Študenti dokážu využiť poznatky v rozhodovacích procesoch pri posudzovaní výberu vhodného druhu dopravy a pohonných hmôt s ohľadom na ochranu životného prostredia a zachovanie udržateľnej mobility.

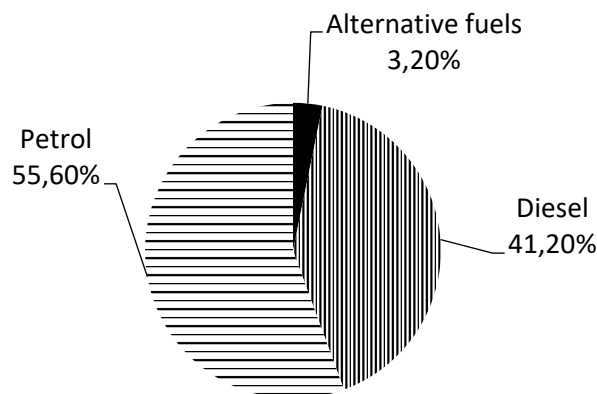


Teória

3.1 SPAĽOVACIE MOTORY

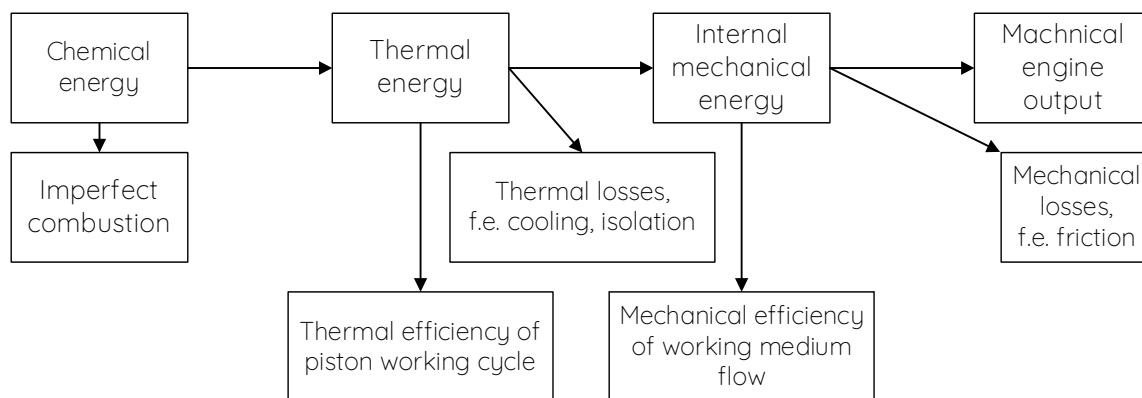
Podľa Európskeho združenia výrobcov automobilov viac ako polovica všetkých európskych osobných automobilov (55,6 %) jazdí na benzín³⁰. ObrázokObrázok 13 ukazuje rozdelenie osobných automobilov používaných v Európskej únii podľa druhu paliva. Osobné automobily s malými benzínovými motormi sú vo väčšine členských štátov rozšírenejšie ako vozidlá so strednými a veľkými motormi.

³⁰Európske združenie výrobcov automobilov (ACEA). Dostupné na <https://www.acea.be>. Posledný prístup vo februári 2022.



Obrázok 13: Osobné automobily používané v Európskej únii podľa typu paliva³⁰

Spaľovací motor je motor, ktorý pracuje na princípe spaľovania paliva, preto sa spaľovací motor nazýva aj tepelný motor. Pri spaľovaní paliva sa chemická energia mení na mechanickú prácu. Pri spaľovaní v motore prebieha chemická reakcia, pri ktorej vzniká tepelná energia, ktorá pomocou vhodného plynného média premieňa uvedenú chemickú energiu na mechanickú prácu. Plynné médium využíva energiu dvoma spôsobmi - 1. potenciálna energia piestových spaľovacích motorov (tlak), 2. kinetická energia spaľovacích turbín (prúdová rýchlosť prúdenia)³¹.



Obrázok 14: Schéma spaľovacieho motora a premeny vyrobenej energie

Obrázok 14 znázorňuje diagram postupnej premeny energií v spaľovacích motoroch, ktoré sú súčasťou paliva. Chemická energia sa v spaľovacom motore mení na mechanickú prácu.

³¹ Hromádka J., Höning V., Miler P. Spaľovací motory, Praha, Grada, 2011, 296 s.

VÝVOJ SPAĽOVACÍCH MOTOROV

Spaľovacie motory sa začali vyvíjať po objavení prvých dopravných prostriedkov, keď si ľudstvo uvedomilo, že tieto vozidlá mu uľahčujú život a prácu. Rozvoj spaľovacích motorov sa spája aj s negatívnymi vplyvmi na prírodu, ako je využívanie nerastných surovín, znečisťovanie životného prostredia, skleníkový efekt, kyslé dažde a úbytok ozónovej vrstvy.

BENZÍNOVÝ MOTOR

V roku 1786 požiadal francúzsky vynálezca Phillipe Lebon o patent na plynový motor. Dodnes nie je známe, že by takýto motor zostrojil. V roku 1807 získal vynálezca Issac de Rival patent na vozidlo poháňané plynovým spaľovacím motorom, ktorý funguje na princípe miešania výbušnej zmesi plynu so vzduchom zapáľovaným pod piestom elektrickou iskrou. Neskôr si tvorca J. J. Etienne Lenoir dal patentovať prvý použiteľný plynový motor, keď v roku 1860 vytvoril dvojtaktný motor štartujúci elektrickou iskrou. Tento vynálezca v rokoch 1860 - 1863 ako prvý vytvoril motor poháňaný kvapalným palivom - benzínom. K. Benz získal v roku 1879 patent na dvojtaktný plynový spaľovací motor, vďaka ktorému vznikli vozidlá s plynovým motorom vlastnej konštrukcie³².

Obrázok 15 znázorňuje trojkolesové vozidlo poháňané štvortaktným benzínovým motorom, ktorý pracuje podobne ako štvortaktný naftový motor, pričom hlavným rozdielom je nasávanie čistého vzduchu do valcov a po ohriatí a stlačení vzduchu sa do valcov vstrekuje nafta.

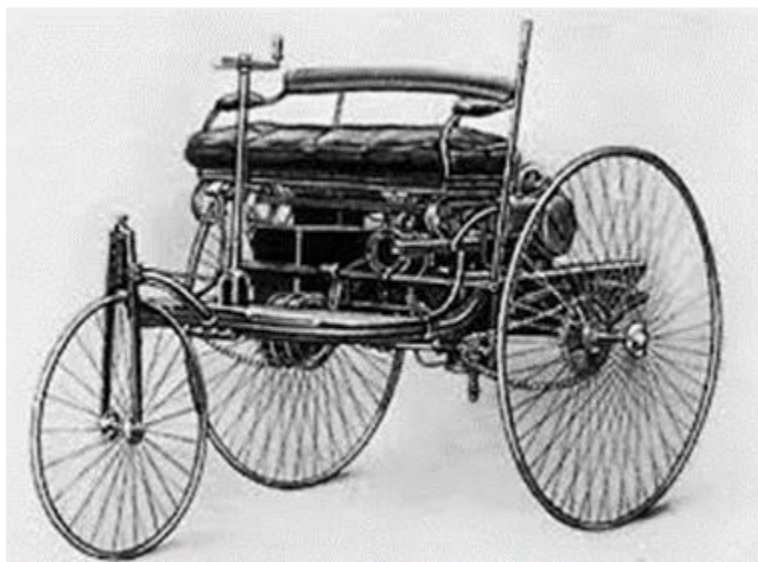
Princíp činnosti štvortaktného motora³³:

1. SANIE - piest sa pohybuje smerom nadol, čím sa zväčší priestor nad piestom a otvoria sa sacie ventily. V dôsledku toho je atmosférický tlak vyšší ako tlak nad piestom, ktorý okrem vzduchu dodáva do valcov aj palivo. Palivo + vzduch = horľavá zmes
2. KOMPRESIA - piest sa pohybuje smerom nahor a stláča zmes, ktorá sa zahrieva a výsledkom je nárast tlaku. Vysoký tlak a teplota podporujú odparovanie paliva so zmiešaným vzduchom, čím sa zmes stáva výbušnejšou.

³²Rauscher J. Zoznam použitých pojmov zo spaľovacích motorov. Bratislava 2005
<<http://www.iae.fme.vutbr.cz/userfiles/ramik/files/Spalovaci%20motory%202005.pdf>>.

³³<https://autoride.sk/zazihovy-motor-jeho-funkcia-v-skratke>

3. VÝBUCH - v tejto fáze prebieha proces spaľovania, pri ktorom preskočí iskra na zapalovacej sviečke a následne zapáli stlačenú zmes. Po zapálení sa zmes rozpína a piest sa pohybuje smerom nadol.
4. VÝFUK - výfukové ventily sa otvárajú, aby pomohli odvieť výfukové plyny z valca.



Obrázok 15: K. Benz - prvé trojkolesové vozidlo poháňané štvortaktným motorom³⁴

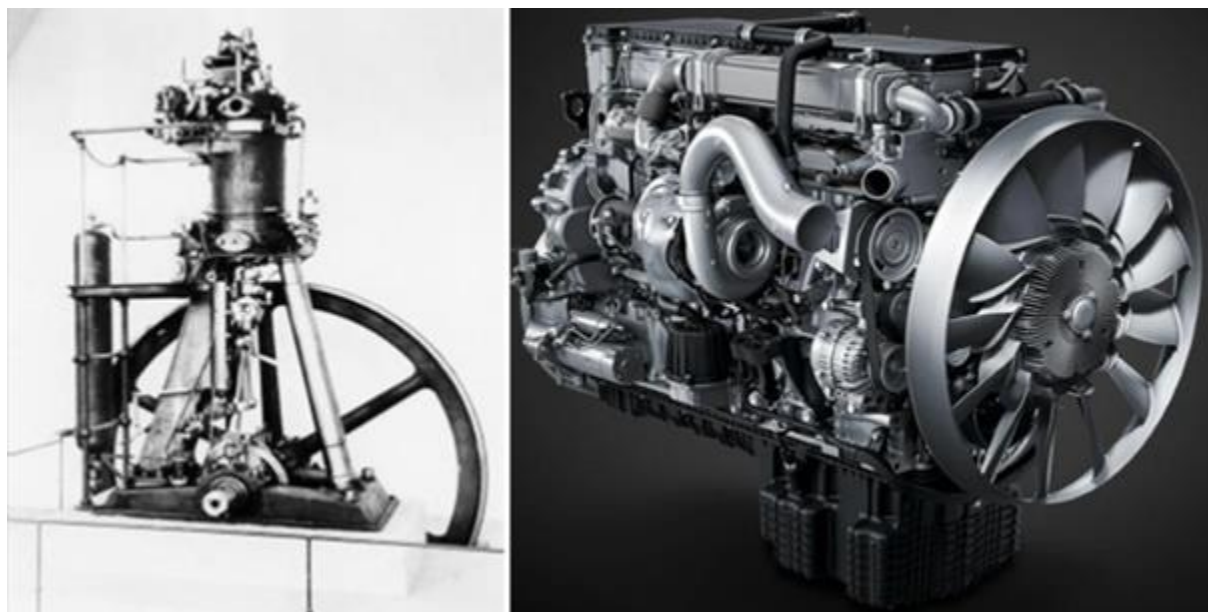
Výhody benzínových motorov:

1. jednoduchšia a lacnejšia konštrukcia,
2. benzínové motory sú výkonnejšie,
3. vhodnejšie na kratšie trasy, pretože čas potrebný na dosiahnutie prevádzkovej teploty je oveľa kratší.

DIESELOVÝ MOTOR

V roku 1892 získal Rudolf Diesel patent na dieselový motor. Vytvoril prototyp štvortaktného motora MAN poháňaného naftovým palivom rozprašovaným do valca pomocou stlačeného vzduchu. Bol to motor so vznetovým spaľovaním. Dieselové motory sa v minulosti považovali za úsporné motory. Dnes sú tieto motory úsporné aj výkonné³².

³⁴<https://www.superstock.com/asset/transport-transportation-car-vehicle-variants-benz-first-three-wheeled-motor/4430-4122>



Obrázok 16: Historické a súčasné dieselové motory³⁵

Princíp fungovania³⁶:

1. SANIE - kľukový hriadeľ sa otáča od 0° do 180° , je to fáza, keď vzduch vstupuje do valca cez otvorený ventil.
2. KOMPRESIA - kľukový hriadeľ sa otáča od 180° do 360° , je to fáza, v ktorej piest spôsobí stlačenie vzduchu v komore 16 - 25 násobne a dosiahne teplotu $700 - 900^\circ\text{C}$.
3. SPAĽOVANIE - kľukový hriadeľ sa otáča z 360° na 540° a vstrekuje palivo, ktoré sa potom zapáli. Výsledkom spaľovania sú látky, ktoré umožňujú piestu pohybovať sa smerom nadol.
4. VÝFUK - kľukový hriadeľ je otočený o 540° až 720° od polohy nasávania. Piest sa pohybuje smerom nahor, spálené plyny sú vypúšťané do výfuku.

Výhody dieselových motorov³⁶:

1. životnosť naftového motora je dvakrát dlhšia ako životnosť benzínového motora,
2. v porovnaní s benzínovým motorom spaľujú v priemere o 30 % menej paliva,
3. vznetrový motor spaľuje palivo okamžite po uvedení do prevádzky, čím zaručuje vysoký krútiaci moment pri nižších otáčkach.

35

https://www.reddit.com/r/MechanicalEngineering/comments/ojnpcp/rudolf_diesel_who_invented_the_diesel_engine/

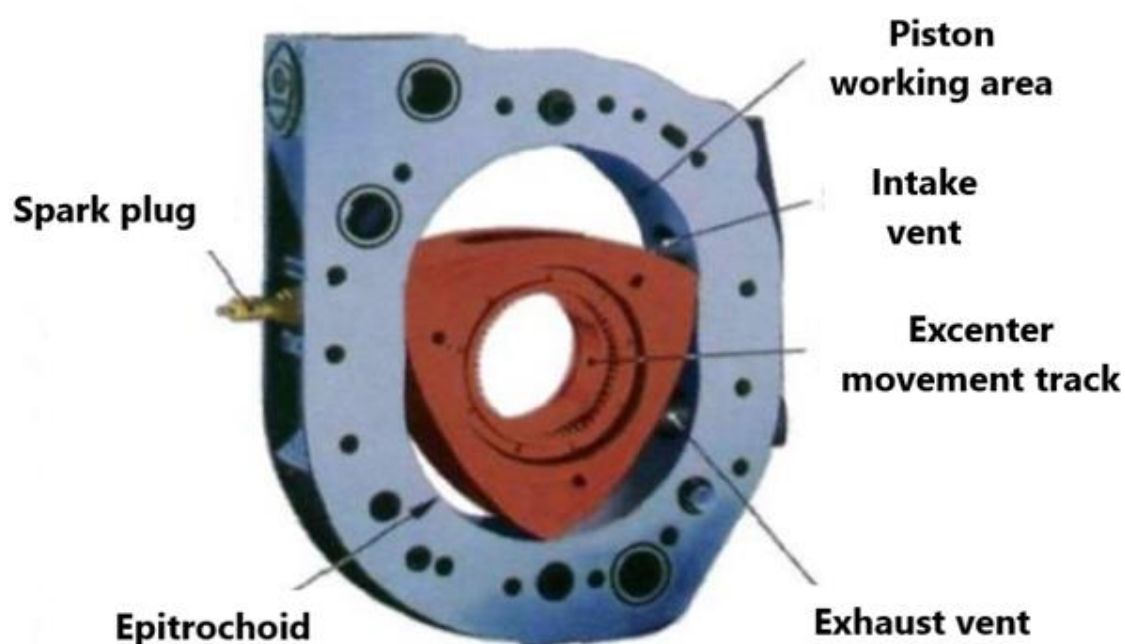
³⁶<https://www.autodoc.sk/info/dieselovy-motor-zaklady>

ALTERNATÍVNE SPAĽOVACIE MOTORY

Napriek osvedčeným konvenčným piestovým spaľovacím motorom vznikli aj alternatívne spaľovacie motory, ktoré sa však neosvedčili ako ekologické a ekonomické motory, čím sa ich vývoj ukončil³².

Rotačné piestové motory

Motor s rotačným piestom, nazývaný aj Wankelov motor, bol jediný, ktorý sa dostal do sériovej výroby s jedným typom motora. Tento motor bol prvýkrát použitý vo vozidle NSU Prinz a neskôr sa použil pri výrobe športového vozidla Mazda RX-8³².



Obrázok 17: Wankelov motor³⁷

Obrázok 17 uvádza jednotlivé časti Wankelovho motora. Motor sa skladá zo zapalovacej sviečky, ktorá slúži na zapálenie pomocou iskry. Ďalej sa skladá z pracovnej plochy skrine, sacieho kanála, excentrickej obežnej dráhy, výfukového kanála a epitrochoidu.

Stirlingov motor

Robert Stirling vytvoril v roku 1816 piestový tepelný motor, v ktorom získaval energiu pre pracovný cyklus z externého zdroja. Stirlingove motory nepatrili medzi najvýhodnejšie z hľadiska ceny a konštrukcie, medzi ich výhody oproti iným motorom

³⁷<http://www.autorubik.sk/clanky/wankelov-motor/>

však patrila nízka hlučnosť a nízke emisie výfukových plynov. Ide o motor s vonkajším spaľovaním³¹.

Spaľovacia turbína

Spaľovacia turbína našla uplatnenie najmä vo vojenských a dopravných lietadlách, ale aj vo vrtuľníkoch, lokomotívach alebo námornej doprave. Všetky uvedené prostriedky sú poháňané spaľovacou turbínou. Spaľovacia turbína nemala veľké uplatnenie v cestnej doprave. Jedinou značkou osobných automobilov, ktorá využívala spaľovaciu turbínu, bol ROVER. V súčasnosti sa automobilky snažia skúmať zníženie spotreby paliva zvýšením teploty výfukových plynov pred turbínou. Teplota by sa mala zvýšiť až na 1 500 °C, čo je možné len pri použití keramických materiálov, napr. na lopatkách rotora turbíny³¹.

Výhodou spaľovacích motorov je rýchle uvedenie do prevádzky, možnosť ich konštrukcie na spaľovanie rôznych palív v rôznych veľkostiach a na rôzne účely, motory na kvapalné palivo dosahujú nízku spotrebu paliva a piestové spaľovacie motory majú vysokú energetickú konverziu. Medzi nevýhody spaľovacích motorov patria najmä nepriaznivé účinky na životné prostredie, ľudské zdravie a iné organizmy, na spustenie potrebujú cudzí zdroj a tieto motory majú tiež obmedzenú životnosť. Spaľovacie motory sú tiež vážnym zdrojom emisií hluku³⁴.

3.2 EURÓPSKE EMISNÉ NORMY PRE CESTNÉ VOZIDLÁ

Európska únia vytvorila smernice ES/EHS, ktoré sa vzťahujú na všetky členské štáty EÚ. Neskôr sa tieto smernice zmenili na nariadenia EÚ.

Delia sa na dve základné skupiny:

1. emisné predpisy pre osobné a ľahké úžitkové vozidlá (EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5, EURO 6),
2. emisné predpisy pre ťažké nákladné vozidlá a autobusy (EURO I, EURO II, EURO III, EURO IV, EURO V, EURO VI).

Vozidlá sú rozdelené podľa hmotnosti, ak je hmotnosť do 2 610 kg, ide o prvú skupinu. Ak je hmotnosť vyššia ako 2 610 kg, ide o druhú skupinu vozidiel. Európske emisné limity sú stanovené pre dieselové motory (nafta), ale aj pre benzínové motory (benzín, LPG, zemný plyn, atď.). Emisné normy pre dieselové motory sú prísnejšie; hodnoty emisií NO_x sú vyššie. Zážihové motory nemusia vo fáze EURO 4 absolvovať meranie pevných častíc. Vo fázach EURO 5, 6 sa zavádza meranie hmotnosti emisií

pevných častíc. Emisné predpisy upravujú maximálne množstvo znečisťujúcich látok vo výfukových plynch vypúšťaných z motorov.

Regulované emisie zahŕňajú:

1. pevné častice (PM) - vznikajú len v dieselových motoroch, sú to uhlík, popol, sadze, zvyšky nespáleného oleja alebo paliva,
2. oxidy dusíka (NO_x) - vznikajú oxidáciou dusíka pridaného do spaľovacej komory spolu s kyslíkom určeným na oxidáciu paliva alebo kyslíkom obsiahnutým v palivách,
3. uhľovodíky (HC) - vznikajú z paliva za zlých oxidačných podmienok, merajú sa aj ako THC alebo NMHC,
4. oxid uhoľnatý (CO) - vzniká pri nedokonalom spaľovaní, keď je v spaľovacej zmesi nedostatok kyslíka.

EMISNÉ PREDPISY PRE OSOBNÉ A ĽAHKÉ ÚŽITKOVÉ VOZIDLÁ

Tabuľka 3: Emisné limity Euro 5

Kategória		Trieda	Referenčná hmotnosť (RW) (kg)	Limitné hodnoty					
				Hmotnosť oxidu uhoľnatého (CO)		Hmotnosť všetkých uhľovodíkov (THC)		Hmotnosť nemetánových uhľovodíkov (NMHC)	
				L1 ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)		L2 ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)		L3 ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)	
Kategória	Trieda		PI	CI	PI	CI	PI	CI	
M	-	Všetky		1000	500	100	-	68	-
N1	I	$\text{RM}\leq 1305$		1000	500	100	-	68	-
	II	$1305<\text{RM}\leq 1760$		1810	630	130	-	90	-
	III	$1760<\text{RM}$		2270	740	160	-	108	-
N2				2270	740	160	-	108	-
Kategória		Trieda	Referenčná hmotnosť (RW) (kg)	Hmotnosť oxidu dusíka (NO_x)		Súčet všetkých váh (THC+ NO_x)		Hmotnosť tuhých častíc (PM)	
				L4 ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)		L2+L4 ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)		L5 ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)	
				PI	CI	PI	CI	PI (2)	CI
M	-	Všetky		60	180	-	230	5	5
N1	I	$\text{RM}\leq 1305$		60	180	-	230	5	5
	II	$1305<\text{RM}\leq 1760$		75	235	-	295	5	5
	III	$1760<\text{RM}$		82	280	-	350	5	5
N2				82	280	-	350	5	5

Zdroj³⁸ (2) Normy hmotnosti tuhých častíc pre zážihové motory sa vzťahujú len na vozidlá vybavené motormi s priamym vstrekovaním.

PI = iskrové zapalovanie, CI = vznetrové zapalovanie

Emisné limity boli prvýkrát upravené Smernicou 70/220/EHS z roku 2004, ktorá bola neskôr nahradená Nariadením ES 715/2007 z roku 2007. Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2019/631 zo 17. apríla 2019 sa vzťahuje na nové osobné automobily a nové úžitkové vozidlá a nové emisné normy a nahrádza tak nariadenia (ES) č. 443/2009 a (EÚ) č. 510/2011 (EURÓPSKY PARLAMENT A RADA EURÓPSKEJ ÚNIE, 2019).

Cieľom Nariadenia (EÚ) 2019/631 je dosiahnuť súlad s Parížskou dohodou na roky 2021 - 2030, zabezpečiť ekologickejšiu cestnú dopravu, znížiť vysoké emisie, a tým znížiť emisie skleníkových plynov. V Parížskej dohode sa stanovujú emisné limity CO₂ pre nové osobné automobily a nové ľahké úžitkové vozidlá. Cieľom Parížskej dohody je znížiť emisie skleníkových plynov do roku 2030 o 30 % v porovnaní s rokom 2005³⁸.

- EURO 1 (1993) - zavedené Smernicou 91/441/EHS, ďalej zmenenou a doplnenou Smernicou 93/59/EHS,
- EURO 2 (1996) - zavedené Smernicou 94/12/ES, ďalej zmenené a doplnené Smernicou 96/69/ES,
- EURO 3/4 (2000/2005) - zavedené Smernicou 98/69/ES, ďalej zmenené a doplnené Smernicou 2002/80/ES,
- EURO 5/6 (2009/2014) - zavedené Nariadením ES 715/2007 a vykonávacím Nariadením ES 692/2008.

Norma Euro 5 zaviedla ako prvá filtre pevných častíc (DPF/FAP) pre všetky nové vozidlá so vznetovým motorom. DPF/FAP je filter namontovaný vo výfukovom systéme a doplnený katalyzátorom, ktorého cieľom je zachytiť až 99 % častíc.

Aby sa splnili nové emisné normy Euro 6, niektorí výrobcovia zaviedli selektívnu katalytickú redukciu, pri ktorej sa do výfukových plynov vznetového motora vstrekuje AdBlue.

³⁸EUR - Lex, oficiálna webová stránka Európskej únie. Dostupné na <https://eur-lex.europa.eu>, naposledy navštívené vo februári 2022.

Tabuľka 4: Emisné limity Euro 6

		Referenčná hmotnosť (RW) (kg)	Limitné hodnoty					
			Hmotnosť oxidu uhľnatého (CO)		Hmotnosť všetkých uhľovodíkov		Hmotnosť nemetánových uhľovodíkov (NMHC)	
			L1 (mg·km ⁻¹)		L2 (mg·km ⁻¹)		L3 (mg·km ⁻¹)	
Kategória	Trieda		PI	CI	PI	CI	PI	CI
M	-	Všetky	1 000	500	100	-	68	-
N1	I		1 000	500	100	-	68	-
	II		1 810	630	130	-	90	-
	III		2 270	740	160	-	108	-
N2			2 270	740	160	-	108	-
		Referenčná hmotnosť (RW) (kg)	Hmotnosť oxidu dusíka (NO _x)		Súčet všetkých váh (THC+NO _x)		Hmotnosť tuhých častíc (PM)	
			L4 (mg·km ⁻¹)		L2+L4 (mg·km ⁻¹)		L5 (mg·km ⁻¹)	
			PI	CI	PI	CI	PI (4)	CI
Kategória	Trieda		PI	CI	PI	CI	PI (4)	CI
M	-	Všetky	60	80	-	170	5	5
N1	I		60	80	-	170	5	5
	II		75	105	-	195	5	5
	III		82	125	-	215	5	5
N2			82	125	-	215	5	5

Zdroj³⁸, (4) Normy hmotnosti tuhých častíc pre zážihové motory sa vzťahujú len na vozidlá vybavené motormi s priamym vstrekovaním.

PI = iskrové zapalovanie, CI = vzetové zapalovanie

EMISNÉ PREDPISY PRE ŤAŽKÉ NÁKLADNÉ VOZIDLÁ A AUTOBUSY

Emisné predpisy stanovujú, že vozidlá musia spĺňať emisné limity počas celej životnosti vozidla v závislosti od kategórie vozidla.

Tabuľka 5: Normy EURO 0, I, II, III, IV, V, EEV

Trieda	Rok výroby / Dátum prvej registrácie
EURO I, II	1992, <85kW
	1992, >85kW
	1996.10
	1998.10
EURO III	1999.10 EEV
	2000.10
EURO IV, V, EEV	2005.10
	2008.10
	2013.01

Zdroj³⁹

³⁹Určenie emisnej triedy. Dostupné na https://www.emyto.sk/files/2017-03/SVOP_03_Emisna_trieda_v4.0_svk.pdf. Posledný prístup február 2022

Norma EURO V definuje tzv. vylepšené vozidlo, ktoré by malo byť šetrnejšie k životnému prostrediu a označované ako EEV. Emisná trieda EURO 0 je určená pre emisnú triedu, ktorú nemôžeme určiť na základe tabuľky.

Ak nie je možné určiť emisnú triedu vozidla z technického preukazu alebo z osvedčenia o evidencii vozidla atď., emisná trieda sa určí podľa smernice Európskej únie na základe označeného parametra v technickom preukaze alebo osvedčení o evidencii vozidla. "Emisie ES/EHK"³⁹.

Tabuľka 6: Životnosť vozidla

Kategória vozidla	Etapa	
	Euro IV-V	Euro VI
M ₁ N ₁ M ₂	100 000 km / 5 rokov	160 000 km / 5 rokov
N ₂ N ₃ ≤ 16 t M ₃ triedy I, triedy II, triedy A a triedy B ≤ 7,5 t	200 000 km / 6 rokov	300 000 km / 6 rokov
N ₃ > 16 t M ₃ trieda III a trieda B > 7,5 t	500 000 km / 7 rokov	700 000 km / 7 rokov
Vysvetlenie: trieda I - mestský autobus (>22 miest) trieda II - regionálny autobus (>22 miest) trieda III - autokar (>22 miest) trieda A - mestský autobus (≤22 miest) trieda B - autokar (≤22 miest)		

Tabuľka 6 uvádza životnosť každého vozidla a príslušné emisie.

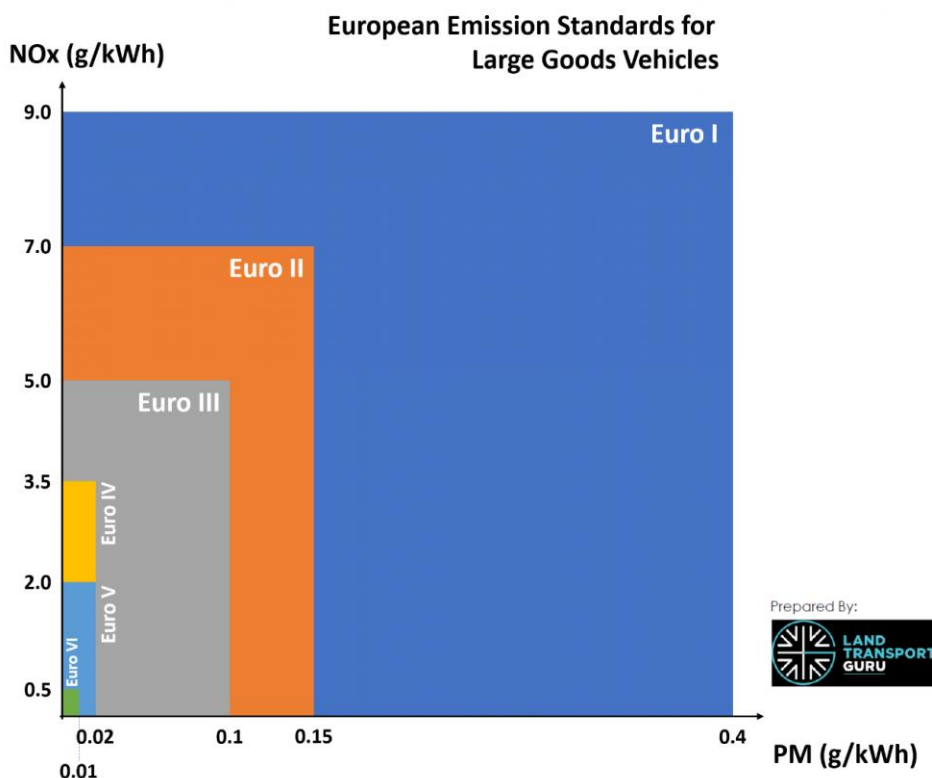
Zníženie emisií výfukových plynov je upravené v najpodrobnejšom nariadení o emisiách EURO VI.

Reguluje ich najmä v:

- zavedení emisného limitu pre amoniak,
- zavedení limitu pre tuhé znečisťujúce látky, ktoré povedie k zníženiu emisií až o 95 %,

- zavedení emisných noriem pre Európu, Severnú Ameriku a Japonsko,
- rozšírení emisných požiadaviek na životnosť do 700 000 km alebo 7 rokov pre najťažšie vozidlá a podobne.

Obrázok 18 ukazuje porovnanie emisných predpisov EURO I-VI a zníženie emisných limitov. EURO VI predstavuje výrazné zníženie oxidov dusíka a tuhých znečisťujúcich látok, pričom tieto znečisťujúce látky sú od seba neúmerne závislé. To znamená, že čím menej pevných častíc, tým viac oxidov dusíka.



Obrázok 18: Predpis EURO I - VI⁴⁰

⁴⁰ Microsoft Bing, Obrázky, dostupné na [adrese](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=fNYZb54n&id=B6F69E329823B1846872EDD149E1FB1B4B5E655A&thid=OIP.fNYZb54n7xhA1zplKJJxAAHaGA&mediaurl=https%3A%2F%2Flantransportguru.net%2Fweb%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F02%2FNOx-PM-Graph-for-Euro-I-to-VI-1024x830.png&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7cd6196f9e27ef1840d73a6528927100%3Frik%3DWMVeSxv74UnR7Q%26pid%3DImgRaw%26r%3D0&expw=830&expw=1024&q=reduction+of+NOx+by+HGV+emission+standards&simid=608027649944589771&form=IRPRST&ck=DE5E86C463D10ECE80DC16DF16AB62CD&selectedindex=0&ajaxhist=0&ajaxserp=0&vt=0&sim=11)
<https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=fNYZb54n&id=B6F69E329823B1846872EDD149E1FB1B4B5E655A&thid=OIP.fNYZb54n7xhA1zplKJJxAAHaGA&mediaurl=https%3A%2F%2Flantransportguru.net%2Fweb%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F02%2FNOx-PM-Graph-for-Euro-I-to-VI-1024x830.png&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7cd6196f9e27ef1840d73a6528927100%3Frik%3DWMVeSxv74UnR7Q%26pid%3DImgRaw%26r%3D0&expw=830&expw=1024&q=reduction+of+NOx+by+HGV+emission+standards&simid=608027649944589771&form=IRPRST&ck=DE5E86C463D10ECE80DC16DF16AB62CD&selectedindex=0&ajaxhist=0&ajaxserp=0&vt=0&sim=11>.
Posledný prístup v júli.

3.3 METÓDY MERANIA SPOTREBY PALIVA

Pri určovaní spotreby je potrebné dodržiavať metodiku, ktorá stanovuje postup a podmienky merania. Mala by byť čo najpresnejšia a mala by čo najobjektívnejšie vyjadrovať spotrebu vozidla. V snahe zabezpečiť požadované výsledky merania bolo vytvorených niekoľko typov, ktoré možno rozdeliť:

1. podľa miesta výkonu testu:
 - a) exteriér - vodičské skúšky,
 - b) interiér - testy na dynamometri;

2. podľa režimov prevádzky vozidla:
 - a) definované prevádzkové režimy,
 - b) normálnu prevádzku vozidla;

3. podľa metódy určenia množstva spotrebovaného paliva:
 - a) volumetrické metódy (možné vykonávať v laboratóriách aj mimo nich),
 - b) hmotnostné metódy (väčšinou v závislosti od laboratórnych podmienok).

EXTERIÉROVÉ A INTERIÉROVÉ MERANIA

Vodičské skúšky

Tento typ testu sa vykonáva na ceste alebo na skúšobnej dráhe. Pri tejto skúške sa simulujú prevádzkové podmienky. Odporové pôsobenie na vozidlo majú skutočný charakter, preto je potrebné zvoliť správny postup merania tak, aby sa čo najviac priblížil požadovaným prevádzkovým podmienkam.

Testy na dynamometri

Dynamometrické testy sú náhradou jazdných testov a vykonávajú sa v prípade, že nie je k dispozícii vhodná skúšobná dráha alebo sa vykonáva veľký počet meraní. Preto ich dnes používajú výrobcovia automobilov. Pri tomto meraní sa vozidlo umiestni na odporové valce, ktoré sú nastavené tak, aby simulovali vopred vypočítaný teoretický jazdný odpor vozidla. Následne sa vykoná meranie s vozidlom, ktoré musí prekonať odporovú silu valcov, a tak spotrebovať namerané množstvo paliva. Ide o menej presné výsledky merania ako výsledky získané z meraní pri jazdných skúškach.

PREVÁDZKOVÉ REŽIMY MERANIA SPOTREBY

Prevádzkové režimy merania spotreby sa vykonávajú podľa vopred stanovených podmienok, aby bolo možné podľa výsledkov kvantifikovať spotrebu a jednotlivé vplyvy na ňu. Najčastejšie ide o určité prevádzkové režimy, ktoré predstavujú "body", z ktorých sa vychádza pri porovnávaní. Najčastejšie ide o meranie spotreby pri rôznych rýchlostiach. V prípade nákladných vozidiel to môže byť napríklad pri $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a podobne. Musia sa však určiť podmienky, ako je sklon cesty, na ktorej sa meranie vykonáva a skutočná hmotnosť vozidla a nákladu. Tieto podmienky sa musia dodržiavať pri každom meraní, aby sa získali porovnateľné výsledky.

JAZDNÉ CYKLY V EURÓPE

Jazdné cykly určujú závislosť rýchlosti vozidla od času. Sú vytvorené rôznymi krajinami a organizáciami tak, aby vyhovovali mestskej alebo mimomestskej doprave. Jazdné cykly možno rozdeliť z niekoľkých hľadísk:

- v závislosti od právnych predpisov:
 - legislatívne cykly riadenia,
 - cykly výskumu a vývoja,
- z hľadiska tvaru - závislosť rýchlosti od času:
 - v skutočných jazdných cykloch,
 - polygonálne.

Medzi jazdnými cyklami existuje množstvo rozdielov, ktoré ovplyvňujú množstvo vyprodukovaných znečisťujúcich látok a spotrebu paliva. Jazdné cykly vyvinuté v Európe sú polygonálne, čo znamená, že pozostávajú z konštantných zrýchlení, spomalení a rýchlostí.

Jazdné cykly v Európe:

- ECE 15,
- EUDC,
- EUDCL,
- NEDC,
- WLTP.

V smernici 70/220/ES sa stanovuje postup, podľa ktorého sa vykonávajú emisné skúšky vznetrových a zážihových motorov vozidiel. Táto smernica je v súlade s predpisom EHK OSN č. 83 - Jednotné ustanovenia týkajúce sa schvaľovania vozidiel z hľadiska emisií znečisťujúcich látok pri požiadavkách na palivo motora.

ECE 15

Jazdný mestský cyklus pozostávajúci zo štyroch rovnakých častí. Každá časť má dĺžku 1,013km a vozidlo prejde túto trať za 195s. Celková vzdialenosť prejdená počas cyklu je 4,052km za 780s. Vozidlo zrýchľuje z pokoja na ustálenú rýchlosť 15, 32 a 50 km·h⁻¹, pričom priemerná rýchlosť je 19 km·h⁻¹.

EUDC

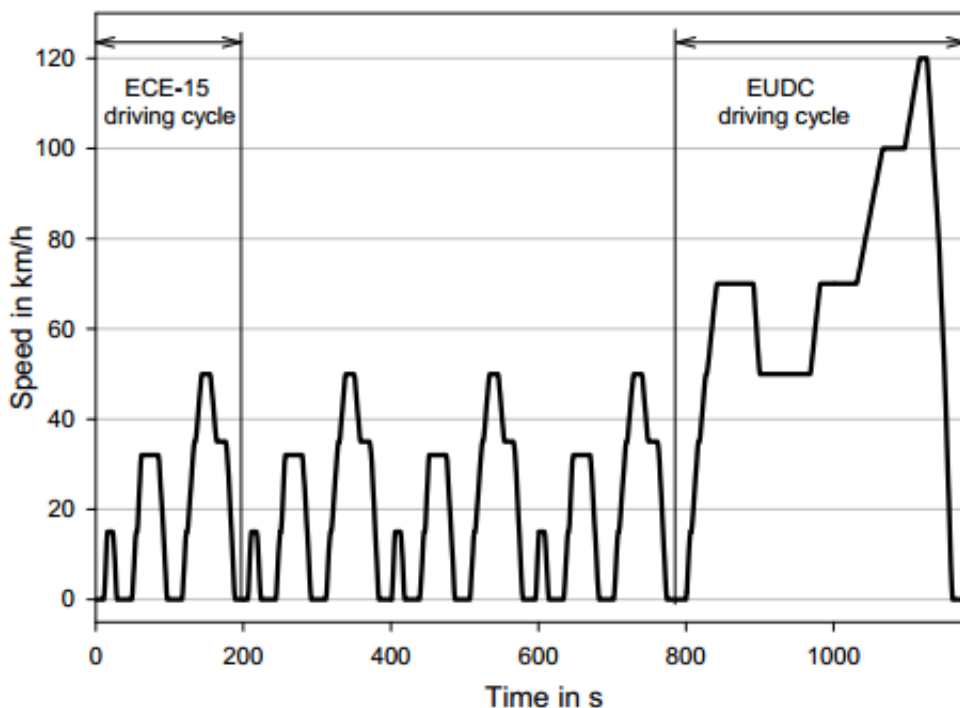
Tento cyklus je mimomestský cyklus trvajúci 400s, počas ktorého vozidlo prejde 6,955 km a dosiahne priemernú rýchlosť 62,6 km·h⁻¹. Maximálna rýchlosť počas tohto cyklu je 120 km·h⁻¹. Počas tohto cyklu vozidlo zrýchli na 70 km·h⁻¹, potom spomalí na 50 km·h⁻¹ a opäť zrýchli na 70, 100 a 120 km·h⁻¹.

EUDCL

Ide o podobný cyklus ako EUDC s tým rozdielom, že sa vzťahuje na vozidlá s nižším výkonom motora. Maximálna rýchlosť dosiahnutá v tomto jazdnom cykle je 90 km·h⁻¹ a priemerná rýchlosť je 59,5 km·h⁻¹.

NEDC

Tento jazdný cyklus pozostáva zo štyroch častí mestského cyklu ECE 15 a jednej mimomestskej časti cyklu EUDC. Celkové trvanie tohto cyklu je 1 180 s. Počas tohto času vozidlo prejde 11,007 km. Priemerná rýchlosť vozidla počas jazdného cyklu je 33,6 km·h⁻¹. Vozidlo štartuje s motorom s teplotou 20°C - 30°C a vozidlo musí mať najjazdených najmenej 3 000 km, ale najviac 15 000 km. Skúšky sa vykonávajú na vozidle s vodičom s hmotnosťou 75 kg a nákladom s hmotnosťou 100 kg.



Obrázok 19: Jazdný cyklus NEDC

Všetky uvedené cykly sú modelové, pretože nepredstavujú skutočnú prevádzku vozidla v cestnej premávke.

WLTP

Od septembra 2017 vstúpila do platnosti nová metodika stanovenia spotreby paliva a znečisťujúcich látok WLTP. Tento jazdný cyklus reálnejšie zodpovedá skutočnej prevádzke vozidiel v cestnej premávke. Tento cyklus je rozdelený do troch tried, ktoré vyjadrujú pomer výkonu a hmotnosti vozidla.

Trieda 1

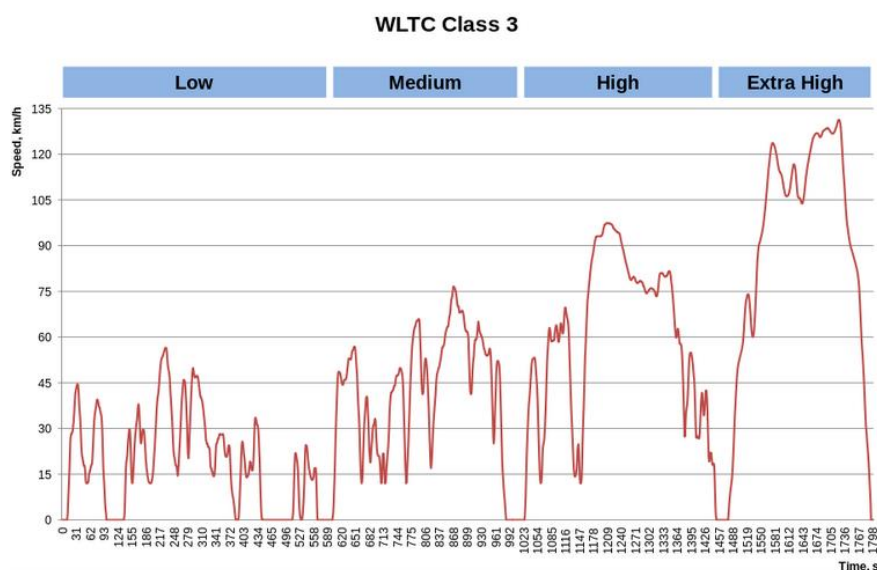
Cyklus pozostáva z nízkych a stredných rýchlostí. Celková doba trvania je 1 022 s, celková prejdená vzdialenosť je 8,091 km s priemernou rýchlosťou 28,5 km·h⁻¹.

Trieda 2

Cyklus zahŕňa nízke, stredné a relatívne vysoké rýchlosti vozidiel. Celkové trvanie je 1 477 s, vzdialenosť je 14,66 km a priemerná rýchlosť je 35,7 km·h⁻¹.

Trieda 3

Tento jazdný cyklus pozostáva zo štyroch častí rôznych typov premávky: mestská premávka, mimomestská premávka, relatívne vysoké rýchlosti a diaľničná zóna. Vzdialenosť prejdená počas cyklu je 23,262 km, trvanie je 1 800 s a priemerná rýchlosť je 46,5 km·h⁻¹.



Obrázok 20: Jazdný cyklus WLTP - trieda 3

Bežná prevádzka vozidla

Výsledky takéhoto merania majú najpresnejšiu informačnú hodnotu z hľadiska prevádzkovateľa vozidla, pretože poskytujú výsledky zodpovedajúce skutočnej spotrebe vozidla počas skutočnej prevádzky. Takéto merania sa môžu uskutočniť imitáciou skutočnej prevádzky, najmä trasy, hmotnosti nákladu, rýchlostného profilu a času prevádzky, alebo meraním počas skutočnej prevádzky vozidla. Pri takýchto metódach merania sa odporúča, aby vodič nebol oboznámený so skutočnosťou, že sa meranie vykonáva, aby sa zabránilo ovplyvneniu výsledkov merania.

METÓDY URČOVANIA SPOTREBY PALIVA

Hmotnostná (gravimetrická) metóda

Množstvo energie v palive závisí od jeho hmotnosti, preto spotrebovaná hmotnosť paliva priamo určuje energetickú náročnosť. Princíp najčastejšie spočíva v tom, že palivo v nádrži sa zváži pred meraním a potom a rozdiel v hmotnosti predstavuje hmotnosť spotrebovaného paliva. Hmotnosť sa môže sledovať aj v určitých stanovených intervaloch alebo nepretržite počas merania. Častejšie sa používa na určenie spotreby motora alebo celkovej spotreby vozidla pri určovaní spotreby v ustálenom stave. Eliminuje rozdiel špecifickej hmotnosti paliva vo vstupnej a výstupnej vetve spôsobený zahrievaním paliva. Preto sa používa najmä na vedecké a výskumné účely a je väčšinou viazaný na laboratórne podmienky.

Objemová metóda

Táto metóda, ako už názov napovedá, je meraním objemu spotrebovaného paliva. Množstvo paliva sa vyjadruje v jednotkách objemu. Spotreba cestných motorových vozidiel sa najčastejšie vyjadruje v litroch na 100 km, v prípade špeciálnych vozidiel v litroch na motohodinu. Táto metóda je flexibilnejšia vzhľadom na postup merania a použitý prístroj. Preto sa používa na jazdné skúšky mimo laboratórií.

Vzhľadom na meniacu sa hustotu paliva v dôsledku okolitej teploty a atmosférického tlaku je potrebné prepočítať objem spotrebovaného paliva na objem pri normalizovaných hodnotách.

Objem spotrebovaného paliva môžeme merať pomocou meracích zariadení, tzv. prietokomerov. Pracujú na princípe mechanického merania objemu pretečeného paliva. Tento pohyb mechanických častí sa premieňa na elektrické impulzy s určitou frekvenciou (čím vyššou, tým presnejšou a lepšou), ktoré spracúva vyhodnocovacia elektronika a tak poskytuje výstupy v podobe jednotiek spotreby. Vzhľadom na komplexnosť prietokomerov a vyhodnocovacej elektroniky môžu výstupy predstavovať celkovú spotrebu paliva na jedno meranie, okamžitú spotrebu v litroch za hodinu alebo v prípade spolupráce so snímačom rýchlosti vozidla v litroch na 100km. Prietokomer je pripojený priamo k palivovému systému vozidla, takže všetko palivo prúdiace do vstrekačov preteká cez ne, ale aj späť (prepadová vetva). Vo vysokotlakových vstrekovacích systémoch sú prietokomery pripojené k nízkotlakovej časti. Konkrétne pred podávacím čerpadlom, ak ide o podtlakové čerpadlo. Ak ide o tlakové čerpadlo, je pripojené k nemu. Jednoduchšie jednosmerné prietokomery sa môžu používať s napájacími čerpadlami s

vnútornou spätnou palivovou slučkou. V týchto systémoch sa presná dávka vstrekovania paliva reguluje priamo v podávacom čerpadle, takže k vstrekovačom ide len jedna vetva s jedným smerom toku paliva. Jednosmerné prietokomery merajú objem prietoku paliva len v jednom smere. V systémoch s reguláciou vstrekovania paliva vo vstrekovači (napr. systém Common Rail) sú dve vetvy palivového potrubia, a preto je potrebné používať dvojsmerné prietokomery. Tie merajú objem paliva prúdiaceho z nádrže do vstrekovača a tiež objem nespotrebovaného paliva, ktoré sa vracia v spätočnej vetve zo vstrekovačov. Rozdiel medzi týmito dvoma nameranými objemami predstavuje skutočnú spotrebu vozidla. Prietokomery merajú s presnosťou približne 0,5 %.

Monitorovanie spotreby paliva

Okrem monitorovania vozidiel slúžia telematické aplikácie aj na monitorovanie paliva. Základom tohto monitorovania je prevencia krádeží pohonných hmôt a získavanie objektívnych údajov o ich spotrebe. Takáto analýza má za následok zníženie nákladov dopravcov a spotreby pohonných hmôt v priemere o 5,5 %. Riešenia na meranie spotreby paliva sa môžu realizovať zberom údajov z riadiacej jednotky vozidla pomocou zberníc CAN/FMS, hladinovou sondou alebo prietokomerom. Výsledný priebeh spotreby paliva v závislosti od času a prejdenej vzdialenosti sa zobrazuje na stole dispečera vo forme grafu. Analýza by sa mala zamerať na prudký pokles paliva v nádrži. Ide o kontrolu a ochranu pred ich krádežou a nelegálnym odčerpávaním. Môžu však byť spôsobené aj výkonom vozidla na mieste.

3.4 POSÚDENIE ŽIVOTNÉHO CYKLU VOZIDIEL NA KONVENČNÉ PALIVÁ - PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

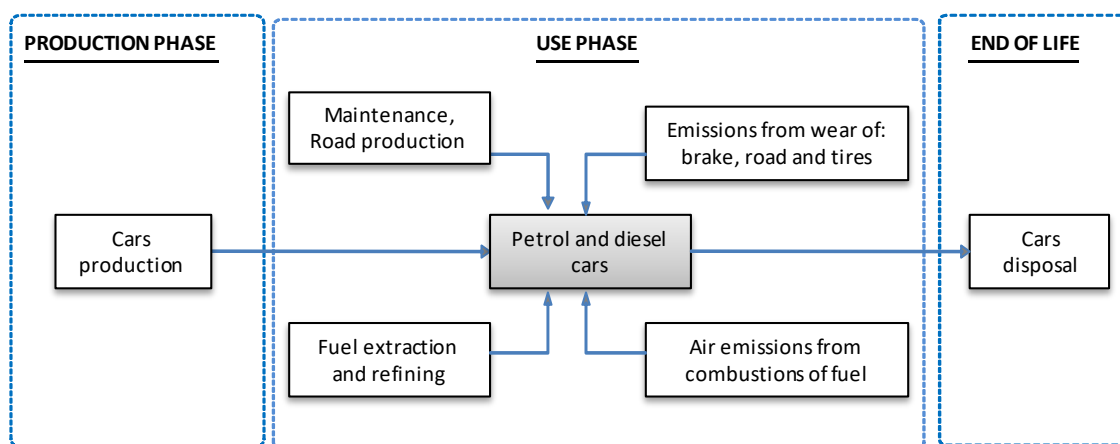
V tejto časti uvádzame prípadovú štúdiu, ktorá môže študentom pomôcť pochopiť praktickú prípadovú štúdiu hodnotenia životného cyklu (LCA) vozidiel. Vykonali sme LCA pre vozidlá so spaľovacím motorom (ICEV), ktoré zahŕňajú: osobné vozidlá s benzínovým a naftovým motorom.

Analyzovali sme uhlíkovú stopu, vodnú stopu a stopu zdrojov týchto vozidiel. LCA sme vykonali v súlade so smernicami ISO 14040:2006 pomocou softvéru SimaPro v. 9 s databázou Ecoinvent v.3 (viac informácií o nástrojoch LCA nájdete v časti "5. NÁSTROJE NA POSUDZOVANIE VPLYVOV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE "). Environmentálne

hodnotenie osobných automobilov s benzínovým a naftovým motorom sa uskutočnilo podľa štyroch fáz LCA:

- definovanie cieľa a rozsahu,
- definovanie inventára životného cyklu,
- posúdenie vplyvu životného cyklu,
- interpretáciu výsledkov.

Pri analýzach LCA sme predpokladali, že funkčná jednotka (FU) sa rovná 100 km. Urobili sme porovnávaciu analýzu vplyvov vozidiel ICEV s benzínovým pohonom a vozidiel ICEV s naftovým pohonom na životné prostredie. Hranice systému pre analyzovaný životný cyklus osobného automobilu sú znázornené na Obrázok 21.



Obrázok 21: Systémové hranice analyzovaného životného cyklu osobného automobilu⁴¹

Hranice systému sa rozprestierajú od kolísky po hrob: výroba osobných automobilov, výroba paliva (nafty a benzínu), fáza prevádzky automobilov (vrátane údržby automobilov), emisie súvisiace s prevádzkou automobilov, výstavba ciest, likvidácia automobilov a údržba (Obrázok 21). LCA sme stanovili pre prepravu malými osobnými automobilmi so spaľovacími motormi na benzín aj naftu. Na analýzu sme si vybrali malé autá, pretože malé motory sú v krajinách Európskej únie rozšírenejšie ako stredné a veľké motory. Priemerná hmotnosť malých automobilov bola odhadnutá na 1200 kg.

⁴¹ Burchart-Korol D.; Fołęga P.: *Transport Problems* 2019 vol. 14 iss.: Comparative life cycle impact assessment of chosen passenger cars with internal combustion engines (Porovnávacie hodnotenie vplyvu vybraných osobných automobilov so spaľovacími motormi na životný cyklus). 2 s. 69-76

Predpokladaný objem motora bol do 1,4 l. Analýza zahŕňa malé osobné vozidlá triedy Euro 5.

V druhej fáze LCA - definovanie inventára životného cyklu - sme analyzovali vstupné a výstupné údaje pre životný cyklus automobilu. Údaje zahŕňali konštrukciu, prevádzku, údržbu a likvidáciu automobilov. Na analýzu LCA sme potrebovali všetky priame emisie spôsobené spaľovaním paliva a emisie mimo výfukových plynov, ako sú emisie vznikajúce pri opotrebovaní pneumatík a brzd, ako aj vozovky.

Hlavné vstupy pre vozidlá so spaľovacím motorom poháňané benzínom a naftou zahŕňajú: údržbu osobných automobilov, výrobu osobných automobilov, výrobu pohonných hmôt. Medzi hlavné výstupy vozidiel so spaľovacím motorom poháňaných benzínom a naftou patria: emisie oxidu uhličitého, oxidu uhoľnatého, nemetánových prchavých organických zlúčenín, oxidov dusíka, pevných častíc a oxidu siričitého do ovzdušia, emisie z opotrebovania brzd, emisie z opotrebovania vozovky a emisie z opotrebovania pneumatík.

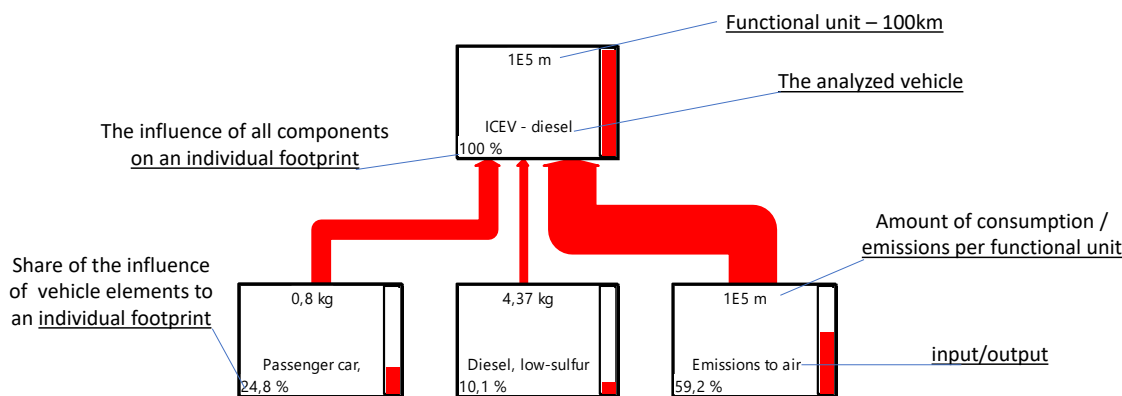
Ďalšia fáza, konkrétne posúdenie vplyvu životného cyklu (LCIA), umožnila výpočet hodnôt kategórií vplyvu na životné prostredie podľa vybraných metód hodnotenia v softvéri Simapro. Vybrali sme si metódy LCIA, ktoré nám umožnili vykonať hodnotenie jednotlivých environmentálnych stôp: uhlíkovej stopy, vodnej stopy a stopy zdrojov osobných automobilov s benzínovým a naftovým motorom.

Uhlíková stopa umožňuje analyzovať emisie skleníkových plynov so zohľadnením priamych a nepriamych vplyvov na ľudskú činnosť, vyjadrené v referenčnej jednotke kg CO₂. Uhlíková stopa sa počíta na základe potenciálu globálneho otepľovania (GWP).

Vodná stopa umožňuje analyzovať spotrebu vody počas životného cyklu výrobku. Tento ukazovateľ sa uplatňuje na objem spotrebovanej vody a hodnotí len použitú vodu. Celkové množstvo vodnej stopy sa vyjadruje v referenčnej jednotke m³.

Z hľadiska obehového hospodárstva je dôležitá aj **stopa zdrojov**, ktorá zahŕňa vyčerpanie fosílnych palív, kovov a nerastov. Celkové množstvo zdrojovej stopy sa vyjadruje v referenčnej jednotke MJ.

Naša analýza LCA nám umožnila identifikovať hlavné negatívne faktory, ktoré ovplyvňujú jednotlivé environmentálne stopy. Hlavné negatívne faktory sme nazvali **determinanty** - ide o hlavné prvky v celom životnom cykle vozidla, ktoré majú najväčší negatívny vplyv na danú environmentálnu stopu. Výsledky LCA pre jednotlivé stopy sme prezentovali vo forme grafov. Nižšie je uvedený opis diagramov pre všetky analýzy LCA.



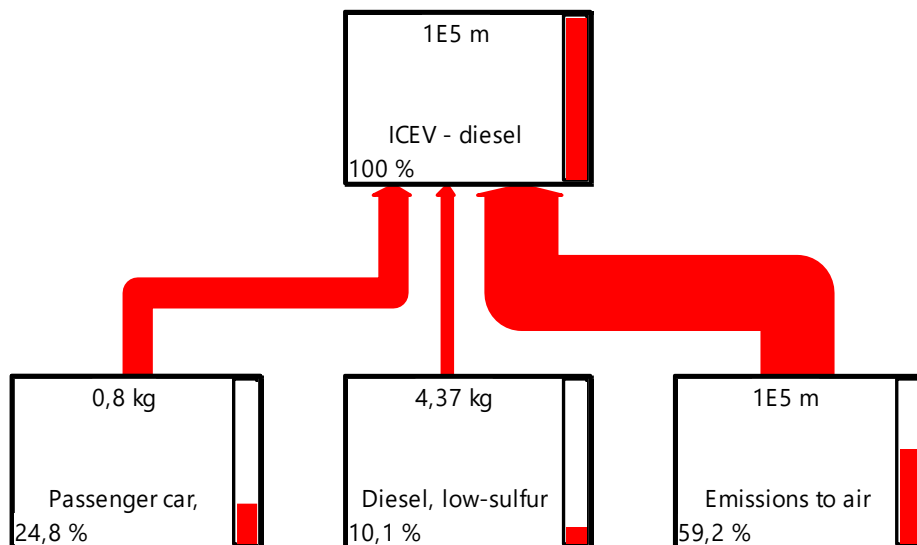
Obrázok 22: Popis diagramu pre analýzu LCA

Červená farba šípky znamená negatívny vplyv na životné prostredie. Šípky smerujú od vstupu/výstupu k analyzovanému vozidlu. Hrúbka šípky označuje veľkosť negatívneho vplyvu na životné prostredie, v tomto prípade veľkosť jednotlivých environmentálnych stôp. Čím hrubšia je červená šípka, tým väčší je negatívny vplyv. Hlavným určujúcim faktorom vplyvu na životné prostredie je prvok, z ktorého vychádza najhrubšia šípka. Funkčná jednotka je 100 km. Množstvo spotreby všetkých vstupov sa prepočítava na funkčnú jednotku - napríklad pre dieselové autá ICEV - 4,37 kg znamená spotrebu nafty na 100 km v prípade osobného vozidla. Množstvo 10,1 % znamená, že výroba nafty predstavuje 10,1 % všetkých emisií skleníkových plynov v životnom cykle vozidla ICEV.

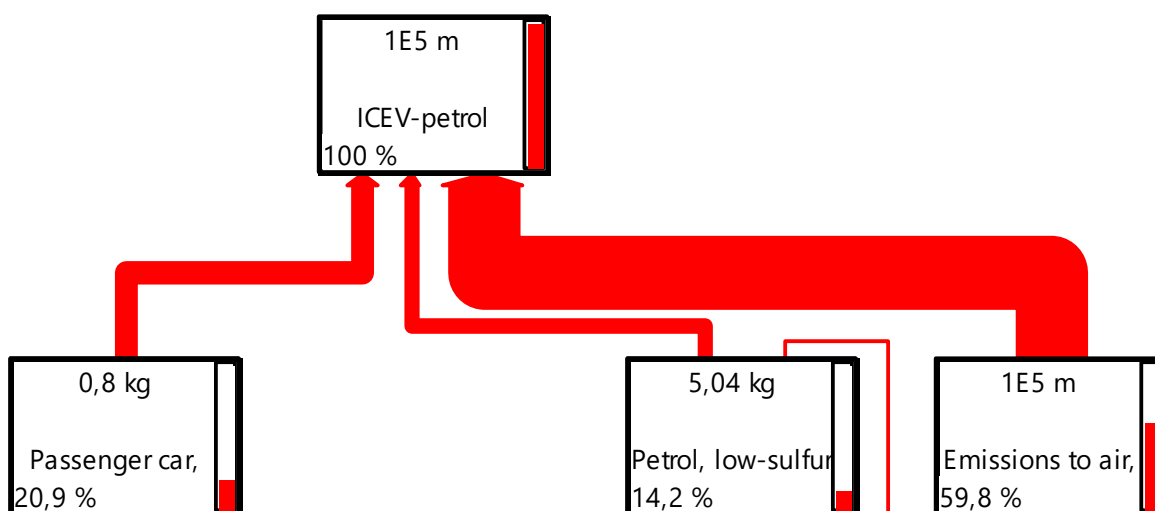
VÝSLEDKY HODNOTENIA UHLÍKOVEJ STOPY VOZIDIEL S KONVENČNÝM POHONOM

Zistili sme determinanty uhlíkovej stopy pre vozidlá s benzínovým pohonom a vozidlá s naftovým pohonom. Výsledky hodnotenia uhlíkovej stopy boli znázornené na obrázkoch Obrázok 24.

Hlavnými faktormi uhlíkovej stopy pre ICEVS (nafta a benzín) sú emisie do ovzdušia, ktoré predstavujú 59,2 % a 59,8 % uhlíkovej stopy (obrázok 24 a 25). Veľká časť uhlíkovej stopy súvisí aj s výrobou vozidiel (determinant vyjadrený ako osobný automobil) a palív (determinant vyjadrený ako benzín s nízkym obsahom síry).



Obrázok 23: Determinanty uhlíkovej stopy vozidiel s naftovým motorom (dieselové vozidlá ICEV)



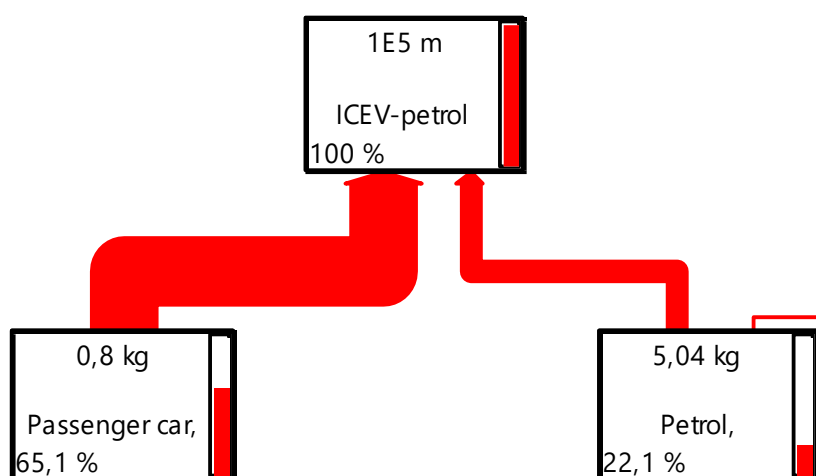
Obrázok 24: Determinanty uhlíkovej stopy vozidiel s benzínovým pohonom (benzínové vozidlá s pohonom ICEV)

Naše porovnávacie analýzy životného cyklu vozidiel s benzínovým a naftovým motorom ukázali, že uhlíková stopa osobných automobilov s naftovým motorom je nižšia ako u osobných automobilov s benzínovým motorom, čo je ovplyvnené predovšetkým vyššou uhlíkovou stopou spôsobenou výrobou benzínu, ako aj priamymi emisiami CO₂ súvisiacimi s prevádzkou automobilov s benzínovým motorom. Hlavným faktorom určujúcim uhlíkovú stopu týchto vozidiel na konvenčné palivá sú priame emisie oxidu uhličitého do ovzdušia súvisiace s prevádzkou automobilov. Uhlíková stopa osobných automobilov na benzín a naftu je primárne spôsobená prevádzkou týchto vozidiel. Preto by

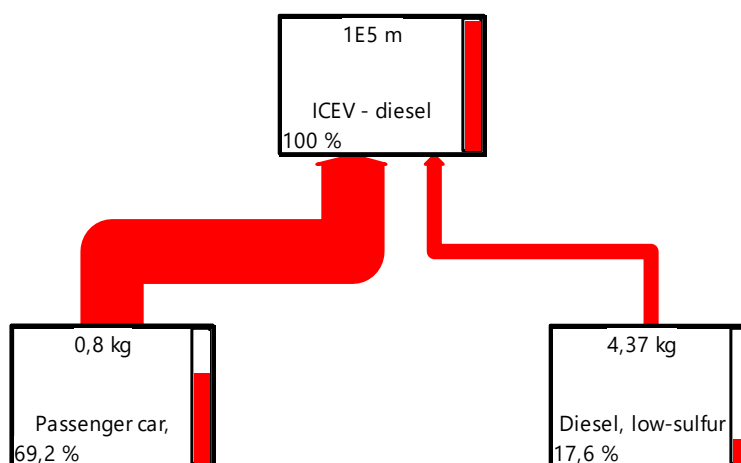
sa v záujme zníženia ich vplyvu na životné prostredie malo vyvinúť osobitné úsilie zamerané na zvýšenie podielu alternatívnych palív v zmesi palív poháňajúcich osobné automobily.

VÝSLEDKY HODNOTENIA VODNEJ STOPY VOZIDIEL S KONVENČNÝM POHONOM

Zistili sme determinanty vodnej stopy pre vozidlá s benzínovým pohonom a vozidlá s naftovým pohonom. Výsledky hodnotenia vodnej stopy sú uvedené nižšie.



Obrázok 25: Determinanty vodnej stopy ICEV - benzín

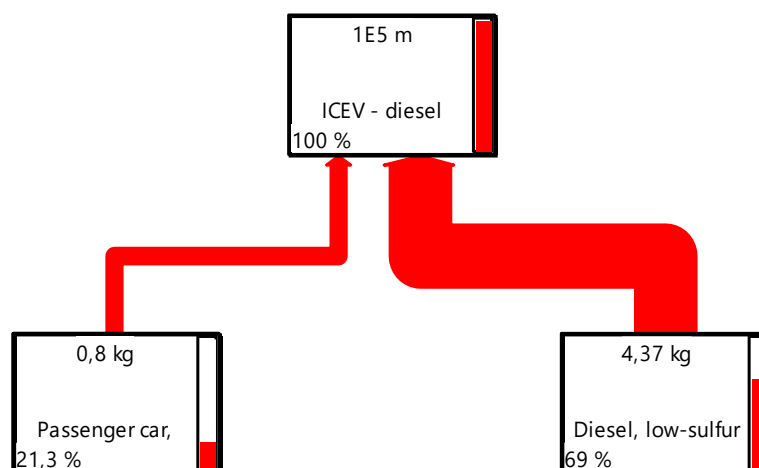


Obrázok 26: Determinanty vodnej stopy ICEV - diesel

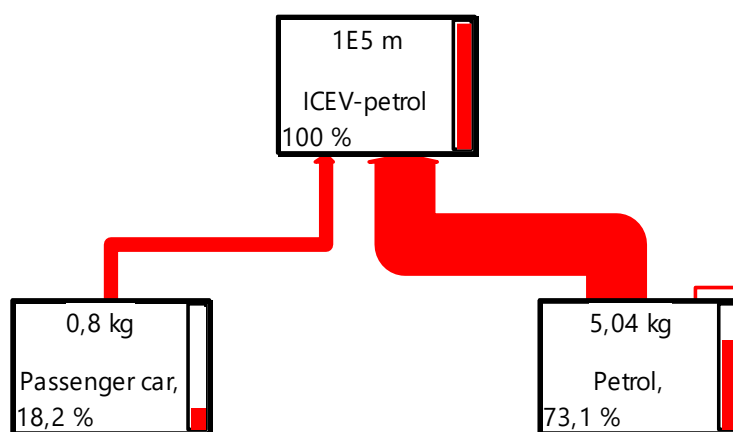
Ako vyplýva z predchádzajúcej analýzy, hlavným určujúcim faktorom vodnej stopy vozidiel ICEV je výroba vozidiel. Veľký vplyv na vodnú stopu má aj výroba paliva.

VÝSLEDKY HODNOTENIA VPLYVU NA ZDROJE VOZIDIEL NA KONVENČNÉ PALIVÁ

Zistili sme rozhodujúce faktory vplyvu na zdroje pre vozidlá s benzínovým pohonom a vozidlá s naftovým pohonom. Výsledky posúdenia vplyvu na zdroje sú uvedené na obrázku Obrázok 27 a Obrázok 28.



Obrázok 27: Determinanty vplyvu vozidiel s naftovým motorom na zdroje



Obrázok 28: Determinanty vplyvu vozidiel s benzínovým pohonom na zdroje

Pokiaľ ide o vozidlá s pohonom ICEV, hlavným faktorom určujúcim stopu zdrojov je fáza výroby paliva.

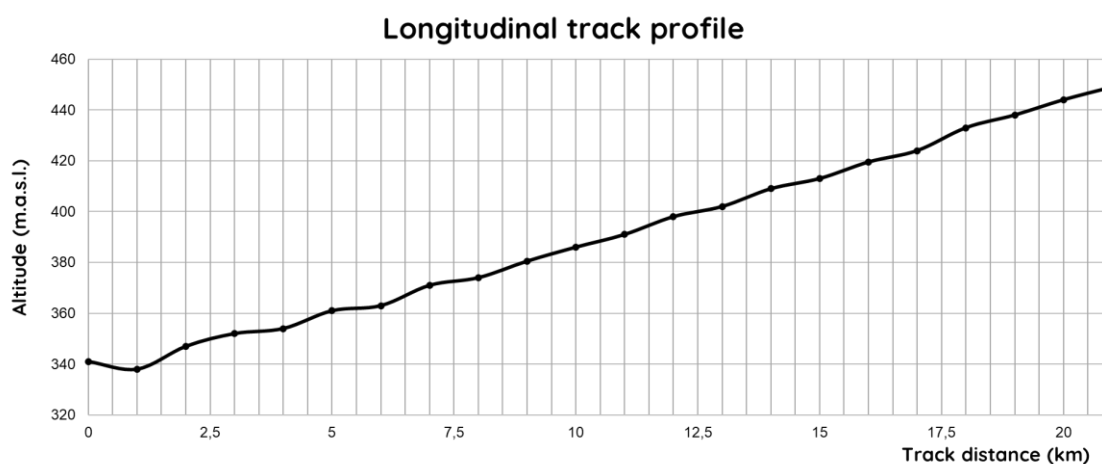
3.5 POROVNANIE INDIVIDUÁLNEJ A VEREJNEJ OSOBNEJ DOPRAVY

Výsledky praktických meraní spotreby v reálnej prevádzke sú prezentované na spotrebe osobného vlaku, autobusu a osobného auta. Sledovali sa ukazovatele ako spotreba energie a produkcia skleníkových plynov, pričom sa zohľadnil princíp od zdroja ku kolesu.

Spotreba bola vypočítaná na trase Žilina - Rajec a späť v Slovenskej republike, pričom sa porovnávala osobná železničná, autobusová a individuálna doprava.

Železničná trať medzi Žilinou a Rajcom na Slovensku nie je elektrifikovaná. V súčasnosti na nej premávajú regionálne vlaky nezávislej trakcie v jedno až dvojhodinových taktoch. Železničná trať aj cesta vedú pozdĺž rieky Rajčanka. Dĺžka trate je 21,3 km.

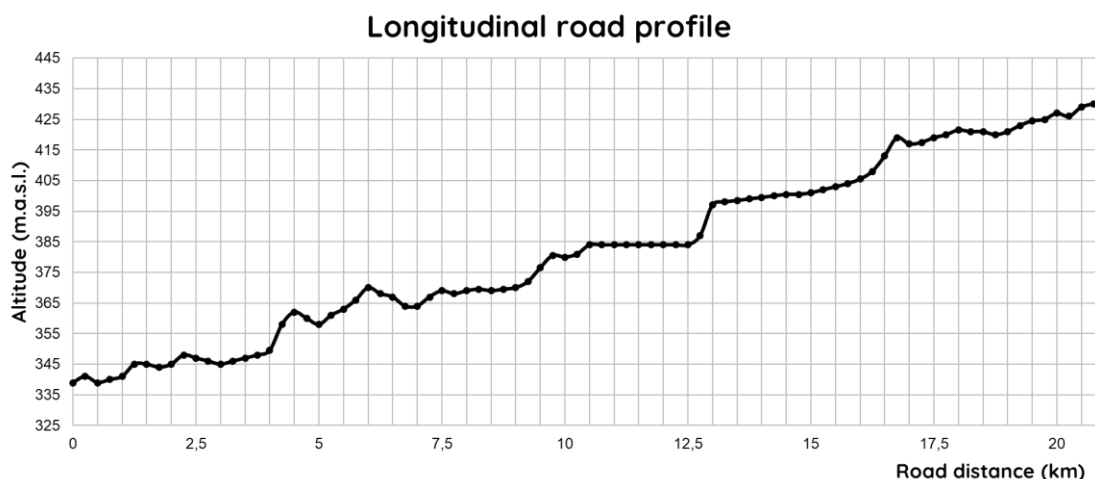
Rozdiel v nadmorskej výške medzi Žilinou (340m n.m.) a Rajcom (450m n.m.) spôsobuje, že stúpanie trate dosahuje najvyššiu hodnotu 13 ‰, okrem krátkeho stúpania za železničnou stanicou v Žiline, kde stúpanie krátkodobo dosahuje 17 ‰. Priemerné stúpanie medzi koncovými stanicami je 5 ‰, vid' Obrázok 29⁴².



Obrázok 29: Pozdĺžny profil železničnej trate so zastávkami

Na trati je 12 železničných zastávok a staníc, prvá je Žilina na začiatku a posledná Rajec na konci trate. Maximálna traťová rýchlosť je $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, ale na niektorých úsekoch trate je rýchlosť obmedzená len na 50 alebo $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Čas jazdy medzi počiatkovou a koncovou stanicou je približne 37 minút. Priemerný počet prepravených cestujúcich v roku 2014 na jeden vlak bol približne 32 osôb.

⁴²Skrúcaný T., Ponický J., Kendra M., Grenčík J. Spotreba energie a produkcia skleníkových plynov na vybranej železničnej trati v regionálnej osobnej doprave. In: 22. medzinárodná konferencia: Aktuálne problémy koľajových vozidiel, VOL II, Žilina, 2015



Obrázok 30: Pozdĺžny profil cesty

Na meranie spotreby vlaku sa použila motorová jednotka radu 813-913, ktorá bola vyrobená v ŽOS Zvolen (Slovensko) rekonštrukciou starých jednotiek radu 810.

Na meranie spotreby autobusu Karosa C954 vyrobeného spoločnosťou Karosa Vysoké Mýto (Česká republika) v rokoch 2001 až 2006 sa použil autobus Karosa C954.

Podrobnejšie technické parametre vozidiel sú uvedené v Tabuľka 7.

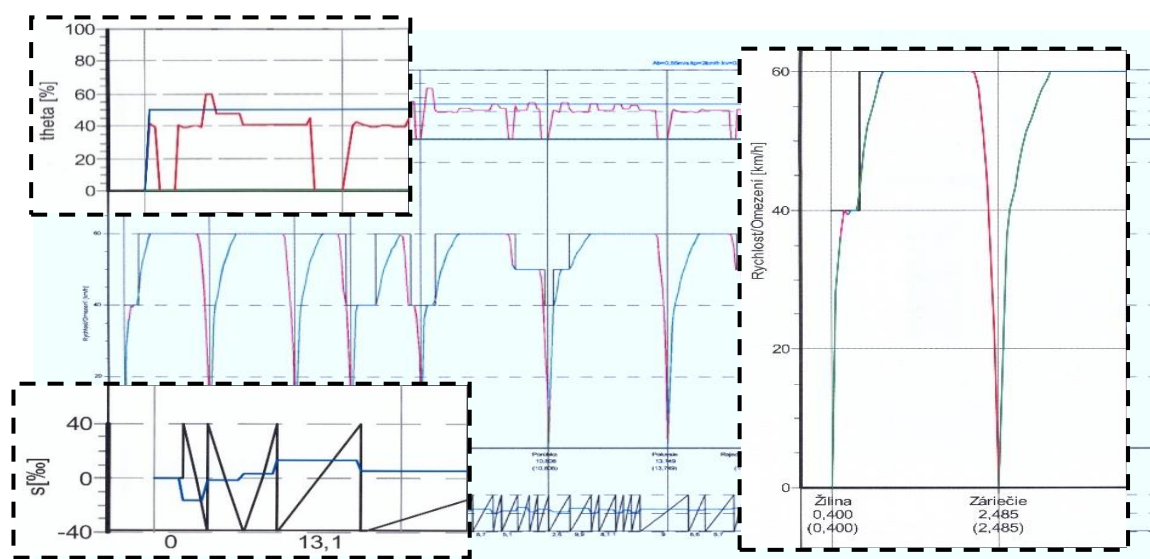


Obrázok 31: Porovnávané vozidlá (vľavo: vlaková motorová jednotka 813-913, vpravo: autobus Karosa C 954)

Na výpočet spotreby energie vlaku sa použil simulačný softvér Railway Dynamics (Obrázok 33). Spotreba energie vlaku sa vypočítala na základe vopred zvolených a definovaných parametrov na definovanej trase. Softvér pracuje s importovaným smerovým a výškovým vedením trate. Na základe definovaných parametrov (rad motorovej jednotky, hmotnosť vlaku, dĺžka vlaku, zaťaženie náprav, počet a poloha zastávok) sa vypočítala spotreba energie v kWh. Tento softvér možno použiť na výpočet spotreby energie a času jazdy akéhokoľvek vlaku na akejkoľvek železničnej trati. Na výpočet je potrebné iba importovať základné parametre vlaku a údaje o trati.

Tabuľka 7: Základné technické parametre autobusu a vlaku

Vozidlo	Motorová jednotka 813-913	autobus Karosa C 954
Usporiadanie pohonu	1'A' + 1'1'	-
Zdroj energie	Diesel	Diesel
Prenos energie	hydromechanické	mechanické
Maximálna rýchlosť	90 km·h ⁻¹	105 km·h ⁻¹
Spaľovací motor	MUŽ D 2876 LUE 21	Iveco Cursor F2 B
Výkon motora	257 kW	228 kW
Hmotnosť prázdneho vozidla	39 t	10.8 t
Hmotnosť naloženého vozidla	53 t	18 t
Dĺžka vozidla	28 820 mm	11 990 mm
Počet miest	78 + 5	49
Maximálny počet stojacich cestujúcich	120	39

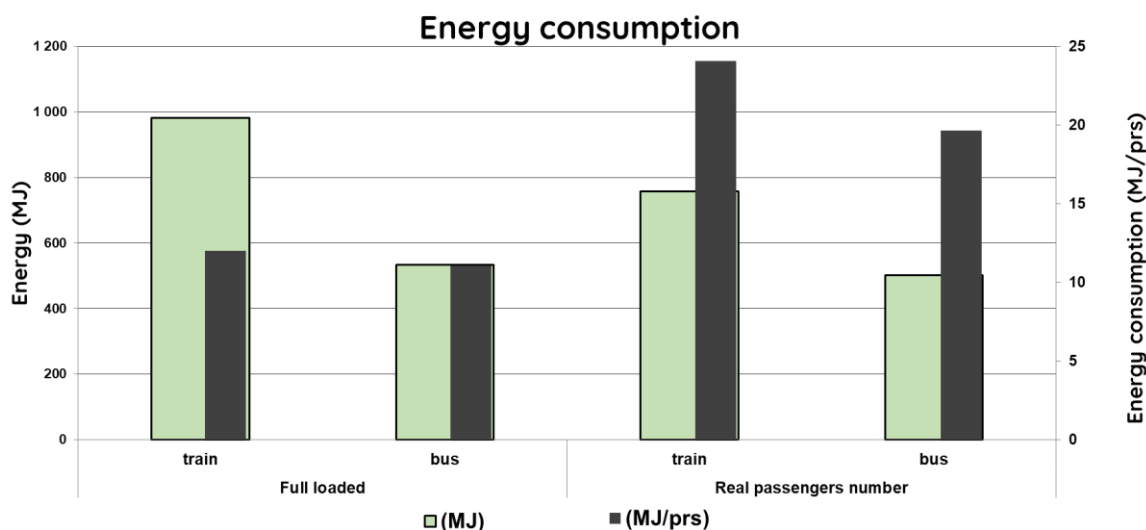


Obrázok 32: Výstupné údaje zo softvéru Railway Dynamics (zdroj: softvér Railway dynamics)

Výpočet v tejto prípadovej štúdii bol vykonaný pre jazdu v oboch smeroch, t. j. jeden na stúpanie a druhý na klesanie. Výsledky spotreby pre oba smery sú zahrnuté v konečnom hodnotení (Tabuľka 8). Tabuľka 8 ukazuje výhodu autobusovej dopravy. Tá spočíva v tom, že napriek parametrovo veľmi podobným motorom (výkon, spotreba) vlaku a autobusu, ako aj nižšej náročnosti železničnej trate dosahuje železničné vozidlo na sledovanej trati vyššiu spotrebu paliva ako autobus. Je to spôsobené vlastnou hmotnosťou železničného vozidla 39 t, čo je o 28 t viac ako hmotnosť autobusu (cca 11 t).

Tabuľka 8: Výsledky výpočtu vlak - autobus

Obsadenosť vozidla	Vozidlo	Spotreba paliva [l]	Celková spotreba energie [MJ]	Celková produkcia CO _{2e} [kg]	Počet cestujúcich	Spotreba energie na cestujúceho [MJ·osoba ⁻¹]	Produkcia CO _{2e} [kg·osoba ⁻¹]
Plná obsadenosť	Vlak	22.98	981.2	74.4	83	11.82	0.90
	Autobus	12.48	532.9	40.4	49	10.88	0.83
Skutočný počet cestujúcich	Vlak	19.23	821.3	62.3	32	25.66	1.95
	Autobus	11.76	502.2	38.1	26	19.31	1.47

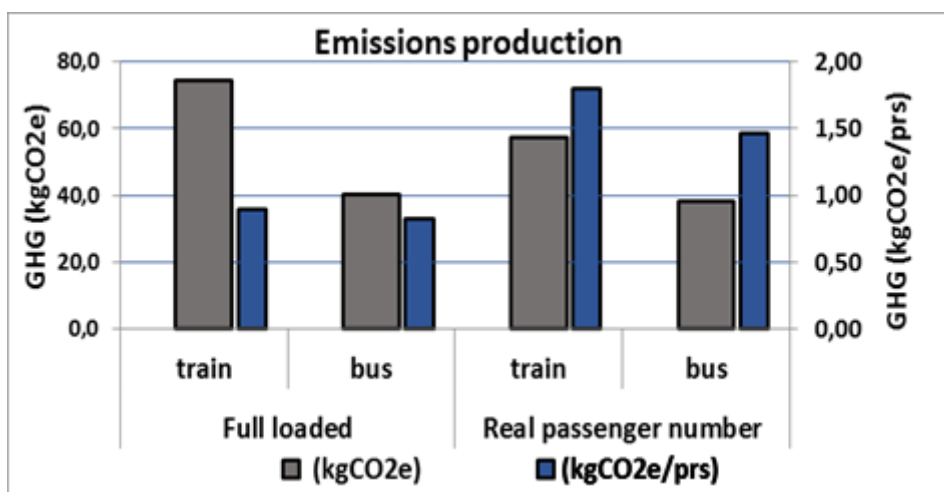


Obrázok 33: Porovnanie spotreby energie vlakov a autobusov

Výsledok simulácie spotreby paliva motorového vlaku sa porovnal so skutočnou spotrebou tejto jednotky na danej trati. Výsledok simulácie sa potvrdil, keďže rozdiel v porovnaní so skutočnou spotrebou bol len 8,5 %. Preto sa všetky výsledky spotreby zvýšili o 8,5 %, aby sa priblížili skutočnosti.

Hoci motorový vlak dosahuje vyššie hodnoty skutočného počtu cestujúcich, nedosahuje vyššiu účinnosť ako autobus. Ako už bolo uvedené, je to spôsobené vyššou vlastnou hmotnosťou vlaku. Pri výpočte celkovej spotreby energie pri skutočnom používaní vozidiel predstavuje spotreba energie autobusu len 54 až 66 % spotreby vlaku. Pri výpočte spotreby energie na cestujúceho (MJ·osoba⁻¹) je rozdiel výrazne nižší (75 až 92 %) v dôsledku vyššej prepravnej kapacity vlaku. Bez ohľadu na to je efektívnosť autobusovej dopravy z hľadiska spotreby energie efektívnejšia, ale pri maximálnom využití kapacity vlaku alebo využití parkovacích miest by sa železničná doprava priblížila k

efektívnosti cestnej dopravy, v niektorých prípadoch by mohla byť efektívnejšia z hľadiska počtu prepravených osôb.



Obrázok 34: Porovnanie emisií skleníkových plynov pri prevádzke vlakov a autobusov

Podobne ako pri spotrebe energie je možné vypočítať aj emisie skleníkových plynov. Pomer medzi emisiami skleníkových plynov z vozidiel je podobný ako pri spotrebe energie, keďže bol vypočítaný podľa normy EN 16 258:2012, kde produkcia skleníkových plynov je súčinom spotreby paliva a emisného faktora.

V ďalšej časti sa porovnáva spotreba osobného vlaku s osobným automobilom. Technické parametre vozňa sú uvedené v Tabuľka 9.

Tabuľka 9: Technické parametre vozidla⁴³
Skoda Fabia III

Rok výroby	2016
Motor	1.2 TSI, DOHC
Palivo	benzín
Preplnenie	turbodúchadlo
Kód motora	5J
Prenos	Mechanické (manuálne)
Počet prevodových stupňov	5
Rýchlostný výkon	66 kW / 4 400 min ⁻¹
Krútiaci moment pri rýchlosti	160 Nm / 1 400 min ⁻¹
Celková hmotnosť	1 564 kg
Pohotovostná hmotnosť	1 133 kg
Spotreba paliva v meste (údaje výrobcu)	6l na 100 km ⁻¹

⁴³Kendra M., Skrúcaný T., Synák F., Škorupa M., Grenčík J.: Energetická náročnosť železničnej a cestnej osobnej dopravy a jej bod zlomu podľa využitia kapacity vozidiel. 7. Transport Research Arena TRA 2018, Viedeň. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1421671>

Spotreba paliva mimo mesta (údaje výrobcu)

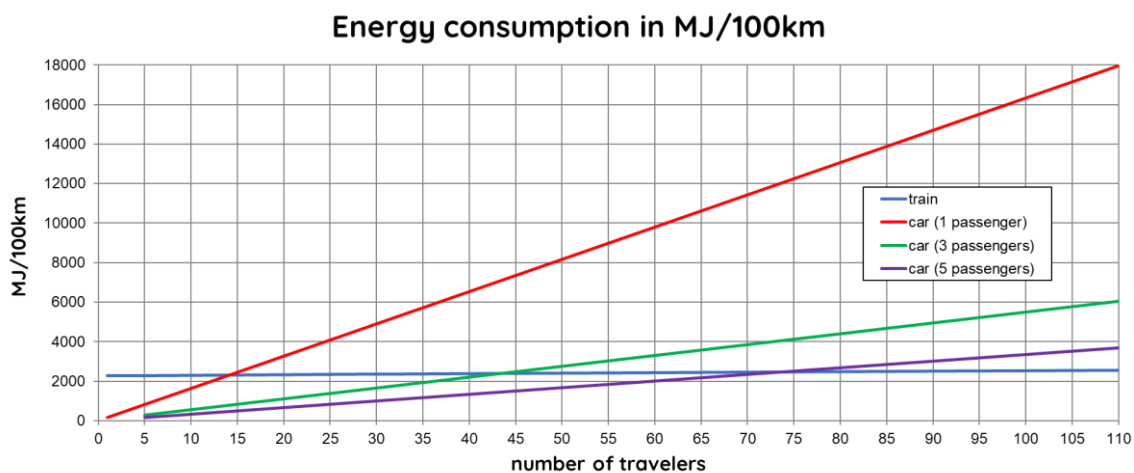
4l na 100 km⁻¹



Obrázok 35: Škoda Fabia III - vozidlo použité na meranie

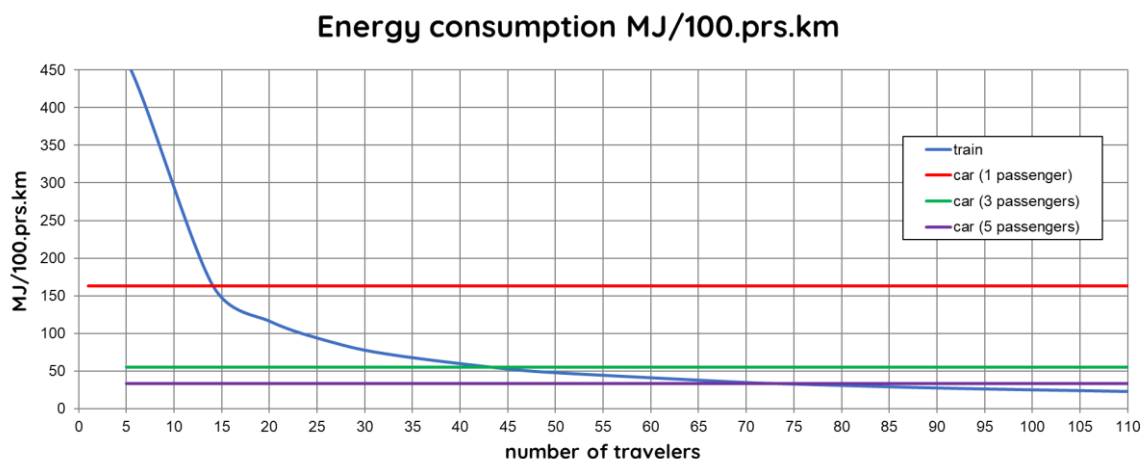
Výsledky meraní osobných automobilov ukázali veľký rozdiel medzi výrobcou deklarovanou a skutočne nameranou spotrebou paliva. Nameraná predstavuje vyššie hodnoty v rozsahu 8 až 11,5 % v porovnaní s deklarovanou spotrebou paliva vozidla. V absolútnom vyjadrení sa spotreba paliva na sledovanej trase pohybovala od 4,33 do 4,56 l/100 km. Všetky úseky sa merali v troch opakovaniach.

Veľmi malé odchýlky medzi meraniami boli spôsobené čo najpodobnejším štýlom jazdy vodiča. Meranie sa uskutočnilo v skorých ranných hodinách bez premávky iných vozidiel, priemerná úseková rýchlosť vozidla sa neustále sledovala a upravovala a tempomat vozidla sa používal v maximálnej možnej miere. Týmto postupom sa dosiahla minimálna odchýlka výsledkov jednotlivých meraní, opakovateľnosť. Namerané rozdiely preto predstavujú vplyv zaťaženia vozidla.



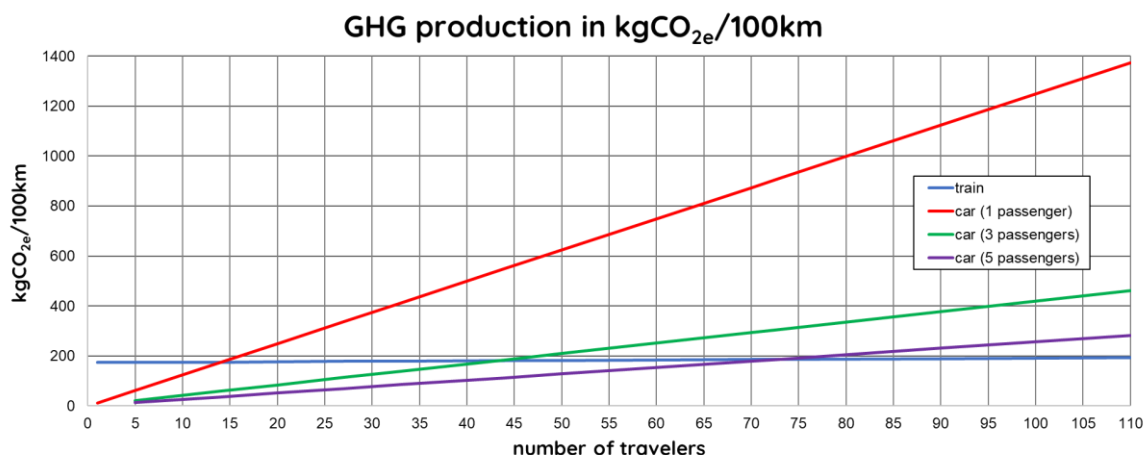
Obrázok 36: Porovnanie spotreby energie vlaku a automobilu

Obrázok 36 ukazuje spotrebu energie na 100 km jednotlivých dopravných prostriedkov (vlak, osobný automobil) vzhľadom na ich obsadenosť, resp. potrebný počet prepravovaných osôb. Najhorším prípadom z hľadiska energetickej účinnosti je preprava len jednej osoby v aute (samotného vodiča). Požadovaný počet použitých automobilov sa rovná počtu prepravovaných osôb, čo predstavuje strmý sklon priamky (červená). Účinnosť sa mnohonásobne zvyšuje so zvyšujúcim sa počtom osôb v aute. Hoci sa spotreba paliva automobilu zvyšuje vzhľadom na okamžitú hmotnosť, a teda aj počet osôb, pri zohľadnení trikrát až päťkrát menšieho potrebného počtu vozidiel ako v prvom prípade ide o zvýšenie účinnosti. Túto skutočnosť možno v absolútnom vyjadrení vidieť na Obrázok 36 a v relatívnom vyjadrení na Obrázok 37.



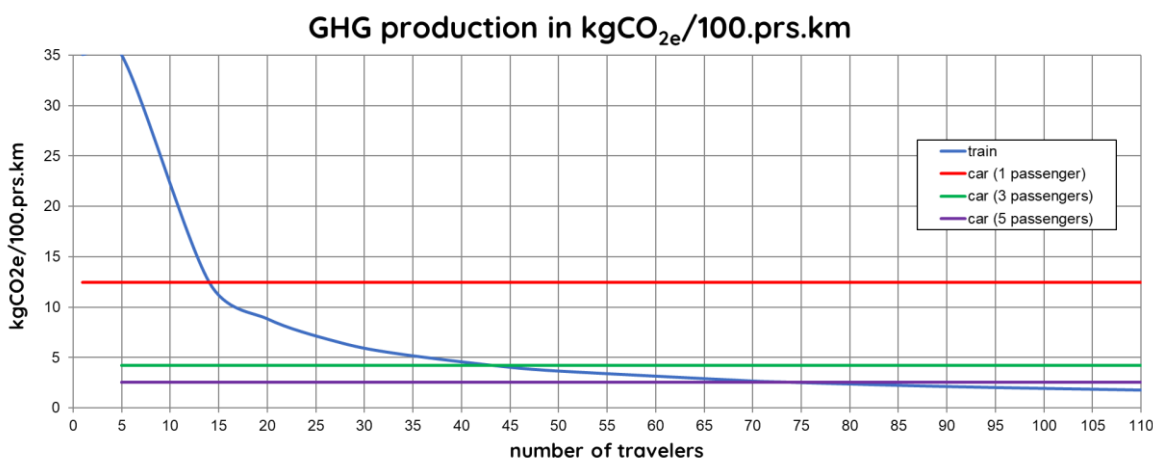
Obrázok 37: Relatívne porovnanie spotreby energie

Priesečníky kriviek na Obrázok 36 predstavujú hraničné hodnoty efektívnosti využitia vlaku a automobilu v závislosti od počtu prepravovaných osôb. Ak by bol vlak štandardom, pri preprave viac ako 14 osôb by bol efektívnejší ako automobil. V praxi to znamená, že na hodnotenej prepravnej trase je auto s vodičom efektívnejšie ako vlak obsadený menej ako 14 osobami. Pri využití plného počtu miest na sedenie, t. j. 5 osôb, sa vlak stáva efektívnejším pri preprave približne 73 osôb, čo predstavuje takmer 90 % kapacity miest na sedenie (83 miest na sedenie).



Obrázok 38: Porovnanie emisií skleníkových plynov z prevádzky vlaku a automobilu

Miera emisií skleníkových plynov z prevádzky vlaku a osobného automobilu v meranej oblasti priamo súvisí so spotrebou energie, t. j. paliva. Je to viditeľné na obrázkoch 39 a Obrázok 39.



Obrázok 39: Relatívne porovnanie emisií skleníkových plynov

Množstvo vyprodukovaných skleníkových plynov bolo vypočítané na základe normy. Zohľadňuje koeficienty produkcie skleníkových plynov EW (emisný faktor) konštantne vzhľadom na objem spotrebovaného paliva ($\text{kgCO}_2\text{e}\cdot\text{l}^{-1}$), množstvo spotrebovaného paliva ($\text{kgCO}_2\text{e}\cdot\text{l}^{-1}$), alebo množstvo energie spotrebovanej v palive ($\text{gCO}_2\text{e}\cdot\text{MJ}^{-1}$), v tomto prípade benzínu alebo nafty. Množstvo vyprodukovaných skleníkových plynov je teda priamo úmerné množstvu spotrebovaného paliva.

Vzhľadom na hodnoty emisných faktorov porovnávaných palív je benzín ($75,2 \text{ gCO}_2\text{e}\cdot\text{MJ}^{-1}$) v miernej nevýhode v porovnaní s naftou, ktorá má o niečo nižšiu hodnotu emisného faktora ($74,5 \text{ gCO}_2\text{e}\cdot\text{MJ}^{-1}$). Pri zohľadnení množstva energie spotrebovanej v

dopravných prostriedkoch a zaokrúhlení to však nemá vplyv na zmenu výsledkov relatívneho vyjadrenia produkcie skleníkových plynov vozidiel oproti relatívnemu vyjadreniu spotreby energie. Preto aj z hľadiska produkcie skleníkových plynov je vlak efektívnejší, ak je obsadený viac ako 14 osobami, v porovnaní s autom, v ktorom je len vodič. V porovnaní s autom, v ktorom sa prepravujú 3 alebo 5 osôb, sa vlak stáva efektívnejším až od obsadenia 44, resp. 73 osobami.

Cieľom týchto praktických meraní nebolo určiť, ktorý druh dopravy je výhodnejší alebo ekologickejší. Nedá sa to povedať jednoznačne, pretože energetická účinnosť a produkcia skleníkových plynov závisí nielen od spotreby paliva a energie, ale aj od využitia kapacity dopravných prostriedkov. Dôležité je zabezpečiť čo najvyššiu využiteľnosť dopravných prostriedkov cestujúcimi, napr. vhodný výber vozidla pre konkrétny prepravný prúd. S klesajúcou reálnou využiteľnosťou dopravných prostriedkov klesá aj efektívnosť ekologickej dopravy. Vhodná kombinácia veľkosti prepravného prúdu a prevádzkovaných vozidiel je preto jedným z krokov na zabezpečenie ekologickej verejnej osobnej dopravy.

3.6 ODKAZY NA KAPITOLU



Sumarizácia

Na konci tejto kapitoly budú študenti rozumieť nasledujúcim pojmom:

- spaľovací motor,
- európske emisné normy,
- emisné predpisy,
- emisné limity,
- meranie spotreby paliva,
- jazdné cykly,
- spotreba energie,
- produkcia skleníkových plynov.



Otázky

- Ktoré palivá sa používajú v bežných spaľovacích motoroch?
- Aké sú základné fázy činnosti štvortaktného motora?
- Aké sú výhody benzínového motora?
- Aké sú výhody dieselového motora?
- Do ktorých dvoch základných skupín sa delia európske emisné normy?
- Ktoré emisie sú regulované európskymi emisnými normami?
- Aké sú rozdiely medzi jednotlivými európskymi jazdnými cyklami?
- Aké sú metódy merania spotreby paliva?
- Akú environmentálnu stopu spaľovacích motorov poznáte?
- Ktoré technické vlastnosti vozidiel ovplyvňujú ich prevádzkovú účinnosť z hľadiska spotreby energie a produkcie skleníkových plynov?

Skratky

BSFC - špecifická spotreba paliva pri brzdení

CAN - riadiaca sieť

CI - zapalovanie vznetrových motorov

CO - oxid uhoľnatý

CO₂ - oxid uhličitý

DALY - rok života upravený o zdravotné postihnutie

DPF/FAP - filter pevných častíc

ES - Európske spoločenstvo

ECE 15 - špecifikácia Európskej hospodárskej komisie OSN pre simuláciu mestského jazdného cyklu

EHS - Európske hospodárske spoločenstvo

EEV - vozidlo šetrné k životnému prostrediu

EHK - Európska hospodárska komisia OSN

EN - európska norma

EÚ - Európska únia

EUDC - mimomestský jazdný cyklus

EUDCL - mimomestský jazdný cyklus motorových vozidiel s nižším výkonom motora

FMS - funkčná pohybová obrazovka

FO - funkčná jednotka

GHG - skleníkový plyn

GWP - potenciál globálneho otepľovania

HC - uhl'ovodíky

ICEV - vozidlo so spaľovacím motorom

IPCC - Medzivládny panel pre zmenu klímy

ISO - sieť národných normalizačných inštitúcií zo 148 krajín

LCA - hodnotenie životného cyklu

LCIA - hodnotenie vplyvu životného cyklu

LPG - skvapalnený ropný plyn

NEDC - nový európsky jazdný cyklus

NMHC - nemetánové uhl'ovodíky

NO_x - oxidy dusíka

PI - iskrové zapalovanie

PM - tuhé častice

RW - referenčná hmotnosť

THC - tetrahydrokanabinol

UNECE - Európska hospodárska komisia OSN

WLTC - celosvetovo harmonizovaný skúšobný cyklus ľahkých úžitkových vozidiel

WLTP - celosvetovo harmonizovaný skúšobný postup pre ľahké úžitkové vozidlá

W-t-W – od zdroja ku kolesu

ŽOS - Železnične opravovne a strojárne

4. LCA V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSLE : VOZIDLÁ NA ALTERNATÍVNE PALIVÁ

4. LCA V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSLE: VOZIDLÁ NA ALTERNATÍVNE PALIVÁ	79
4.1 Úvod do elektrických vozidiel	81
4.2 Posúdenie životného cyklu batériových elektrických vozidiel (BEV)	83
Výsledky posúdenia uhlíkovej stopy batériových elektrických vozidiel	87
Výsledky hodnotenia vodnej stopy batériových elektrických vozidiel	88
Výsledky posúdenia vplyvu batériových elektrických vozidiel na zdroje	88
4.3 LCA nabíjania batérií elektrických vozidiel v krajinách Európskej únie - prípadová štúdia	89
Výsledky	90
4.4 Porovnávací analýza životného cyklu benzínových ICEV, naftových ICEV a BEV - prípadová štúdia	96
Predpoklady	96
4.5 Posúdenie životného cyklu elektrických vozidiel s palivovými článkami	99
Vodík ako najsl'ubnejšia možnosť dekarbonizácie vozidiel	99
4.6 Posúdenie životného cyklu elektrických vozidiel s palivovými článkami - prípadová štúdia	102
4.7 Odkazy na kapitolu	106



Čas na štúdium: 120 minút



Ciele

AKÉ VEDOMOSTI ŠTUDENTI ZÍSKAJÚ

Študenti získajú vedomosti o aplikácii hodnotenia životného cyklu LCA v automobilovom priemysle, najmä o LCA vozidiel s alternatívnym pohonom, ako sú batériové elektromobily (BEV) a elektrické vozidlá s palivovými článkami (FCEV).

AKO IM POMÔŽE POCHOPÍŤ TÉMU

Študenti sa oboznámia s metodikou analýzy LCA, rôznymi environmentálnymi stopami a podstatou metód environmentálneho hodnotenia pre automobilový priemysel.

AKÉ ZRUČNOSTI BUDE KAPITOLA ROZVÍJAŤ

Kapitola podporuje získanie potrebných zručností, ktoré budú užitočné pri budúcej profesionálnej práci v automobilovom priemysle. Študenti sa oboznámia s determinantmi environmentálneho hodnotenia životného cyklu vozidiel a alternatívnych palív.

KDE ŠTUDENTI MÔŽU VYUŽIŤ VEDOMOSTI

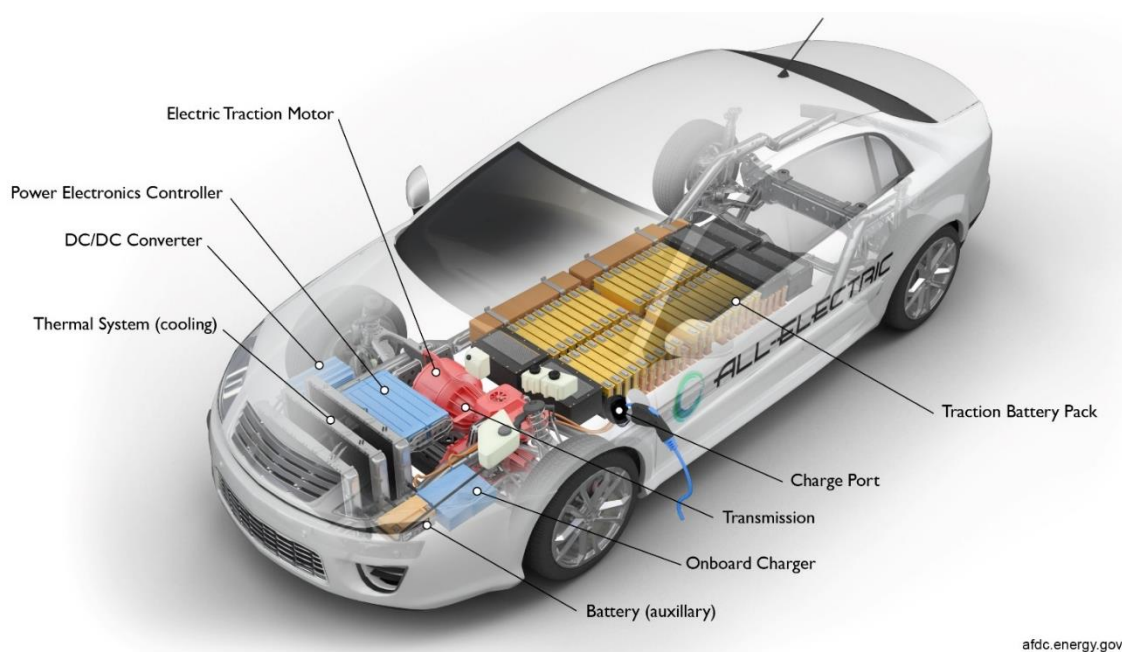
Študenti môžu tieto poznatky využiť vo svojej budúcej práci súvisiacej s ochranou životného prostredia v automobilovom priemysle, najmä v oddeleniach analýzy emisií skleníkových plynov. Analýzy LCA poskytujú nové poznatky, ktoré sa využijú pri ďalších analýzach týkajúcich sa vývoja alternatívnych palív v Európskej únii, ako aj ich potenciálneho vplyvu na životné prostredie.



Teória

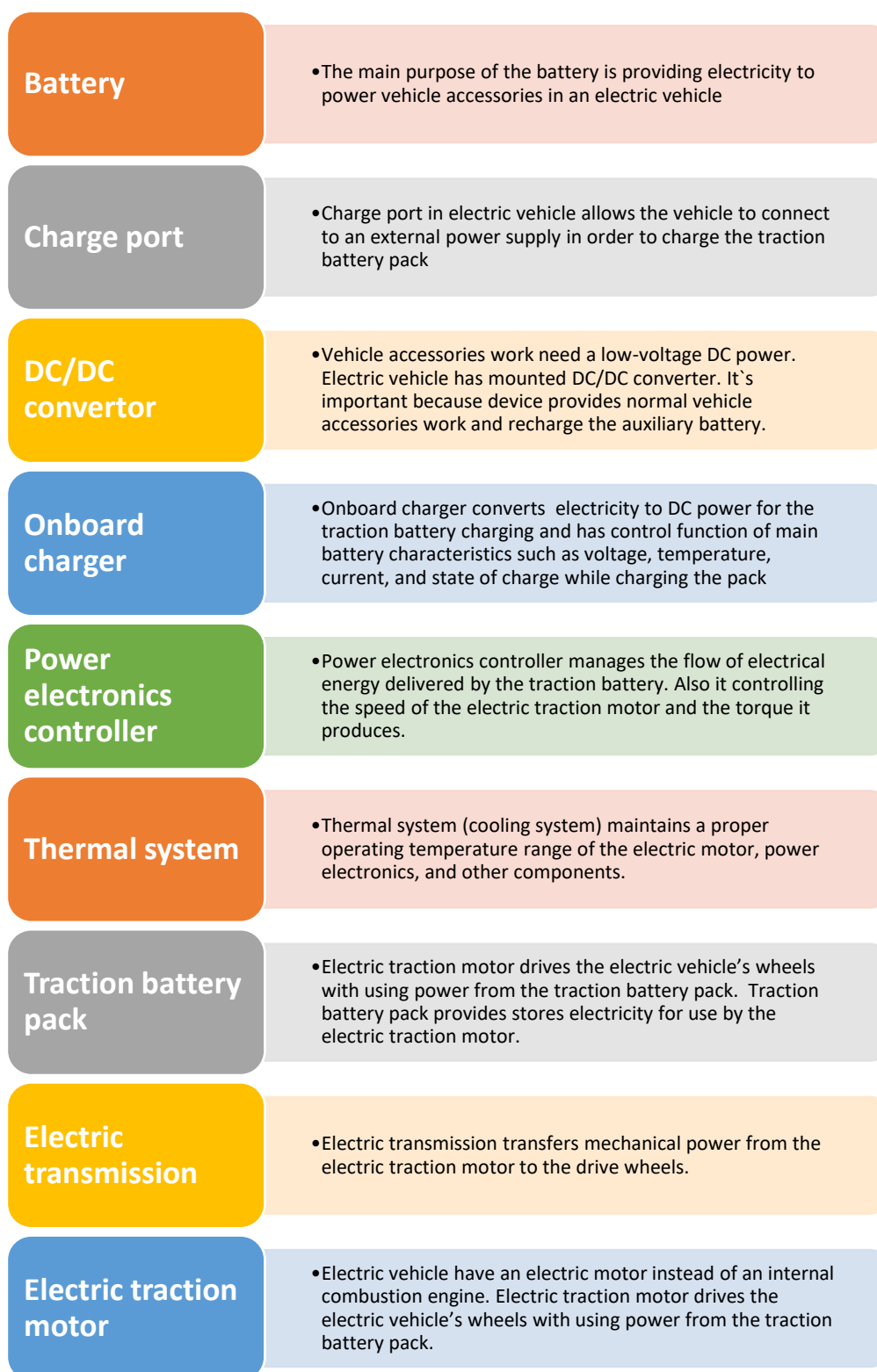
4.1 ÚVOD DO ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL

Batériové elektrické vozidlo (BEV) má namiesto spaľovacieho motora elektromotor. Vozidlo využíva na napájanie elektromotora veľkú trakčnú batériu a musí byť pripojené do elektrickej zásuvky alebo nabíjacieho zariadenia, nazývaného aj zariadenie na napájanie elektrických vozidiel (Obrázok 40).



Obrázok 40: Konštrukcia elektrického vozidla

Elektrické vozidlo sa skladá z prvkov, ktoré sú znázornené na Obrázok 41:



Obrázok 41: Prvky elektrického vozidla⁴⁴

⁴⁴ Vlastná analýza na základe <https://www.newkidscar.com/electric-car-construction/>

Americká agentúra na ochranu životného prostredia zaraďuje batériové elektromobily do kategórie vozidiel s nulovými emisiami, pretože neprodukujú žiadne priame výfukové plyny. Na trhu sú dostupné plne elektrické vozidlá pre ťažkú aj ľahkú dopravu. Batériové elektrické vozidlá sú drahšie ako podobné vozidlá so spaľovacím motorom. Batériové elektrické vozidlá majú kratší dojazd ako porovnateľné vozidlá so spaľovacím motorom. Účinnosť a dojazd batériových elektrických vozidiel sa výrazne líši v závislosti od jazdných podmienok. Plne elektrické vozidlá sú účinnejšie pri jazde v meste ako pri jazde na diaľnici.

Cestná doprava predstavuje takmer štvrtinu emisií skleníkových plynov. Elektrické vozidlá sa v poslednom čase stali dôležitým prvkom v stratégiách rozvoja automobilového priemyslu v Európskej únii. Elektrické vozidlá sú budúcnosťou cestnej dopravy a ponúkajú významný potenciál na zníženie znečistenia ovzdušia a zvýšenie životného komfortu, najmä v preplnených centrách miest. V krajinách Európskej únie sú vládne opatrenia, ako aj regulačný balík zamerané na zvýšenie využívania alternatívnych palív a podporu rozvoja elektromobility. Zdá sa, že batériové elektromobily nabíjané obnoviteľnou elektrickou energiou nemajú takmer žiadny vplyv na životné prostredie v systéme zo zdroja ku kolesu.

4.2 HODNOTENIE ŽIVOTNÉHO CYKLU BATÉRIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL (BEVS)

V kapitole 3.4 sme predstavili prípadovú štúdiu hodnotenia životného cyklu vozidiel na konvenčné palivá, v tejto časti predstavíme prípadovú štúdiu hodnotenia životného cyklu vozidiel na alternatívne palivá.

Urobili sme LCA pre batériové elektrické vozidlá (BEV). Na tento účel sme rovnako ako pri analýze LCA pre vozidlá s konvenčným pohonom aj tu vykonali analýzy uhlíkovej stopy, vodnej stopy a stopy zdrojov. V prípade LCA elektrických vozidiel sme zohľadnili možnosti nabíjania batérií vzhľadom na energetický mix dostupný v rokoch 2020 až 2050. Posúdenie životného cyklu sme vykonali v súlade s normou Environmentálne manažérstvo - Posudzovanie životného cyklu - Požiadavky a usmernenia - Zmena a doplnenie 2 (ISO 14044: 2006 / Amd 2: 2020). Definovali sme funkčnú jednotku, hranice systému a základné predpoklady. Posúdenie environmentálnej stopy sme vykonali pomocou softvéru SimaPro v. 9 s databázou Ecoinvent v.3. Rovnako ako pri

analýze LCA pre vozidlá s konvenčným pohonom sme aj pre elektrické vozidlá definovali funkčnú jednotku 100 km.

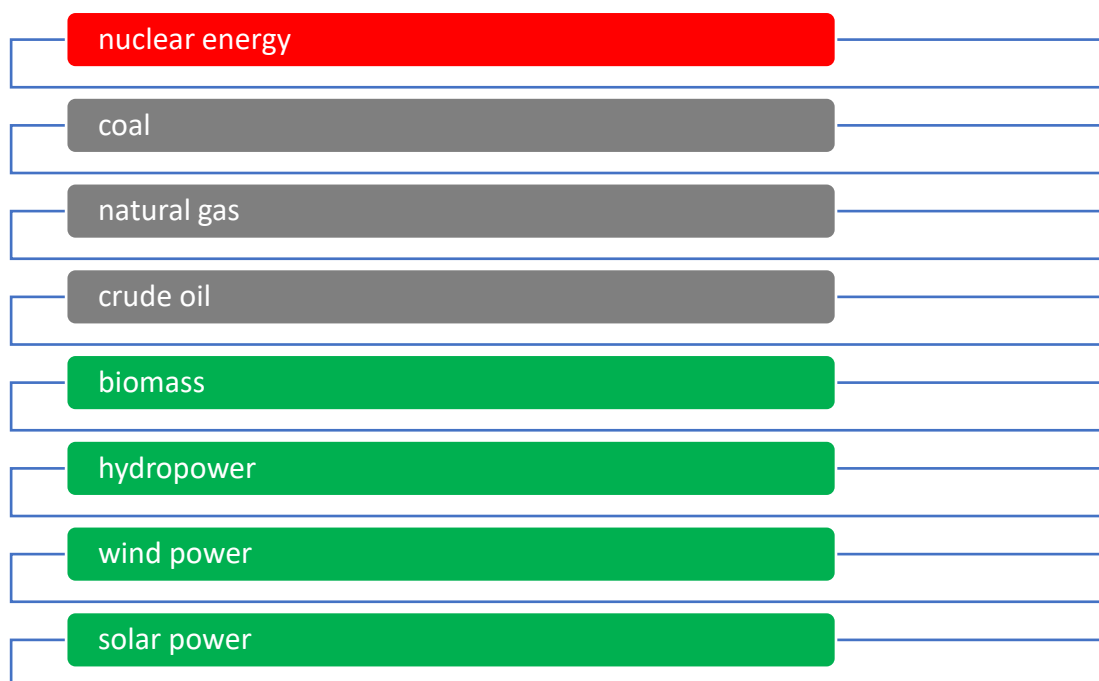
Systémové hranice pre batériové elektromobily zahŕňali cykly životnosti osobného elektromobilu (vrátane výroby osobných automobilov, výroby batérií, výstavby ciest, používania automobilov, údržby a likvidácie) a nabíjania batérií, pričom sa zohľadnili trendy v dodávkach elektrickej energie na účely nabíjania batérií v rokoch 2015 až 2050.

Samotná prevádzka elektromobilu nespôsobuje emisie škodlivých látok do ovzdušia; skutočný vplyv na životné prostredie má nabíjanie batérie. Nabíjanie sa vykonáva pomocou verejnej elektrickej siete a preto vplyv elektromobilu na životné prostredie priamo ovplyvňuje spôsob výroby elektrickej energie spotrebovanej na nabíjanie zabudovanej batérie vozidla.

Údaje pre LCA pochádzajú od spoločnosti Simapro. Hlavné vstupy pre elektrické vozidlá zahŕňajú: lítium-iónovú batériu, výrobu osobných elektrických vozidiel, údržbu, výrobu elektrickej energie. Medzi hlavné výstupy patria: emisie z opotrebovania brzd, emisie z opotrebovania vozovky a emisie z opotrebovania pneumatík.

Preto sme v záujme vykonania analýzy LCA pre elektrické vozidlá vyvinuli výpočtový model LCA pre nabíjanie batérií elektrických vozidiel, ktorý má pomôcť pri analýze vplyvu elektrických vozidiel na životné prostredie.

Analýzu sme vykonali pre jednotlivých zdrojov elektrickej energie. Na obrázku 43 je osem hlavných energetických zdrojov používaných na výrobu elektrickej energie.



Obrázok 42: Hlavné zdroje energie používané na výrobu elektrickej energie

Vypočítali sme environmentálnu stopu pre jednotlivé zdroje elektrickej energie (Tabuľka 10).

Tabuľka 10: Uhlíková stopa, vodná stopa a zdroje

Environmentálna stopa	Uhlíková stopa	Vodná stopa	Stopa zdrojov
Skratky	CF	WF	RF
Jednotka	g CO₂ eq/ kWh	m³ /kWh	MJ/kWh
Biomasa	4.77E+01	1.96E-04	5.52E-01
Čierne uhlie	1.19E+03	1.58E-02	1.43E+01
Voda	4.15E+00	1.00E-04	3.69E-02
Lignit	1.15E+03	5.90E-03	1.29E+01
Zemný plyn	5.49E+02	1.70E-03	8.91E+00
Jadro	1.19E+01	3.50E-03	1.37E-01
Slnko	7.69E+01	8.00E-04	9.38E-01
Vietor	1.58E+01	2.00E-04	1.93E-01

Uskutočnili sme analýzu literatúry o prognózach vývoja energetiky v Európskej únii v nasledujúcich rokoch a zistili sme, že energia založená na fosílnych palivách bude postupne nahradená obnoviteľnými zdrojmi, najmä veternými elektrárnami. Súvisiace zmeny by zahŕňali rozvoj elektrární založených na OZE, hlavne veterných elektrární, spolu s rastom jadrovej energetiky.

Model výpočtu LCA pre nabíjanie batérií elektrických vozidiel, ktorý sme vyvinuli, vyžaduje tieto údaje: percentuálny podiel jednotlivých zdrojov energie na celkovom mixe vo vybranej krajine a spotrebu energie na 100 km pre vybrané vozidlo. Hodnotu environmentálnej stopy pre každý zdroj energie sme vypočítali a uviedli v Tabuľka 10.

Na výpočet troch environmentálnych stôp pre nabíjanie batérií elektrických vozidiel sme vytvorili nasledujúci výpočtový model environmentálnych stôp (vzorce 1 - 3):

$$CF_{EV} = (CF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV} \quad (1)$$

kde:

CF_{EV} - uhlíková stopa pri nabíjaní batérií elektrických vozidiel [g CO₂ ekv/100 km];

$CF_{ES\ 1-8}$ - uhlíková stopa z výroby 1 kWh energie pre jednotlivé zdroje energie [g CO₂ eq/kWh];

$S_{ES\ 1-8}$ - percentuálny podiel energetického zdroja (S - podiel, ES - energetické zdroje) v energetickom mixe danej krajiny alebo jednotlivých zdrojov;

E_{EV} - spotreba energie vozidla [kWh/100 km];

1-8 - znamená jednotlivé zdroje energie: biomasa, čierne uhlie, voda, hnedé uhlie, zemný plyn, jadrová energia, slnečná energia a veterná energia

$$WF_{EV} = (WF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV} \quad (2)$$

kde:

WF_{EV} - vodná stopa pri nabíjaní batérií elektrických vozidiel [m³/100 km];

$WF_{ES\ 1-8}$ - vodná stopa z výroby 1 kWh energie pre jednotlivé zdroje energie [m³/kWh];

$S_{ES\ 1-8}$ - percentuálny podiel energetického zdroja (S - podiel, ES - energetické zdroje) v energetickom mixe danej krajiny alebo jednotlivých zdrojov;

E_{EV} - spotreba energie vozidla [kWh/100 km];

1-8 - znamená jednotlivé zdroje energie: biomasa, čierne uhlie, voda, hnedé uhlie, zemný plyn, jadrová energia, slnečná energia a veterná energia

$$RF_{EV} = (RF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV} \quad (3)$$

kde:

RF_{EV} - stopa zdrojov pre nabíjanie batérií elektrických vozidiel [MJ/100 km];

$RF_{ES\ 1-8}$ - zdrojová stopa z výroby 1 kWh energie pre jednotlivé zdroje energie [MJ/kWh];

$S_{ES\ 1-8}$ - percentuálny podiel energetického zdroja (S - podiel, ES - energetické zdroje) v energetickom mixe danej krajiny alebo jednotlivých zdrojov;

E_{EV} - spotreba energie vozidla [kWh/100 km];

1-8 - znamená jednotlivé zdroje energie: biomasa, čierne uhlie, voda, hnedé uhlie, zemný plyn, jadrová energia, slnečná energia a veterná energia

HODNOTENIE ŽIVOTNÉHO CYKLU BATÉRIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL - PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA PRE POĽSKO

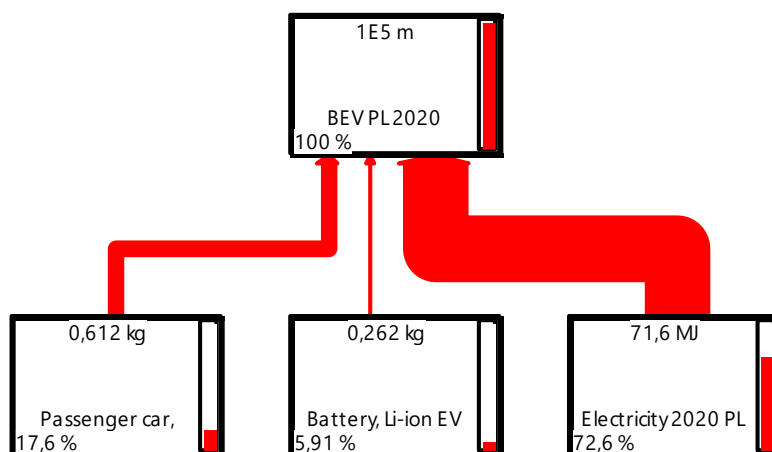
V tejto časti sme vykonali posúdenie životného cyklu batériových elektrických vozidiel v Poľsku. Na tento účel sme analyzovali štruktúru poľského mixu výroby elektrickej energie v súčasnosti aj v budúcnosti. Zistili sme, že elektrická energia je hlavným určujúcim faktorom vplyvu elektrických vozidiel na životné prostredie. Vykonali sme analýzu environmentálnej stopy spôsobenej nabíjaním batérií elektrických vozidiel pre Poľsko na základe nami vyvinutého výpočtového modelu analýzy životného cyklu.

V našej analýze LCA sme zohľadnili životný cyklus elektromobilu - konštrukciu, prevádzku, údržbu a likvidáciu automobilov. Na analýzu sme si vybrali lítium-iónovú batériu, pretože je to najčastejšie používaná batéria pre BEV.

V našej analýze LCA sme zohľadnili energiu na nabíjanie batérií dodávanú zo súčasnej a budúcej elektrickej siete v Poľsku v rokoch 2020 - 2050.

Analyzovali sme tri environmentálne stopy: uhlíkovú stopu, vodnú stopu a stopu zdrojov pre batériové elektrické vozidlá v Poľsku. Opis týchto environmentálnych stôp je uvedený v kapitole 3.

VÝSLEDKY HODNOTENIA UHLÍKOVEJ STOPY BATÉRIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL



Obrázok 43: Determinanty uhlíkovej stopy batériových elektrických vozidiel v Poľsku v roku 2020

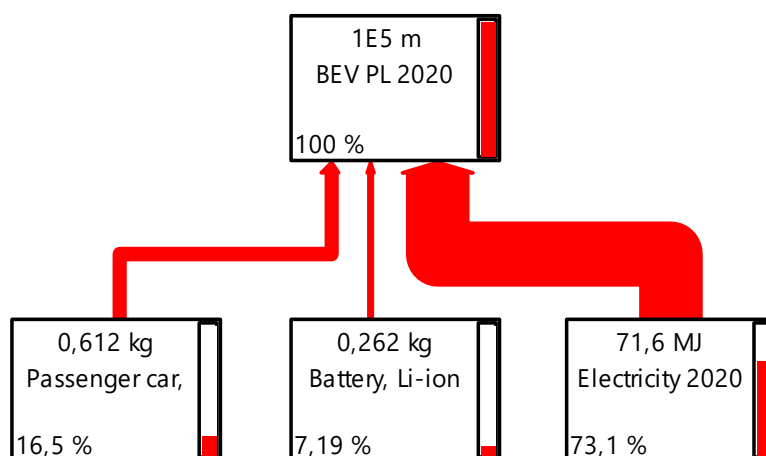
Výsledky LCA pre jednotlivé stopy sme prezentovali vo forme grafov.

Stanovili sme determinanty uhlíkovej stopy pre batériové elektrické vozidlá používané v Poľsku v roku 2020. Výsledky posúdenia vybranej environmentálnej stopy boli znázornené na obrázku Obrázok 43.

Na základe analýzy LCA sme zistili, že hlavným faktorom určujúcim uhlíkovú stopu vozidiel BEV v Poľsku je elektrická energia používaná na nabíjanie batérií vozidiel (Obrázok 43). Elektrická energia spotrebovaná na nabíjanie batérií predstavuje 71,6 % uhlíkovej stopy vozidiel BEV v Poľsku v roku 2020. Veľký podiel uhlíkovej stopy súvisí aj s výrobou osobných automobilov (17,6 %).

VÝSLEDKY HODNOTENIA VODNEJ STOPY BATÉRIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL

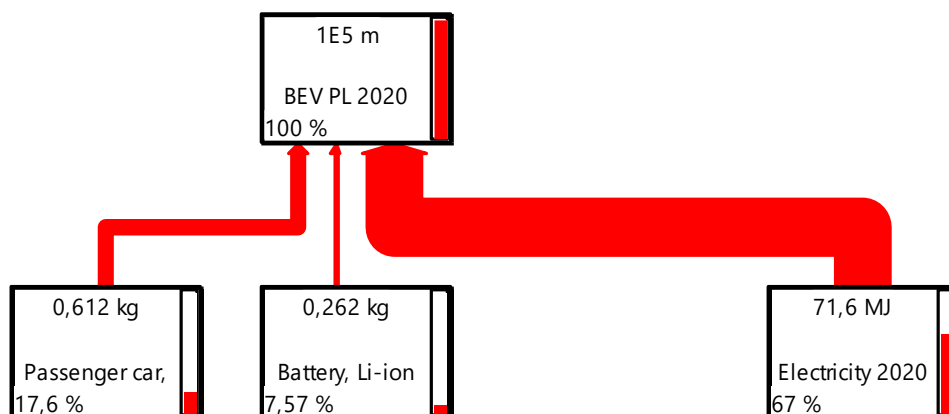
Stanovili sme determinanty vodnej stopy pre batériové elektrické vozidlá používané v Poľsku v roku 2020. Výsledky hodnotenia vodnej stopy sú uvedené na Obrázok 44. Hlavný determinant vodnej stopy pre BEV súvisí s elektrickou energiou používanou na nabíjanie batérií vozidiel a jej podiel v roku 2020 predstavoval 73,1 %.



Obrázok 44: Determinanty vodnej stopy elektrických vozidiel v Poľsku v roku 2020

VÝSLEDKY POSÚDENIA ZDROJOVEJ NÁKLADNOSTI BATÉRIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL

Zistili sme determinanty vplyvu batériových elektrických vozidiel v prevádzke v Poľsku v roku 2020 na zdroje. Výsledky posúdenia vybraných environmentálnych stôp boli uvedené na obrázku Obrázok 45.



Obrázok 45: Determinanty vplyvu elektrických vozidiel na zdroje v Poľsku v roku 2020

Porovnávacie analýzy environmentálnej stopy súčasných aj budúcich osobných automobilov na elektrický pohon boli vykonané s ohľadom na zmeny v zdrojoch elektrickej energie, ktoré tvoria poľský energetický mix. Zistili sme, že hlavným určujúcim faktorom environmentálnej stopy elektrických vozidiel v Poľsku je elektrická energia používaná na nabíjanie vozidiel. V budúcnosti sa očakáva nárast výroby elektrickej energie z alternatívnych zdrojov, ako aj z jadrovej energie, a to od roku 2035, zatiaľ čo objem elektrickej energie vyrobenej z fosílnych palív by mal klesať, čo ovplyvňuje výsledky. Na príklade Poľska a poľského mixu elektrickej energie možno použiť určujúce výpočty stopy elektrických vozidiel v iných krajinách. Analýza LCA zdrojov elektrickej energie používaných na nabíjanie batérií vozidiel ukázala, že hlavným determinantom negatívneho vplyvu energetických systémov na životné prostredie v Poľsku je spotreba fosílnych palív, a to čierneho a hnedého uhlia.

4.3 LCA NABÍJANIA BATÉRIÍ ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL V KRAJINÁCH EURÓPSKEJ ÚNIE - PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

PREDPOKLADY

Táto kapitola sa zaoberá analýzou elektrickej energie vyrobenej v jednotlivých členských štátoch EÚ a použitej na nabíjanie batérií elektrických vozidiel v európskych krajinách. Analýzu LCA sme vykonali v kategóriách vplyvu na životné prostredie, ktoré sa týkajú emisií skleníkových plynov, akumulovanej spotreby vody, ako aj vyčerpania zdrojov. Naše analýzy sa vzťahujú na rok 2015 a zahŕňajú aj prognózy výroby energie vo všetkých krajinách EÚ na roky 2020, 2030 a 2050.

AnalYZovali sme štruktúru mixu výroby elektrickej energie v Európe v súčasnosti aj v budúcnosti. Výroba energie je v Európe veľmi diverzifikovaná, pokiaľ ide o používané zdroje energie, čo zahŕňa rôznorodý vplyv na životné prostredie. **Funkciou systému** bolo množstvo elektrickej energie v elektrickej sieti, ktoré sa použije na nabitie elektrickej batérie osobného automobilu. Kvôli porovnaniu sa všetky analýzy vzťahovali na rovnakú funkčnú jednotku (FJ) 100 km. V rámci svojich **hraníc** sa systém vzťahoval na všetky technológie zahŕňajúce mix elektrickej energie všetkých krajín. Hranica systému je od kolísky po bránu (vysvetlenie a podrobnosti o tomto prístupe sú v kapitole 2.5). Na vykonanie analýzy životného cyklu sa vymedzila hranica systému a určili sa súbory údajov s ohľadom na štruktúru výroby elektriny pre jednotlivé krajiny EÚ. Hlavným **zdrojom údajov** pre analýzy týkajúce sa súčasnej a predpokladanej štruktúry výroby elektriny vo všetkých krajinách Európskej únie bola dokumentácia vydaná Európskou komisiou. Štruktúra výroby elektrickej energie v elektrickej sieti použitej v batérii je jedným z najdôležitejších parametrov, ktoré sa zohľadňujú pri analýze elektrického vozidla.

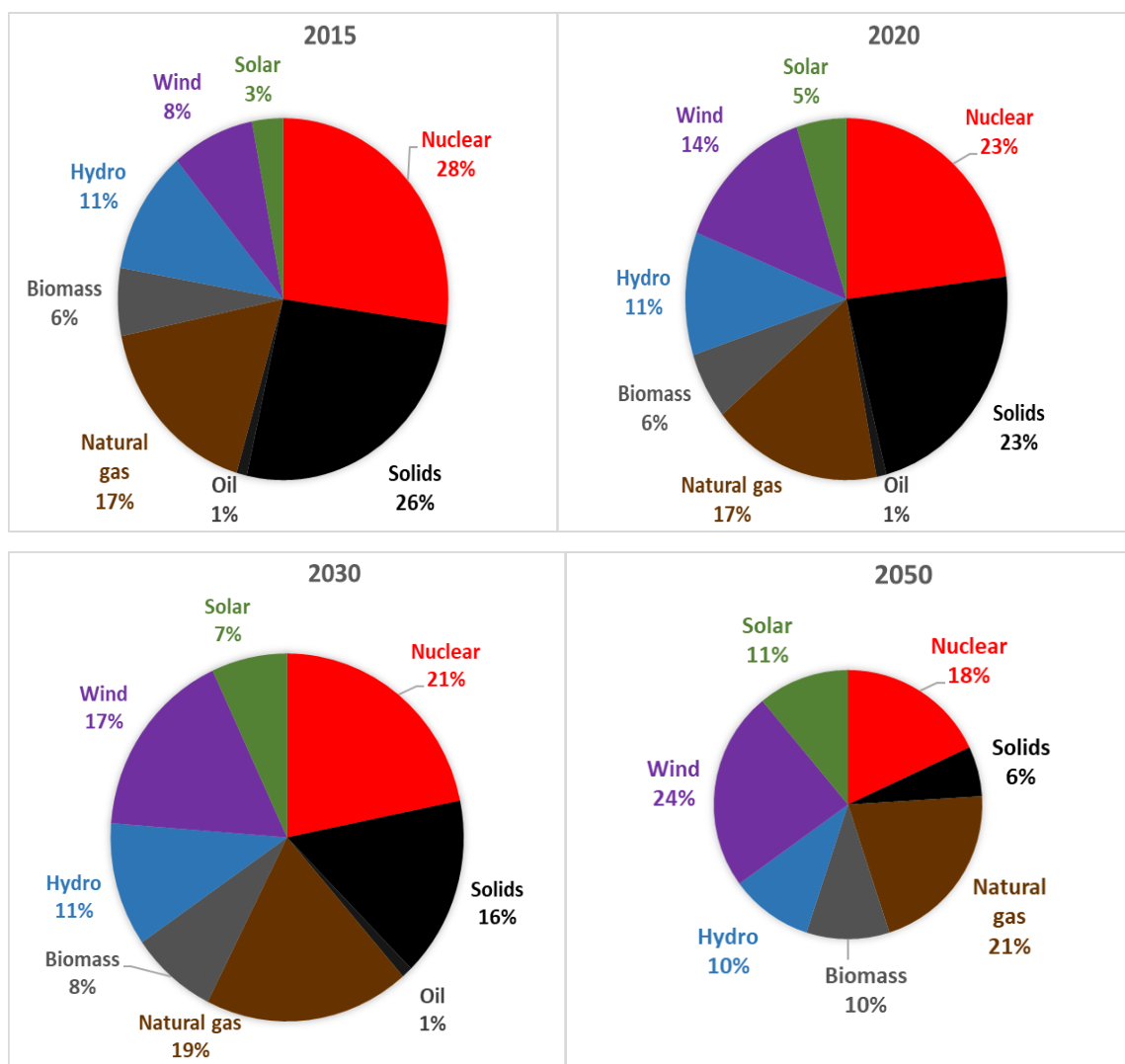
Predpokladali sme, že základnou premennou určujúcou vplyv elektromobilov na životné prostredie v krajinách Európskej únie bude štruktúra výroby elektrickej energie na účely nabíjania batérií elektromobilov. Z tohto dôvodu sa vykonali environmentálne analýzy predpokladaných zmien zdrojov energie vo všetkých krajinách EÚ. Analýzy sa vzťahujú na roky 2015 - 2050 a zaoberajú sa základnými predpokladmi súvisiacimi so zmenou zdrojov energie, ako sa predpokladá pre jednotlivé krajiny. Analýzy sa týkali typov výroby energie, ktoré sa v analyzovaných krajinách predpokladajú na roky 2015 - 2050.

Analýzy vplyvu na životné prostredie sme vykonali na základe posúdenia emisií skleníkových plynov spôsobených výrobou elektrickej energie, pričom sme zohľadnili štruktúru zdrojov energie vo všetkých krajinách EÚ. Analyzovali sme aj ďalšie kategórie považované za významné z hľadiska vplyvu elektrických vozidiel na životné prostredie vrátane kumulatívnej spotreby vody a vyčerpania zdrojov.

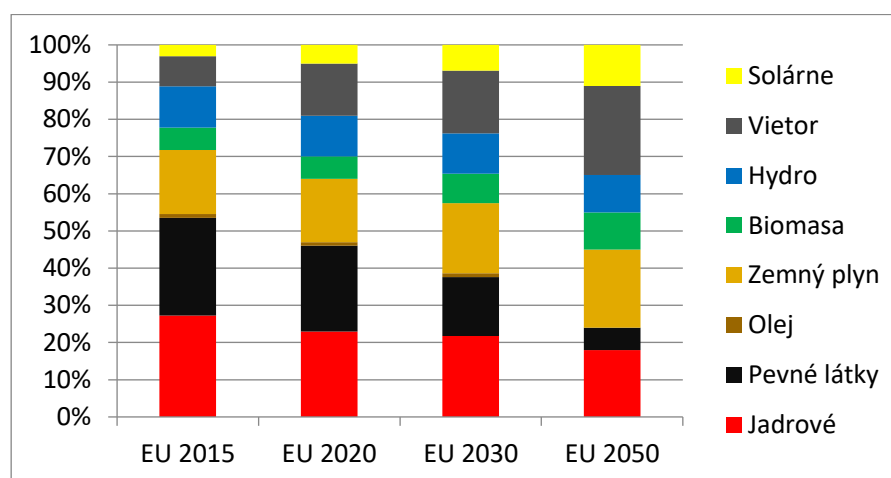
VÝSLEDKY

Analýza zdrojov výroby energie v krajinách EÚ

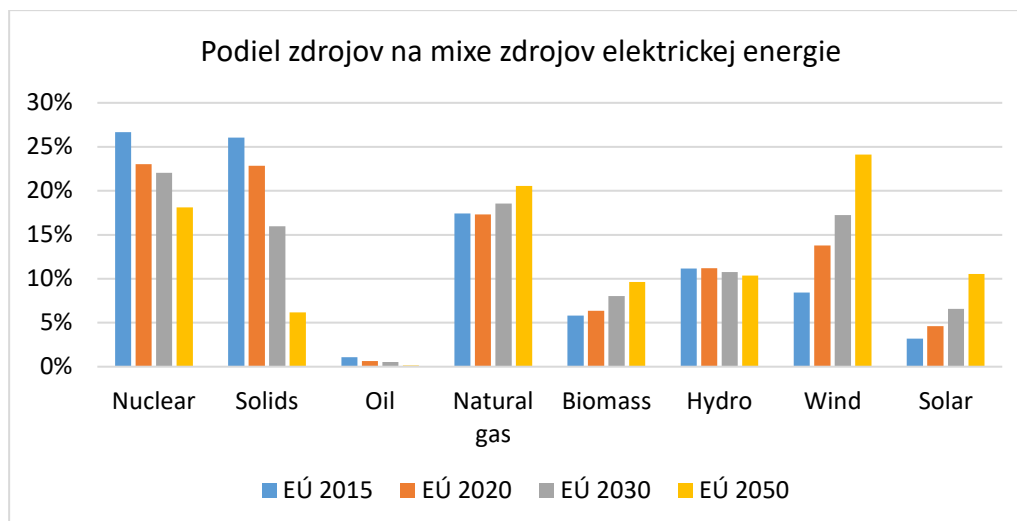
Najprv sme analyzovali zdroje elektrickej energie v EÚ. Podiel jednotlivých zdrojov elektrickej energie v Európskej únii je uvedený na Obrázok 46. Zmeny podielu jednotlivých zdrojov energie využívaných na výrobu elektrickej energie v Európskej únii v rokoch 2015 - 2050 sú znázornené na Obrázok 48.



Obrázok 46a: Podiel jednotlivých zdrojov elektrickej energie v Európskej únii



Obrázok 47b: Podiel jednotlivých zdrojov elektrickej energie v Európskej únii

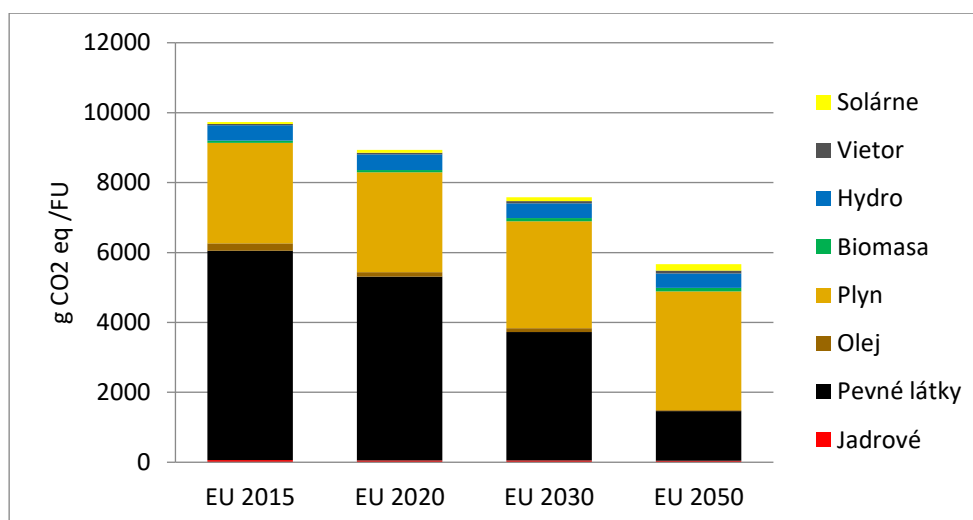


Obrázok 48: Zmeny podielu jednotlivých zdrojov energie používaných na výrobu elektriny v Európskej únii v rokoch 2015 - 2050

Zistili sme, že v krajinách EÚ v roku 2015 predstavoval kumulovaný podiel jadrovej energie, fosílnych látok a zemného plynu 70 % (pričom individuálny podiel týchto zdrojov predstavoval 27 %, 26 % a 17 %), zatiaľ čo podiel obnoviteľných zdrojov energie (OZE) predstavoval len 29 %. V nasledujúcich rokoch sa predpokladá, že podiel fosílnych látok klesne v roku 2050 na 6 % a podiel jadrovej energie na 18 %, zatiaľ čo podiel OZE sa zvýši na 55 %, pričom najvyšší podiel pripadá na veternú energiu (24 %). V Európskej únii sa očakáva aj mierny nárast podielu spotreby zemného plynu na účely výroby elektriny. Podrobný prehľad energetickej politiky jednotlivých krajín EÚ bol uvedený v publikácii (Energy Policies of IEA Countries - www.iea.org).

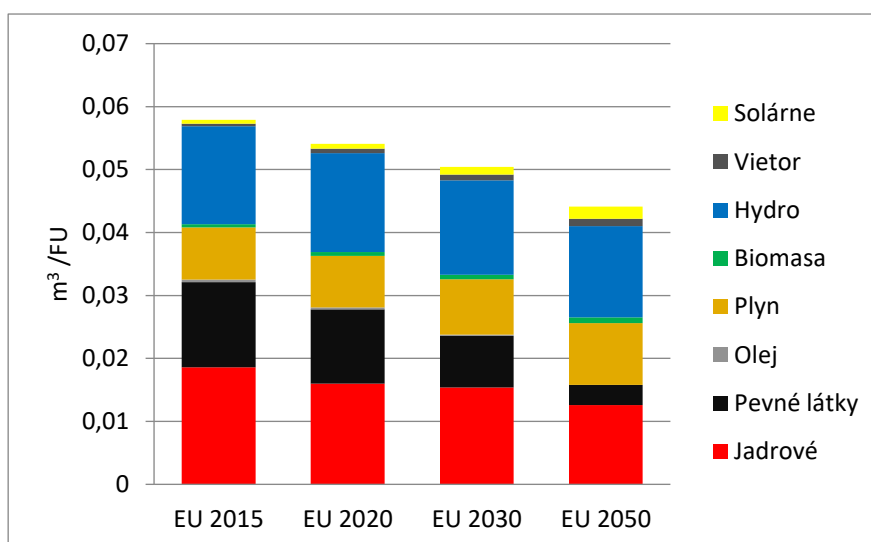
Posúdenie životného cyklu nabíjania batérií elektrických vozidiel v Európskej únii

Na základe analýzy nabíjania batérií elektrických vozidiel v porovnaní so spotrebou elektrickej energie z rozvodnej siete v Európskej únii sme vypočítali ukazovatele emisií skleníkových plynov (Obrázok 49), kumulatívnu spotrebu vody (Obrázok 50) a vyčerpania zdrojov (Obrázok 51), pričom sme brali do úvahy 100 km prejdených osobným elektromobilom, ktoré sa predpokladajú ako funkčná merná jednotka. Tieto ukazovatele boli vypočítané pre jednotlivé krajiny Európskej únie.



Obrázok 49: Vplyv nabíjania batérií elektrických vozidiel na emisie skleníkových plynov v Európskej únii

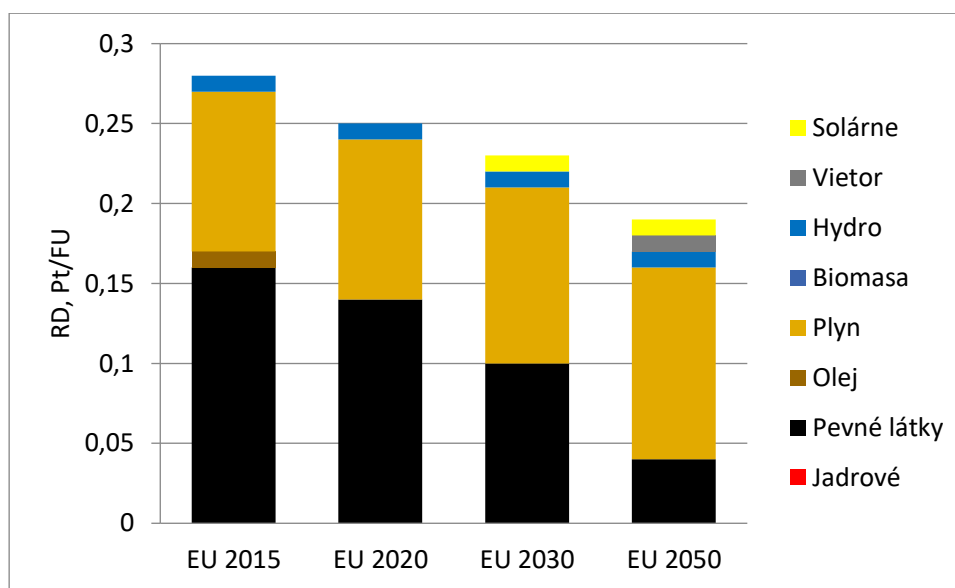
Na základe našej analýzy emisií skleníkových plynov (GHG) pri nabíjaní batérií elektrických vozidiel sme zistili, že emisie GHG klesajú a v roku 2015 predstavovali: 9 727,67 g ekvivalentu CO₂ na 100 km, v roku 2020 8 934,34 g ekvivalentu CO₂ na 100 km, v roku 2030 7 579,62 g ekvivalentu CO₂ na 100 km a v roku 2050 5 661,96 g ekvivalentu CO₂ na 100 km. Ako uvádza Obrázok 49, najväčší vplyv na emisie skleníkových plynov má používanie uhlia a zemného plynu pri výrobe elektrickej energie. Zistili sme tiež, že napriek zvýšeniu podielu obnoviteľných zdrojov energie nemajú žiadny vplyv na emisie skleníkových plynov (vplyv OZE na emisie skleníkových plynov je zanedbateľný). Taktiež napriek veľkému podielu jadrovej energie v mixe zdrojov elektrickej energie v Európskej únii nemá žiadny vplyv na emisie skleníkových plynov.



Obrázok 50: Kumulatívna spotreba vody pri nabíjaní batérií elektrických vozidiel v Európskej únii

Na základe analýzy kumulatívnej spotreby vody pri nabíjaní batérií elektromobilov v porovnaní so spotrebou elektrickej energie z elektrickej siete sme vypočítali kumulatívnu spotrebu vody na 100 km jazdy osobného elektromobilu. Zistili sme, že pomer kumulovanej spotreby vody sa zníži z 0,0579 m³/100 km v roku 2015, 0,0541 m³/100 km v roku 2020 a 0,0505 m³/100 km v roku 2030 na 0,0442 m³/100 km v roku 2050. Keďže Obrázok 50 ilustruje, najväčší vplyv na koeficient CWU má spotreba vodnej energie, jadrovej energie, zemného plynu a pevných látok na výrobu elektrickej energie.

Zistili sme, že zvýšenie podielu zemného plynu v štruktúre výroby elektrickej energie spôsobuje zvýšenú spotrebu vody a že napriek zvýšeniu podielu ostatných obnoviteľných zdrojov energie (vietor, slnko a biomasa) stále nemajú vplyv na analyzovaný ukazovateľ. Vysoká spotreba vody pripadajúca na výrobu elektrickej energie založenú na jadrovej energii, uhlí a zemnom plyne súvisí s veľmi vysokou spotrebou vody na chladiace procesy v týchto technológiách.



Obrázok 51: Vplyv nabíjania batérií elektrických vozidiel v Európskej únii na vyčerpanie zdrojov

Na základe analýzy čerpania zdrojov pre nabíjanie batérií elektrických vozidiel sme preukázali, že tento ukazovateľ klesá z 0,29 Pt/100 km v roku 2015, 0,27 Pt/100 km v roku 2020 a 0,24 Pt/100 km v roku 2030 na 0,19 Pt/100 km v roku 2050. Obrázok 51 ukazuje, že najväčší vplyv na spotrebu zdrojov má spotreba pevných látok a zemného plynu pri výrobe elektrickej energie. Spotreba fosílnych zdrojov klesá, čo spôsobuje pokles tohto ukazovateľa, zatiaľ čo spotreba zemného plynu rastie, čo má za následok nárast ukazovateľa čerpania zdrojov.

Pokiaľ ide o analýzy všetkých environmentálnych ukazovateľov výroby elektrickej energie používanej v Európskej únii na nabíjanie batérií elektrických vozidiel, zistili sme, že všetky tieto ukazovatele klesajú. Je to spôsobené najmä znížením podielu fosílnych zdrojov na výrobe elektrickej energie. Pokiaľ však ide o zvýšenie podielu zemného plynu, má to vplyv na zvýšenie ukazovateľov environmentálnej účinnosti a najmä na čerpanie zdrojov (surovín, t. j. fosílnych palív a nerastných surovín) a emisií skleníkových plynov.

Analýza vplyvu využívania obnoviteľných zdrojov energie na výrobu elektrickej energie ukázala, že najekologickejším zdrojom energie je veterná energia. Na druhej strane analýza vodnej energie odhalila jej negatívny vplyv na kumulatívnu spotrebu vody. V porovnaní s elektrickou energiou z vetra sú environmentálne ukazovatele stanovené pre výrobu elektrickej energie na báze slnečnej energie tiež vyššie.

Na základe našej analýzy LCA životného cyklu výroby elektrickej energie v elektrickej sieti na účely nabíjania batérií elektrických vozidiel sme dospeli k nasledujúcim zisteniam:

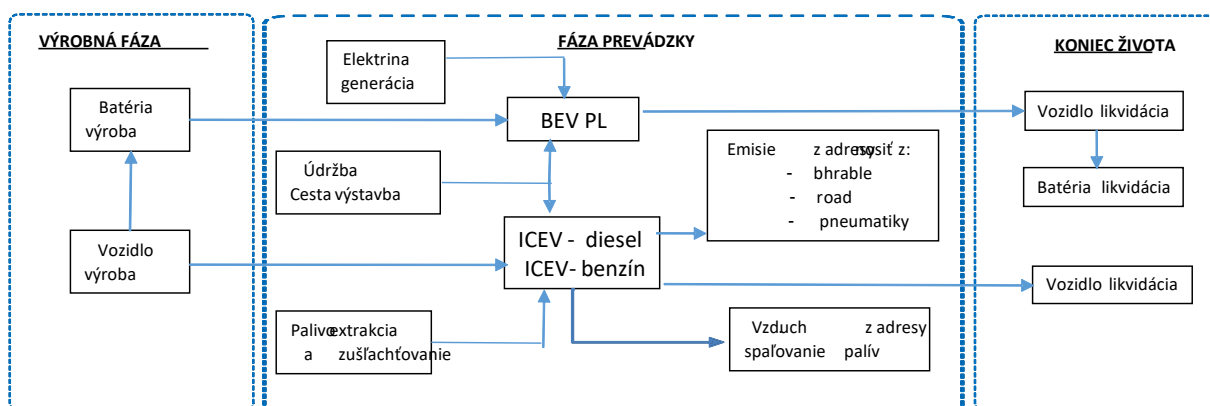
- Vo väčšine krajín Európskej únie sa zistilo, že analyzované environmentálne ukazovatele v jednotlivých rokoch analýz (od roku 2015 do roku 2050) klesajú.
- Rozhodujúcimi faktormi emisií skleníkových plynov z výroby elektrickej energie sú fosílny zdroje a spotreba zemného plynu. Ostatné zdroje energie používané v krajinách EÚ majú na emisie skleníkových plynov malý vplyv.
- Ukázalo sa, že najväčší vplyv na ukazovateľ CWU v dôsledku výroby elektrickej energie má spotreba vodnej energie, jadrovej energie, zemného plynu a pevných palív. Vysoký ukazovateľ spotreby vody, ktorý možno pripísať výrobe elektrickej energie založenej na technológiách jadrovej energie, uhlia a zemného plynu, súvisí s vysokou spotrebou vody na chladiace procesy, ktoré tieto technológie vyžadujú.
- Najväčší vplyv na vyčerpanie zdrojov má spotreba fosílnych zdrojov a zemného plynu pri výrobe elektrickej energie. Zníženie spotreby uhlia v štruktúre výroby elektriny má pozitívny vplyv na vyčerpanie zdrojov, zatiaľ čo zvýšenie spotreby zemného plynu v nasledujúcich rokoch v niektorých krajinách EÚ negatívne ovplyvňuje životné prostredie tým, že vyvoláva zvýšenie ukazovateľa vyčerpania zdrojov.
- Analýza vplyvu využívania obnoviteľných zdrojov energie pri výrobe elektrickej energie na životné prostredie ukázala, že najekologickejším zdrojom energie je veterná energia.

- Emisie skleníkových plynov a vodná stopa sú pri nabíjaní batérií elektrických vozidiel pomocou obnoviteľných zdrojov energie nižšie ako pri iných zdrojoch. Z toho vyplýva záver, že krajiny Európskej únie by sa na účely nabíjania batérií elektrických vozidiel mali jednoznačne spoliehať na obnoviteľné zdroje energie.

4.4 POROVNÁVACIA ANALÝZA ŽIVOTNÉHO CYKLU BENZÍNOVÝCH ICEV, DIESELOVÝCH ICEV A BEVS - PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

PREDPOKLADY

Porovnali sme tu vplyvy vozidiel so spaľovacím motorom (ICEV) na životné prostredie v porovnaní s batériovými elektromobilmi (BEV), pričom sme zohľadnili životný cyklus týchto vozidiel. Na tento účel sme analyzovali uhlíkovú stopu, vodnú stopu a stopu týchto vozidiel z hľadiska zdrojov. Systémové hranice pre životný cyklus vozidiel BEV a ICEV (poháňaných naftou a benzínom) sú uvedené na Obrázok 53. LCA sme vykonali na príklade poľského energetického mixu.

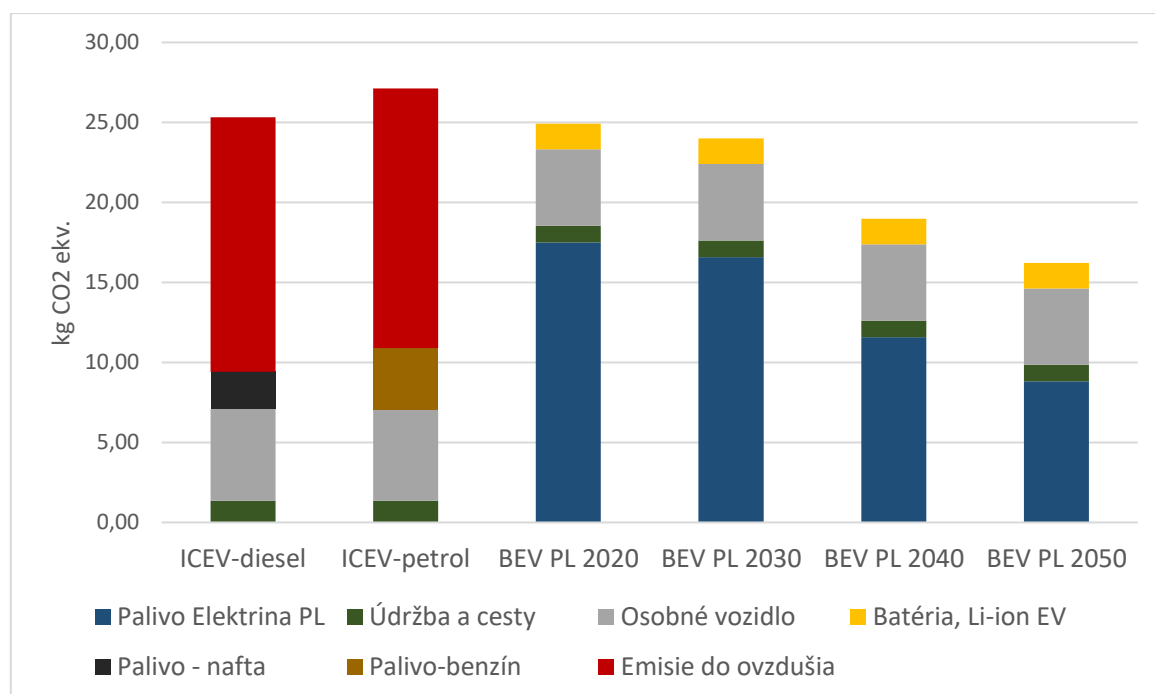


Obrázok 52: Systémové hranice pre životný cyklus vozidiel BEV a ICEV (s naftovým a benzínovým pohonom)

POROVNANIE LCA VOZIDIEL - VÝSLEDKY

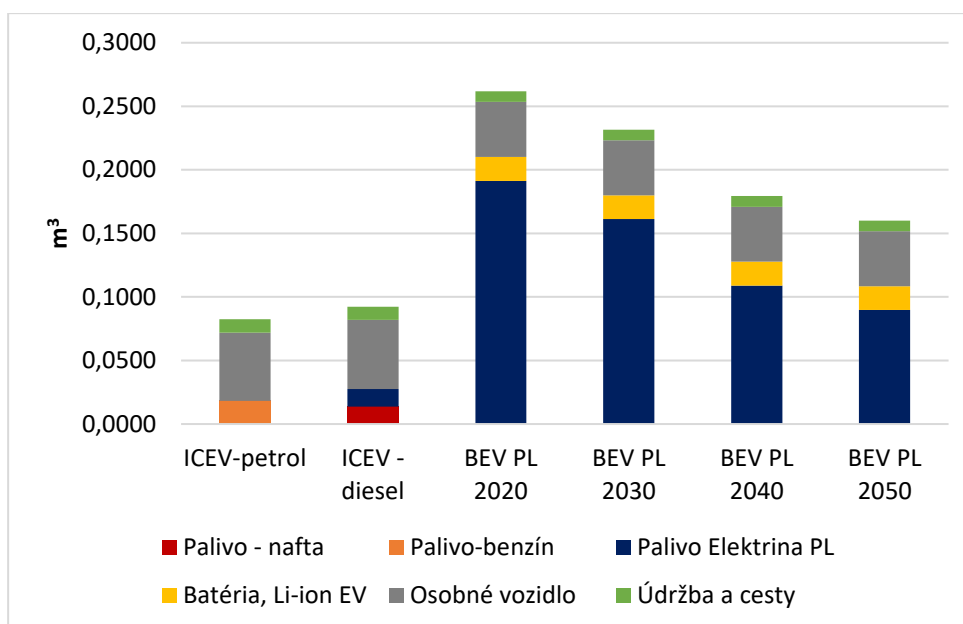
Obrázok 53 znázorňuje jednotlivé faktory ovplyvňujúce uhlíkovú stopu dieselových vozidiel ICEV, benzínových vozidiel ICEV a vozidiel BEV, ktoré sú predmetom analýzy, s ohľadom na nabíjanie batérií s využitím energetického mixu dostupného v rokoch 2020 až 2050.

Zistili sme, že súčasné a budúce ukazovatele uhlíkovej stopy vozidiel BEV v Poľsku sú nižšie ako ukazovatele dieselových vozidiel ICEV a benzínových vozidiel ICEV. V prípade vozidiel ICEV s benzínovým a naftovým motorom sú hlavným určujúcim faktorom uhlíkovej stopy priame emisie do ovzdušia vo fáze používania vozidla, zatiaľ čo v prípade vozidiel BEV je príslušným určujúcim faktorom výroba elektrickej energie.



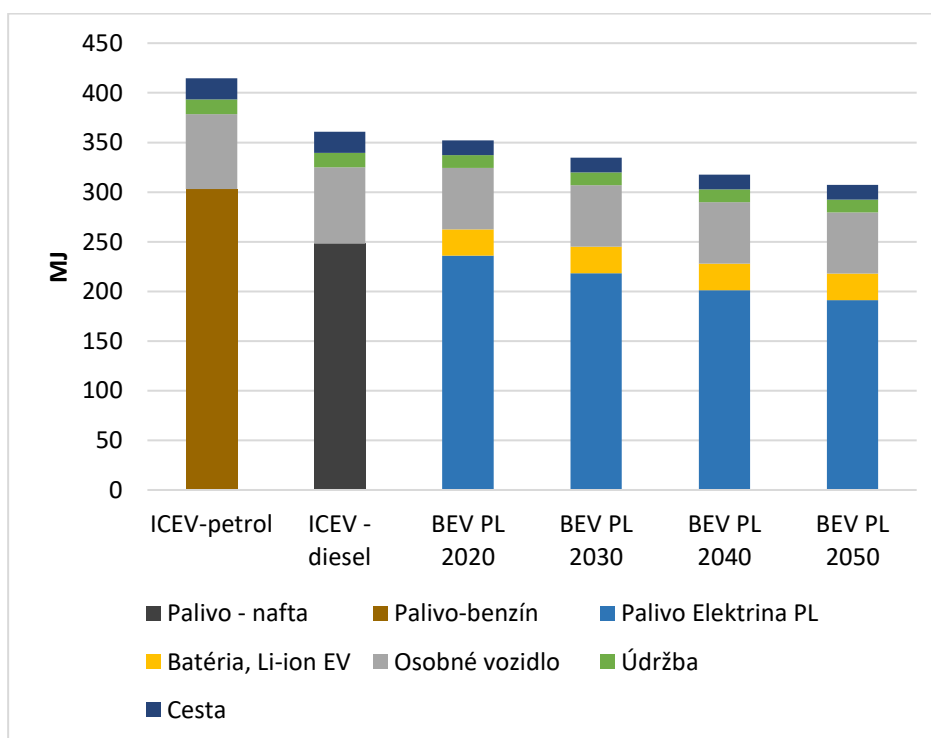
Obrázok 53: Analýza uhlíkovej stopy benzínových vozidiel ICEV, naftových vozidiel ICEV a vozidiel BEV

Obrázok 54 znázorňuje faktory ovplyvňujúce vodnú stopu dieselových vozidiel ICEV, benzínových vozidiel ICEV a vozidiel BEV, ak je proces nabíjania batérií založený na domácom energetickom mixe dostupnom v rokoch 2020-2050.



Obrázok 54: Analýza vodnej stopy benzínových vozidiel ICEV, naftových vozidiel ICEV a vozidiel BEV

Zistili sme, že súčasná aj budúca vodná stopa vozidiel BEV v Poľsku je vyššia ako vodná stopa vozidiel ICEV (Obrázok 54). V prípade vozidiel ICEV je hlavným určujúcim faktorom vodnej stopy fáza výroby vozidla, zatiaľ čo v prípade vozidiel BEV je týmto určujúcim faktorom elektrická energia.



Obrázok 55: Analýza vplyvu benzínových vozidiel ICEV, dieselových vozidiel ICEV a vozidiel BEV na zdroje

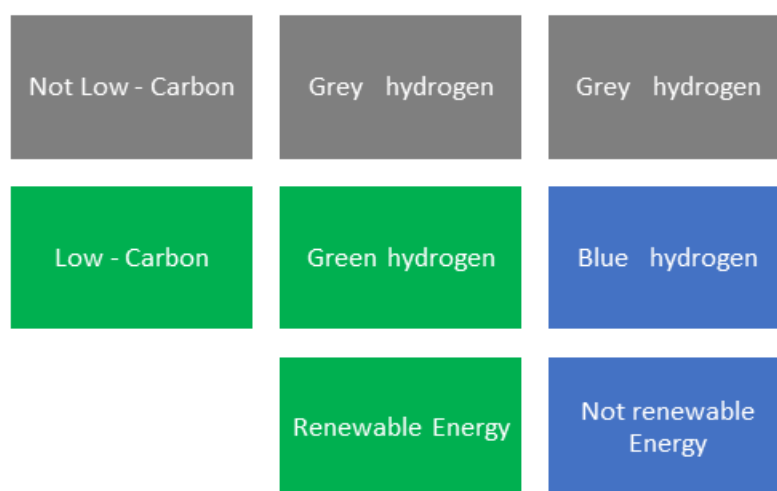
Obrázok 55 znázorňuje jednotlivé faktory ovplyvňujúce stopu zdrojov pre dieselové vozidlá ICEV, benzínové vozidlá ICEV a vozidlá BEV, ktoré sú predmetom analýzy, s ohľadom na nabíjanie batérií s využitím energetického mixu dostupného v rokoch 2020 až 2050.

Na základe analýzy sme zistili, že navrhnuté environmentálne stopy sú vhodnými a užitočnými nástrojmi, ktoré môžu slúžiť na účely rozhodovania pri posudzovaní udržateľnosti dopravy podľa prístupu životného cyklu. Na zdokonalenie týchto metód je však potrebný ďalší výskum. Takto získané environmentálne metriky možno využiť na podporu rozhodovania v obehovom hospodárstve.

4.5 POSÚDENIE ŽIVOTNÉHO CYKLU ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL S PALIVOVÝMI ČLÁNKAMI

VODÍK AKO NAJSľUBNEJŠIA MOŽNOSŤ DEKARBONIZÁCIE VOZIDIEL

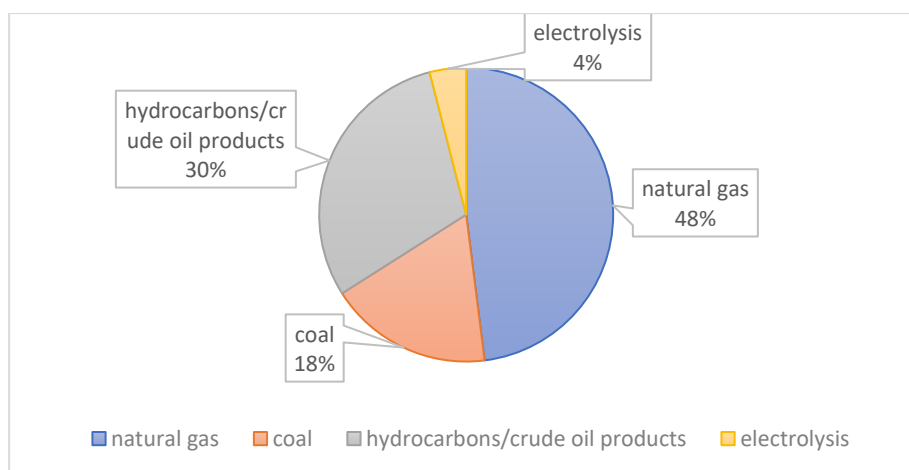
Klimatické zmeny a spotreba fosílnych palív sú hlavnými dôvodmi vedúcimi k rozvoju vodíkových technológií. Existuje mnoho postupov na výrobu vodíka z konvenčných a alternatívnych zdrojov, ako sú zemný plyn, uhlie, jadrová energia, biomasa, slnečná a veterná energia. Vodík možno získavať z rôznych zdrojov. Môže byť zelený, modrý alebo sivý (Obrázok 56).



Obrázok 56: Orientačné farby pre výrobu vodíka z neobnoviteľných a obnoviteľných zdrojov

Vodík sa môže vyrábať pomocou obnoviteľných zdrojov, ako je veterná a slnečná energia, ale môže sa vyrábať aj z fosílnych palív vrátane plynu a hnedého uhlia. Farby v tomto prípade plnia úlohu úžitkových značiek, ktoré ukazujú, ako sa vodík získal a umožňujú vládam, podnikom a komunitám posúdiť ich nevýhody v porovnaní s výhodami čistých výrobkov bez emisií:

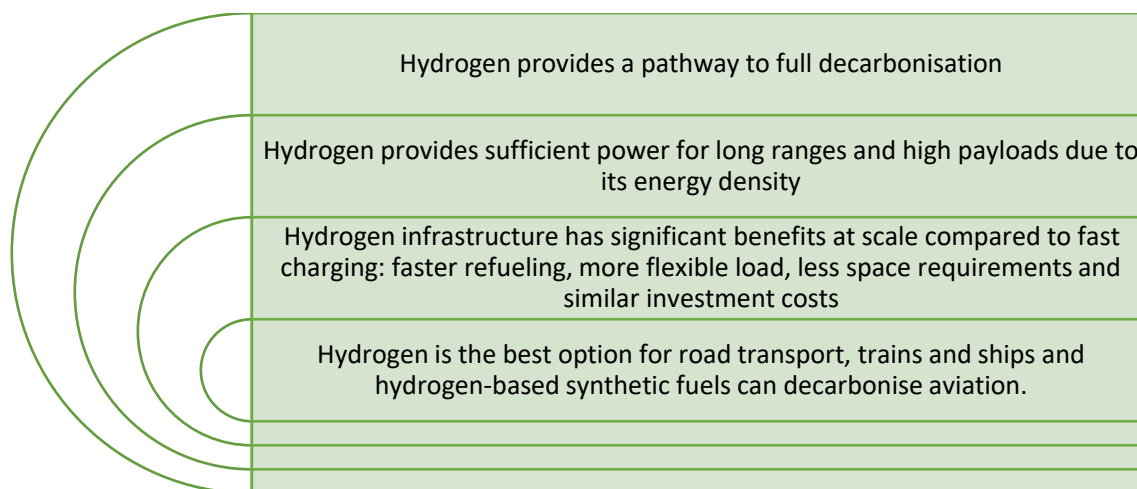
- zelený vodík sa na 100 % získava z obnoviteľných zdrojov s nulovými emisiami, ako je vietor a slnko,
- vodík je modrý, ak pri výrobe nevznikajú žiadne dodatočné emisie (napr. pri použití jadrovej energie), čo je prípad procesov využívajúcich špecifické technológie (napr. CCS) na dosiahnutie čistých nulových emisií,
- šedý vodík sa vyrába s ďalšími emisiami (zvyčajne zo zemného plynu alebo hnedého uhlia). Bohužiaľ, táto kategória predstavuje približne 95 % všetkého vodíka, ktorý sa v súčasnosti vyrába na celom svete.



Obrázok 57: Zdroje používané na výrobu vodíka

Najobľúbenejšie metódy výroby vodíka sú konverzia zemného plynu a ľahkých uhlíkovodíkov, splyňovanie uhlia a biomasy, rekuperácia koksárenského plynu, elektrolýza vody a fotobiologické procesy.

Dňa 8. júla 2020 Európska komisia v rámci implementácie Európskej zelenej dohody oznámila svoju vodíkovú stratégiu, ktorej hlavným cieľom je podporiť rozvoj výroby vodíka z OZE, konkrétne zeleného vodíka získavaného elektrolýzou s využitím obnoviteľných zdrojov energie. Vodík je zďaleka najslubnejšou možnosťou dekarbonizácie ťažkých nákladných vozidiel, autobusov, lodí, vlakov, veľkých osobných a úžitkových vozidiel zo štyroch dôvodov (Obrázok 58).



Obrázok 58: Dôvody, prečo je vodík najslubnejšou možnosťou dekarbonizácie pre rôzne vozidlá

Podľa správy na rok 2020 s názvom "*Fuelling the Future of Mobility: Hydrogen and Fuel Cell Solutions for Transportation*", ktorú vypracovali spoločnosti *Deloitte China* a *Ballard Power Systems*, sú z hľadiska emisií počas životného cyklu budúcnosťou dopravy vozidlá poháňané vodíkovými palivovými článkami.

Rastúci záujem a dopyt po vodíku, ktorý sa bežne označuje za *palivo budúcnosti*, je vyvolaný jeho rastúcou spotrebou v doprave. Vodík používaný v doprave sa vníma ako nízkouhlíkové palivo, ktoré je alternatívou k produktom na báze ropy a plynu. Vozidlá FCEV by mohli znížiť znečistenie ovzdušia, pretože podobne ako vozidlá BEV nespôsobujú priame emisie výfukových plynov.

Vodík sa považuje za palivo s nízkymi emisiami. Jedinou zlúčeninou, ktorá sa uvoľňuje z výfukového potrubia vozidla poháňaného týmto plynom, je para. Skutočné emisie súvisiace s výrobou vodíka však závisia od spôsobu jeho získavania. Vodík je jedným z najdôležitejších zdrojov čistej energie podporovaných Európskou úniou, ale na to, aby bol vodík v rámci politiky EÚ uznaný za ekologický, mal by sa vyrábať len z obnoviteľných zdrojov energie. Zatiaľ sa v Európe diskutuje najmä o priemyselnej výrobe vodíka s využitím fosílnych palív, alebo inými slovami o sivom vodíku. Výroba vodíka vykonávaná v Poľsku však doteraz využívala v značnej miere technológie na báze uhlia, a preto je potrebné, aby sa rozvíjali technológie na báze OZE, aby bol takto získaný vodík ekologický.

4.6 HODNOTENIE ŽIVOTNÉHO CYKLU ELEKTRICKÝCH VOZIDIEL S PALIVOVÝMI ČLÁNKAMI - PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

V tejto práci sme vykonali analýzu emisií skleníkových plynov elektrických vozidiel s palivovými článkami (FCEV) poháňaných vodíkom vyrobeným z uhlia. Na tento účel sme vykonali analýzy LCA pre výrobu vodíka a použili sme výsledky analýzy emisií skleníkových plynov pri výrobe a prevádzke vozidiel FCEV z literatúry.

Nasledujúce výsledky analýz emisií skleníkových plynov boli získané z literatúry pre výrobu aj prevádzku vozidiel FCEV^{45,46}:

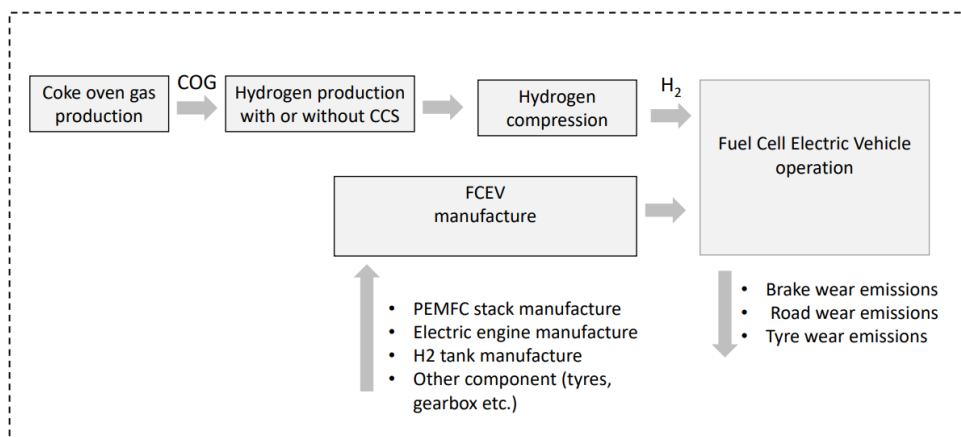
- PEMFC článok - 5 g CO₂ eq/km,
- infraštruktúra vozidla (bez PEMFC článku) - 40 g CO₂ eq/km,
- prevádzka vozidla (bez vodíka) - 10 g CO₂ eq/km.

Vykonali sme porovnávaciu analýzu emisií skleníkových plynov pre vozidlá FCEV poháňané vodíkom vyrobeným z koksárenského plynu (COG) a pre vozidlá FCEV poháňané vodíkom vyrobeným zo splyňovania uhlia. Analýza emisií skleníkových plynov pri výrobe vodíka splyňovaním zahŕňala procesy ťažby uhlia, mechanickej úpravy, prepravy uhlia do splyňovacieho zariadenia, samotného splyňovania, zachytávania CO₂ a ukladania uhlíka. Prezentované výsledky analýzy emisií skleníkových plynov pri výrobe vodíka zo splyňovania uhlia s CCS a bez CCS boli v poľských podmienkach¹⁷. Hranicu systému sme rozšírili na FCEV a získaný vodík sme aplikovali na FCEV. V našej prípadovej štúdii bola funkčná jednotka 1 km a hranica systému bola rozšírená. Analýza emisií skleníkových plynov FCEV ukázala, že emisie skleníkových plynov pri výrobe vodíka z COG boli nižšie ako pri výrobe vodíka zo splyňovania uhlia. Okrem toho vozidlá FCEV poháňané vodíkom získaným zo splyňovania uhlia (bez technológie CCS) sa vyznačovali najvyšším ukazovateľom emisií GHG, zatiaľ čo technológia splyňovania biomasy využívaná na výrobu vodíka vykazovala najnižší ukazovateľ emisií GHG - ide teda o najlepšiu alternatívu výroby vodíka.

Systémová hranica životného cyklu FCEV poháňaného vodíkom vyrobeným z koksárenského plynu je znázornená na Obrázok 59.

⁴⁵ Evtimov I. & Ivanov R. & Stanchev H. & Kadikyanov G. & Staneva G. Life cycle assessment of fuel cells electric vehicles. *Transport Problems*. 2020. Roč. 15, č. 3, s. 153-166.

⁴⁶ Valente, A.& Iribarren, D.& Candelaresi, D.& Spazzafumo, G.& Dufour, J. Použitie harmonizovaných ukazovateľov životného cyklu na preskúmanie úlohy vodíka v environmentálnej výkonnosti elektrických vozidiel s palivovými článkami. *Medzinárodný časopis o vodíkovej energii* 2020. Vol. 45. P.25758-25765



Obrázok 59: Systémová hranica životného cyklu FCEV

Naše výsledky sme porovnali so životným cyklom FCEV za predpokladu takých rôznych zdrojov vodíka, ako je zemný plyn, biomasa a elektrolýza (Tabuľka 11)^{47, 48, 49, 50,51}.

Tabuľka 11: Porovnávací analýza výsledkov pôvodných štúdií

Systém výroby vodíka	Emisie skleníkových plynov z životného cyklu vozidiel FCEV [g CO ₂ eq/km]	Zdroje
Vodík z koksárenského plynu bez CCS	156	52,17
Vodík z koksárenského plynu s CCS	97	
Vodík zo splyňovania uhlia bez CCS	215	
Vodík zo splyňovania uhlia s CCS	121	
Vodík z parného reformingu metánu	140	45
Vodík zo splyňovania biomasy	60	
Vodík z elektrolýzy - veterná energia	70	53

⁴⁷ Heo E., Kim J., Cho S.: Výber metód výroby vodíka pomocou fuzzy analytického hierarchického procesu s príležitosťami, nákladmi a rizikami. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 37, 2012, s. 17655-17662.

⁴⁸ Chang P.L., Hsu C.W., Chang P.C.: Fuzzy Delphi metóda na hodnotenie technológií výroby vodíka. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 36, 2011, s. 14172-14179.

⁴⁹ Kügemann M., Polatidis, H.: Multikriteriálna rozhodovacia analýza palív a vozidiel v cestnej doprave: Systematický prehľad a klasifikácia literatúry. *Energies*, Vol.13, Issue1, 2020

⁵⁰ Nikolaidis P., Poullikkas A.: Porovnávací prehľad procesov výroby vodíka. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 67, 2017, s. 597-611

⁵¹ Staffell I., Scamman D., Abad W.A., Balcombe P., Dodds P. E., Ekins P., Ward K. R.: The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system. *Energy & Environmental Science*, roč. 12, 2019, s. 463-491.

⁵² Piotr Fołęga, Dorota Burchart, Paweł Marzec, Simona Jursova, Pavlina Pustejovska: Potenciálne vplyvy životného cyklu elektrických vozidiel s palivovými článkami poháňaných vodíkom vyrobeným z poľského koksárenského plynu na životné prostredie, *Transport Problems*, issue 1, vol 17, 2022

⁵³ Evtimov I. & Ivanov R. & Stanchev H. & Kadikyanov G. & Staneva G. Life cycle assessment of fuel cells electric vehicles. *Transport Problems*. 2020. Roč. 15, č. 3, s. 153-166.

Emisie skleníkových plynov sa hodnotili pre vozidlá BEV, ktorých batérie sa nabíjali elektrickou energiou dodávanou z elektrickej siete, konkrétne z poľského mixu elektrickej energie^{54,55}. V prípade vozidiel BEV v Poľsku boli emisie skleníkových plynov 41,4 kg CO₂ eq/150 000 km (v roku 2015). Do roku 2050 sa očakáva zníženie týchto emisií na 25,8 kg CO₂ eq/150 000 km. V rokoch 2015 - 2050 sa emisie skleníkových plynov, ktoré možno pripísať vozidlám BEV, pohybujú v rozmedzí 172 až 276 g CO₂ eq/km v závislosti od zdroja elektrickej energie v rokoch 2015 - 2050.

Emisie skleníkových plynov z vozidiel FCEV sa pohybujú v rozmedzí od 60 do 215 g CO₂ eq/km, čo znamená, že používanie vodíka, aj keď sa vyrába z fosílnych palív, je pre dopravu lepším riešením ako elektrické vozidlá. Výnimkou je vodík zo splyňovania uhlia bez technológie CCS⁵⁶.

Vozidlá FCEV neprodujú lokálne emisie zlúčenín, ako je NO_x, ani nevypúšťajú žiadne emisie CO₂. Vo fáze z nádrže ku kolesu (TTW) sú úplne uhlíkovo neutrálne len vozidlá FCEV a BEV, zatiaľ čo iné možnosti dekarbonizácie - ako napríklad vozidlá poháňané biopalivami, zemným plynom a hybridy - nie sú. V porovnaní s naftovými a benzínovými vozidlami ICEV by sa emisie mali posudzovať rovnako ako emisie z výroby paliva vo fáze TTW a vo fáze zo zdroja do nádrže (WTT). Emisie WTT pre vozidlá ICEV zahŕňajú emisie z ťažby, prepravy, rafinácie a spracovania ropy a distribúcie na čerpacie stanice. Pokiaľ ide o BEV, emisie WTT závisia od štruktúry elektrickej energie v krajine, kde sa vozidlo zvyčajne nabíja. Výhodou vozidiel FCEV oproti vozidlám BEV je, že palivové články sú energeticky menej náročné ako batérie. Vplyv vozidiel FCEV na životné prostredie vo fáze WTT závisí od spôsobu výroby vodíka.

V tejto podkapitole sme analyzovali uhlíkovú stopu dodávateľských reťazcov vodíka pre vozidlá s palivovými článkami. Je pozoruhodné, že vozidlá FCEV nielenže znižujú emisie skleníkových plynov v porovnaní s vozidlami na benzínový pohon, ale tieto vozidlá počas svojej prevádzky nevypúšťajú takmer žiadne emisie, čo môže zlepšiť kvalitu ovzdušia, najmä v mestských oblastiach.

⁵⁴ Zhang, B., Chen, Y., Kang, B., Qian, J., Chuai, X., Peng, R., Zhang, J., Hydrogen production via steam reforming of coke oven gas enhanced by steel slag-derived CaO *International Journal of Hydrogen Energy* 2020. Vol. 45. P.13231-13244

⁵⁵ Valente, A.& Iribarren, D& Dufour, J. Harmonizácia metodických rozhodnutí pri hodnotení životného cyklu vodíka: Zameranie na acidifikáciu a obnoviteľný vodík. *Medzinárodný časopis o vodíkovej energii* 2019. Vol. 44. P.19426-19433

⁵⁶ Palivo pre budúcnosť mobility Vodíkové riešenia a riešenia palivových článkov pre dopravu. Vol. 1,

Fosílna palivá spotrebované na výrobu vodíka (t. j. zdroje vodíka založené na zemnom plyne, uhlí a elektrickej sieti), ktoré majú byť palivom budúcnosti, nemožno považovať za ekologickú alternatívu. Znížiť emisie skleníkových plynov môžu len vozidlá s palivovými článkami poháňané vodíkom vyrábaným technikami založenými na OZE - najmä veternou a vodnou energiou. LCA je užitočný nástroj na posúdenie vplyvu vozidiel s palivovými článkami využívajúcich rôzne palivá na životné prostredie. Analýza životného cyklu vodíkových vozidiel od zdroja ku kolesu preukázala, že vodík je sľubným riešením na zníženie emisií skleníkových plynov. Pokiaľ však ide o vozidlá s vodíkovými palivovými článkami, toto riešenie môže spôsobiť ešte vyššie emisie skleníkových plynov, než aké možno pripísať vozidlám so spaľovacím motorom, ak sa vodík vyrába s použitím fosílnych palív. Vozidlá na vodíkový pohon predstavujú jednu z troch hlavných možností nízkouhlíkovej dopravy spolu s vozidlami na biopalivá a elektrickými vozidlami. Na rozdiel od biopalív vodík nemá vplyv na využívanie pôdy ani na kvalitu ovzdušia; vodík tiež ponúka väčší dojazd a kratší čas nabíjania ako vozidlá BEV. Elektromobily sú však pokročilejšie ako vozidlá na vodíkový pohon, pretože majú nižšie náklady a ľahko dostupnú infraštruktúru^{57, 58}.

⁵⁷ Chen, Y.& Ding, Z.& Wang, W.& Liu, J. Posúdenie životného cyklu a simulácia scenárov štyroch schém výroby vodíka pre vozidlá s vodíkovými palivovými článkami. *China Journal of Highway and Transport* 2019. Vol. 32. No.5. P.172-180

⁵⁸ Burchart D. Aplikácia pokročilých metód environmentálneho hodnotenia životného cyklu na cesty alternatívnych palív v doprave. Monografia. Politechnika Śląska, Gliwice 2021, 170 s.

4.7 ODKAZY NA KAPITOLU



Sumarizácia

Na konci tejto kapitoly budú študenti rozumieť nasledujúcim pojmom:

- význam LCA v automobilovom priemysle,
- LCA batériových elektrických vozidiel (BEV),
- LCA elektrických vozidiel s palivovými článkami (FCEV),
- posúdenie environmentálnej stopy,
- LCA pre nabíjanie batérií elektrických vozidiel,
- uhlíková stopa, vodná stopa a stopa zdrojov energie,
- výpočtový model environmentálnej stopy pre nabíjanie batérií elektrických vozidiel,
- porovnanie LCA benzínových ICEV, dieselových ICEV a BEV,
- vodík ako najľubnejšia možnosť dekarbonizácie vozidiel.



Otázky

- Aký význam má LCA pre automobilový priemysel?
- Ako ovplyvňuje životný cyklus vozidiel BEV uhlíkovú stopu?
- Ako ovplyvňuje životný cyklus BEV vodnú stopu?
- Aké sú zdroje výroby vodíka?
- Čo je to environmentálna stopa?
- Ako jednotlivé zdroje energie ovplyvňujú environmentálnu stopu?
- Aké sú výsledky LCA benzínových ICEV, naftových ICEV a BEV?
- Prečo je vodík najľubnejšou možnosťou dekarbonizácie vozidiel?

Skratky

BEV - batérové elektrické vozidlá

CCS - zachytávanie a ukladanie uhlíka

CF - uhlíková stopa

CWU - kumulatívna spotreba vody

DALY - roky života prispôsobené zdravotnému postihnutiu

EF - ekologická stopa

FCEV - elektrické vozidlá s palivovými článkami

FU - funkčná jednotka

GHG - emisie skleníkových plynov

GWP - potenciál globálneho otepľovania

ICEV - vozidlá so spaľovacím motorom

LCA - hodnotenie životného cyklu

LCI - inventarizácia životného cyklu

LCIA - hodnotenie vplyvu životného cyklu

OZE - obnoviteľné zdroje energie

RF - stopa zdrojov

TTW - z nádrže po koleso

WF - Vodná stopa

WTT - zo zdroja do nádrže

5. NÁSTROJE NA POSUDZOVANIE VPLYVOV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

5. NÁSTROJE NA POSUDZOVANIE VPLYVOV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE	108
5.1 Úvod do nástrojov LCA.....	109
Čo treba zväžiť pri výbere softvéru LCA.....	110
5.2 Databázy LCI.....	111
Ecoinvent.....	112
Federálne spoločenstvá LCA	113
Databáza Carbon Minds	115
Gabi	115
Iné databázy.....	118
5.3 Softvérové nástroje LCA	120
SimaPro	121
SimaPro Collect.....	123
SimaPro Share	123
Gabi	124
OpenLCA	125
Umberto.....	127
5.4 Odkazy na kapitolu	128



Čas na štúdium: 120 minút



Ciele

AKÉ VEDOMOSTI ŠTUDENTI ZÍSKAJÚ

Študenti získajú vedomosti o rôznych databázach LCI a niekoľkých softvérových nástrojoch, ktoré možno použiť na analýzu LCA.

AKO IM POMÔŽE POCHOPÍŤ TÉMU

Študent získa prehľad o niekoľkých dostupných nástrojoch LCA a súvisiacich databázach LCI používaných na hodnotenie životného cyklu.

AKÉ ZRUČNOSTI BUDE KAPITOLA ROZVÍJAŤ

Kapitola pomôže študentom získať zručnosti a vedomosti o softvérových nástrojoch LCA, ktoré môžu byť užitočné v budúcej profesionálnej práci.

KDE ŠTUDENTI MÔŽU VYUŽIŤ VEDOMOSTI

Študenti môžu tieto poznatky využiť pri svojej budúcej práci súvisiacej s analýzou LCA a používaním softvérových nástrojov LCA a rôznych databáz LCI.



Teória

5.1 ÚVOD DO NÁSTROJOV LCA

Na pomoc pri analýze LCA je na trhu k dispozícii niekoľko softvérových nástrojov, ktoré sa dajú zakúpiť alebo sú bezplatné. Medzi nástrojmi sú značné rozdiely v oblasti používateľskej prívetivosti, princípov modelovania a obsiahnutých databáz, ktoré možno použiť.

ČO TREBA ZVÁŽIŤ PRI VÝBERE SOFTVÉRU LCA

Pri výbere softvérového nástroja LCA na použitie v projekte je potrebné zohľadniť niekoľko kritérií, aby ste si vybrali najlepšiu možnosť pre svoje potreby.

V prvom rade by ste mali určiť, aké potreby musí nástroj spĺňať. Chcete vypočítať LCA novovytvoreného výrobku alebo hodnotíte a zlepšujete už zavedený výrobok?

Po druhé, mali by ste zvážiť, či sa dodané výsledky vzťahujú na vaše podmienky:

- Ktoré softvérové prostredie máte k dispozícii?
- Bude nástroj obsluhovať jedna osoba alebo sa o údaje podelia viaceré osoby?
- Aký typ údajov je v softvéri k dispozícii?
- Bude tento nástroj používať len vaša spoločnosť, alebo sa o zdroj a výsledky podelite s ostatnými?
- Ako nástroj spolupracuje s inými možnými nástrojmi a systémami, ktoré používate vo vašej spoločnosti?
- Ako dlho budú trvať výpočty?
- Budete môcť údaje a výstupy priamo použiť na prezentáciu a ďalšie hodnotenie?
- Podporuje nástroj požadovanú certifikáciu?

Mali by ste zvážiť aj finančnú stránku:

- Vlastní už spoločnosť nástroj LCA alebo sa zakúpi nový nástroj?
- Aký máte rozpočet?
- Koľko človekohodín si vyžiada naučenie sa tohto nástroja?
- Je možné zaplatiť si kurz, ktorý vám pomôže naučiť sa tento nástroj?
- Existuje dostatok príkladov a primeraná dokumentácia k nástroju?

V neposlednom rade by ste mali zvážiť aj funkcie, ktoré softvérové nástroje LCA poskytujú. Mali by ste zvážiť týchto päť kategórií:

- Databáza - databáza použitá na výpočet a metodika je hlavným prvkom nástroja, ktorý treba zvážiť. Existuje viacero databáz, ktoré sú k dispozícii pre jeden alebo viac softvérových nástrojov LCA. Viac o databázach LCI bude opísané neskôr.
- Analýza neistoty - keďže odchýlky prostredníctvom metód štatistického modelovania môžu viesť k potenciálnym skresleniam, analýza neistoty a variability by mala byť zahrnutá do softvérových nástrojov LCA.

- Analýza citlivosti - softvérové nástroje LCA by mali obsahovať analýzu citlivosti na štúdium robustnosti výsledkov a ich citlivosti na neisté faktory. Tento krok je nevyhnutnou súčasťou konečnej interpretácie, pretože vstupný parameter pre LCA je často neistý.
- Metódy hodnotenia vplyvu - nástroje LCA by mali zahŕňať metódy používané na hodnotenie potenciálnych vplyvov na životné prostredie. Dve rozšírené a medzinárodne uznávané metódy LCA sú metóda CML 2001⁵⁹ a Eco-Indicator 99⁶⁰.
- Prezentácia - používateľsky prívetivý štýl prezentácie je pre dobrý softvérový nástroj LCA nevyhnutnosťou. Výsledky by mali byť prezentované v štruktúrovanej hierarchii a mali by umožňovať interaktivitu s prezentovanými výsledkami.

5.2 DATABÁZY LCI

Databáza LCI (Life Cycle Inventory) podporuje rôzne typy hodnotenia udržateľnosti. Existuje mnoho komerčných a bezplatných databáz LCI, ktoré obsahujú informácie a súbory údajov o jednom alebo viacerých sektoroch a ktoré možno importovať a používať pomocou predtým opísaných nástrojov. V nasledujúcom texte sa zameriame len na niektoré z týchto databáz.

Pri výbere databázy sa musíme zamerať na to, či je databáza dobre definovaná a pravidelne aktualizovaná, keďže technologický pokrok spôsobuje predčasné starnutie platnosti existujúcich údajov. Z hľadiska merania vplyvu na životné prostredie sú rozhodujúce dva parametre:

- objem, kvalita, presnosť a relevantnosť údajov, ktoré má používateľ k dispozícii v softvéri,
- používateľská prívetivosť softvérového balíka.

⁵⁹ Guinée, J., Heijungs, R., Huppes, G., Koning, A.D., Oers, L., Sleeswijk, A.W., Haes, U.D., Duin, R.V. & Lindeijer, E. 2001. Posudzovanie životného cyklu - operatívna príručka k normám ISO Ministerstvo bytovej výstavby. Územné plánovanie a životné prostredie (VROM) a Centrum environmentálnych vied, Leidenská univerzita (CML), Holandsko.

⁶⁰ Goedkoop, M., Effting, S. & Collignon, M. 2000. Ekoindikátor 99: Príručka pre projektantov: A damage-oriented method for life cycle impact assessment. Amersfoort: PRÉ Consultants.

ECOINVENT

Databáza Ecoinvent⁶¹ obsahuje približne 18 000 súborov údajov o inventarizácii životného cyklu, ktoré pokrývajú celý rad odvetví na globálnej a regionálnej úrovni:

- Ubytovacie služby - databáza obsahuje údaje o výstavbe a prevádzke turistických ubytovacích zariadení, ako aj o súvisiacom spotrebnom tovare.
- Poľnohospodárstvo, rybolov a chov zvierat - databázu tvoria súbory údajov o pestovaní plodín, výrobe oleja z plodín, podporných poľnohospodárskych činnostiach, doprave, výrobe krmív pre zvieratá, chove zvierat a konci životnosti rôznych vedľajších produktov.
- Stavebníctvo - databáza zahŕňa ťažbu, spracovanie, dopravu a výrobu stavebných nerastov a materiálov a spracovanie stavebných materiálov po skončení ich životnosti.
- Chemické látky a plasty - databázu tvorí viac ako 1900 súborov údajov, ktoré pokrývajú spektrum látok, ktoré sa následne používajú v iných odvetviach. V databáze môžeme nájsť súbory údajov o hnojivách, pesticídoch, atramentoch a farbách, plastoch a kaučuku a mnohých ďalších.
- Energia - databáza obsahuje údaje o elektrine a teple, ktoré podporujú mnoho rôznych činností, používajú sa a spotrebúvajú sa na prevádzku domácností, kancelárií a zariadení, na výrobu, dopravu a prevádzku strojov.
- Lesníctvo a drevo - databáza zahŕňa pestovanie lesov, produkciu dreva, dopravu a spracovanie dreva a podporné činnosti a koniec životnosti rôznych vedľajších produktov.
- Palivá - databáza obsahuje údaje o technológiách vydávania a spracovania, preprave surových alebo rafinovaných palív, výrobe a distribúcii najbežnejších druhov palív - fosílnych, ako je čierne uhlie, hnedé uhlie, ropa, rafinované ropné produkty a zemný plyn - obnoviteľných palív, ako je bioplyn, biometán, bioetanol, bionafta a rôzne tuhé biopalivá z biomasy.
- Infraštruktúra - databáza zahŕňa súbor údajov o mobilnej infraštruktúre v oblasti stavebníctva, dopravy, poľnohospodárstva, výroby, výroby a dopravy energie, ťažby, spracovania odpadu a hotelierstva.

⁶¹ Ecoinvent Database, dostupné na <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>. Posledný prístup vo februári 2022.

- Kovy - databáza opisuje činnosti súvisiace s výrobou polotovarov z kovov, ako sú polotovary, ingoty a tyče, ako aj činnosti, ktoré vyrábajú hotové kovové výrobky. Databáza zahŕňa výrobu 35 rôznych kovov.
- Celulóza a papier - databáza obsahuje približne 160 súborov údajov, ktoré pokrývajú dodávateľský reťazec od počiatočného lesného hospodárstva až po výrobu rôznych výrobkov z papiera a lepenky a tiež spracovanie odpadového papiera a odpadovej lepenky po skončení ich životnosti.
- Textil - databáza obsahuje približne 150 súborov údajov týkajúcich sa pestovania surovín, ich spracovania a prepravy rôznych vedľajších produktov.
- Doprava - databáza obsahuje približne 600 súborov údajov týkajúcich sa výroby, údržby a prevádzky dopravných prostriedkov, infraštruktúry a spracovania po skončení životnosti.
- Odpadové hospodárstvo a recyklácia - databáza obsahuje viac ako 1600 súborov údajov týkajúcich sa zberu, triedenia, likvidácie a zhodnocovania odpadov z rôznych odvetví.
- zásobovanie vodou - databáza obsahuje viac ako 150 databáz, ktoré sa týkajú odberu, úpravy a distribúcie vody z vodovodu, spracovanej vody a vody na zavlažovanie.

Každý súbor údajov je priradený k geografickej lokalite - štátu, krajine alebo kontinentu. Geografické pokrytie závisí od kvality a dostupnosti údajov. Takmer pre každý súbor údajov existuje aj geografické umiestnenie globálne alebo umiestnenie zvyšok sveta, ktoré predstavuje priemernú celosvetovú produkciu. Globálna lokalita a lokalita zvyšok sveta sa môžu použiť v prípadoch, keď nie je požadované lokálne zastúpenie. Globálny súbor údajov je vytvorený tak, aby odrážal priemerné globálne podmienky na základe medzinárodných údajov. Ak takéto údaje neexistujú, globálna lokalita sa vytvorí ako vážený priemer dostupných lokálnych súborov údajov.

FEDERÁLNA ICA COMMONS

Federal LCA Commons⁶² je databáza poskytujúca reprezentatívne údaje LCA z USA. Databáza obsahuje súbory údajov vytvorené v rôznych vládnych agentúrach USA,

⁶²Federálne LCA Commons, dostupné na <https://www.lcacommons.gov/>, naposledy navštívené vo februári 2022.

ako sú Ministerstvo poľnohospodárstva Spojených štátov (USDA), Ministerstvo energetiky a Agentúra na ochranu životného prostredia (EPA). Okrem toho sa na podpore a tvorbe rôznych súborov údajov podieľajú aj ďalšie agentúry, ako napríklad Národné laboratórium pre obnoviteľné zdroje energie (NREL), Národné poľnohospodárske laboratórium (NAL), Lesnícka služba USA a Národný inštitút pre štandardy a technológie (NIST).

Cieľom Federal LCA Commons, ako je uvedené na ich webovej stránke⁶³, je:

1. pokročiť v oblasti federálnych údajov, výskumu a informačných systémov LCA využitím zdrojov a odborných znalostí viacerých agentúr,
2. zlepšiť konzistentnosť metód LCA vyvinutých jednotlivými agentúrami s cieľom vypracovať výsledky LCA na účely rozhodovania a zverejňovania,
3. zlepšiť prístup verejnosti a agentúr k federálnym údajom LCA v štandardizovanom formáte s možnosťou vyhľadávania zo spoločného úložiska.

Federálna databáza LCA Commons je prístupná a stiahnuteľná z webovej stránky LCA commons⁶⁴ alebo je k dispozícii pre OpenLCA.

The screenshot displays a web interface for LCA Commons. At the top, it shows the title 'coal extraction and processing - Central Appalachia, BIT, Processing' with a sub-header '21: Mining, Quarrying, and Oil and Gas Extraction / 2121: Coal Mining' and a purple 'P' icon. Below this is a descriptive paragraph about the cradle-to-gate inventory for coal production. A navigation bar contains three tabs: 'Inputs/Outputs' (selected), 'Documentation', and 'Allocation factors'. A 'Switch to table view' link is on the right. The main content area lists 'Reference product' as '1.0000e+0 sh tn coal, processed, at mine'. Under 'By-products', it lists '0.0000e+0 kg methane, captured'. Under 'Produced waste', it lists various chemical and material categories such as '2,4-DINITROTOLUENE', '2-BUTANONE, PEROXIDE (R,T) (OR) METHYL ETHYL KETONE PEROXIDE (R,T)', '2-PROPANONE (I) (OR) ACETONE (I)', 'ACETALDEHYDE, TRICHLORO- (OR) CHLORAL', 'ACIDIC AQUEOUS WST', 'AQUEOUS W/O CYANIDES', 'AQUEOUS/CYANIDES', 'ARSENIC', 'ASH', and 'BARIUM'. A 'Show 78 more' link is at the bottom of the list.

Obrázok 60: Príklad súboru údajov v LCA Commons⁶³

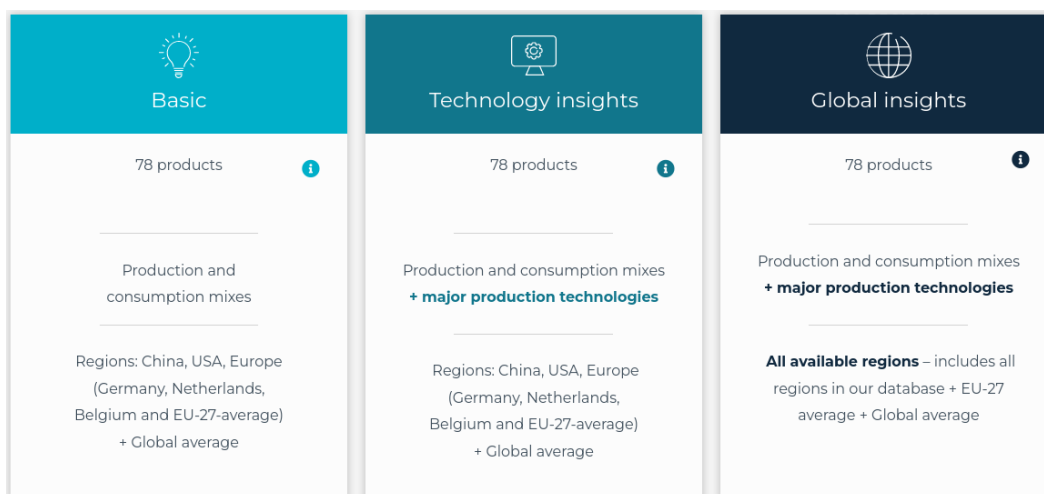
⁶³Federálne LCA Commons, dostupné na <https://www.lcacommons.gov/about-us-0>. Posledný prístup vo februári 2022.

⁶⁴Federálne LCA Commons, dostupné na <https://www.lcacommons.gov/lca-collaboration/>. Posledný prístup vo februári 2022.

DATABÁZA CARBON MINDS

Databáza Cm.chemicals od spoločnosti Carbon Minds⁶⁵ je rozsiahly súbor údajov na environmentálne hodnotenie chemických látok a plastov. Vďaka konzistentnej metodike a každoročnej aktualizácii je cm.chemicals komplexným zdrojom údajov pre štúdie hodnotenia životného cyklu chemických látok a plastov v súlade s normami ISO 14040/14044:2006/AMD 2:2020. Databáza zahŕňa viac ako 1000 výrobkov až v 190 geografických regiónoch.

Databázu Carbon Minds je možné zakúpiť ako štandardné balíky údajov - Basic, Technology insights, Global insights, ktoré pozostávajú zo 78 bežných chemických látok, alebo ako údaje na požiadanie.



Obrázok 61: Dostupné možnosti databázy Carbon Minds⁶⁴

GABI

Databázy GaBi LCA⁶⁶ ponúkajú približne 17 000 modelov procesov a plánov založených na údajoch zozbieraných spoločnosťou GaBi pri spolupráci so spoločnosťami, združeniami a verejnými orgánmi. GaBi ponúka niekoľko databáz:

- Organické medziprodukty - databáza obsahuje 184 procesov zahŕňajúcich základné produkty priemyselnej syntézy (napr. metanol, formaldehyd), oxidačné produkty etylénu (napr. etylénoxid), alkoholy, zložky polyamidov (napr. kyselina adipínová,

⁶⁵Uhlíkové mysele, dostupné na <https://www.carbon-minds.com/>. Posledný prístup Február 2022.

⁶⁶Sphera Solutions GmbH, dostupné na <https://gabi.sphera.com/databases/gabi-databases/>, naposledy navštívené vo februári 2022.

kaprolaktám, hexametyléndiamín), produkty konverzie propénu (napr. akrylonitril, acetón, epichlórhydrín, bisfenol A), aromatické látky a produkty premeny benzénu (napr. BTX, etylbenzén, styrén, kumén, cyklohexán, MSA), oxidačné produkty xylénu (napr. fatalický anhydrid, dimetyltereftalát).

- Anorganické medziprodukty - obsahuje 126 procesov zahŕňajúcich vodík, kyselinu dusičnú, kyselinu kyanovodíkovú, amoniak a mnohé ďalšie.
- Energetika - 1460 procesov zahŕňajúcich zemný plyn, elektrickú energiu, čierne uhlie, ropu, hnedouhoľné zmesi z rôznych krajín, tepelnú energiu z pary, ropu, zemný plyn z viacerých krajín a mnohé ďalšie.
- Oceľ - 33 spracovaní pokrývajúcej často používané oceľové zliatiny.
- Hliník - 86 procesov zahŕňajúcich primárne a sekundárne ingoty, vytlačované profily, hliníkové plechy a iné.
- Neželezné kovy - 13 procesov zahŕňajúcich titán, kadmium, nikel, meď, mangán, ferochróm s vysokým a nízkym obsahom uhlíka a iné.
- Drahé kovy - 28 procesov zahŕňajúcich striebro, zmes striebra, zlato, ródium, platínu, paládium a iné.
- Plasty - databáza obsahuje 107 procesov, ktoré zahŕňajú hromadné plasty (napr. PE s rôznou hustotou, PP, PS), vinylové polyméry (napr. PVC, PVAL), technické plasty (napr. ABS, PMMA, PTFE), polyamid (napr. PA 6, PA 6.6, PA 6.12), špeciálne plasty (napr. PPS, PEEK, SMA).
- Nátery - obsahuje 80 postupov pokrývajúcej rôzne rozpúšťadlové, práškové a vodné nátery, suspenzné bezfarebné nátery, plány na modelovanie automobilových a priemyselných náterov.
- Koniec životnosti - databáza obsahuje 520 procesov zahŕňajúcich granulátory, skládky, spaľovanie, dynamické modely procesov.
- Výrobné procesy - 68 procesov zahŕňajúcich obrábanie, nitovanie, hlboké ťahanie, brúsenie, lisovanie, rezanie laserom, galvanizáciu.
- Elektronika - databáza obsahuje 251 procesov zahŕňajúcich montážne linky, cievky, diódy, integrované obvody, PWB, spájkovacie pasty, kondenzátory, tranzistory, LED SMD, rezistory, cievky s krúžkovým jadrom, substráty FR4, termistory a iné.

- Obnoviteľné suroviny - 157 procesov zahŕňajúcich hnojivá a pesticídy, traktory a pasy, poľnohospodárske zariadenia, priemyselné medziprodukty, rôzne plodiny ako kukurica, pšenica, konope, ľan, repka olejná, sója a mnohé ďalšie.
- Stavebné materiály - databáza obsahuje 2640 procesov zahŕňajúcich prísady, lepidlá, betón, maltu, omietky, farby, ľahký betón z kameniva, tehly, penovú maltu, vápennopieskové tehly, stavebné dosky, drevo, izolačné materiály, tepelnoizolačné systémy, kovy, plasty, okná, osvetlenie a inštalácie, vykurovanie a vetranie, výťahy a mnohé ďalšie.
- Úprava textílií - 147 procesov zahŕňajúcich predúpravu (suché procesy, ako je spekanie, alebo mokré procesy, ako je odfarbovanie, bielenie a čistenie), farbenie a/alebo potlač (napr. kyseliny, kationové, priame, disperzné a reaktívne farbivá), konečnú úpravu, tkaniny.
- Poťahy sedadiel - 46 procesov zahŕňajúcich kožu, PET tkaninu, strihanie a šitie, syntetickú kožu, netkanú textíliu.
- Bioplasty - 128 procesov zahŕňajúcich bioplasty z rôznych zdrojov, napr. z cukrovej trstiny, kukurice, pšenice atď.
- Potraviny a krmivá - databáza obsahuje 434 procesov, ktoré predstavujú najčastejšie používané potraviny a krmivá v rôznych geografických regiónoch: plodiny a zvieratá, napr. kukurica, tapioka, repka olejná, hovädzie mäso, ovce, výroba potravinárskych výrobkov (vrátane mliečnych výrobkov, škrobu a výrobkov z obilného mlyna, cukru, mäsa, čokolády, krmiva pre zvieratá, rastlinných a živočíšnych olejov atď.) a vedľajších produktov.
- Uhlíkové kompozity - databáza obsahuje 137 postupov pre najbežnejšie výrobné a spracovateľské technológie v rôznych geografických oblastiach: Súbory údajov pre výrobu uhlíkových vlákien (CF) za rôznych technologických hraničných podmienok (štandardný proces, energeticky optimalizovaný, obnoviteľné zdroje energie) a regionálnych hraničných podmienok (výrobné zmesi Global, EU28, DE, US, JP, CN, TW, HU, KR, FR, GB, ES, BR, CA), súbory údajov pre výrobu komponentov z plastov vystužených uhlíkovými vláknami (CFRP) s termosetovou alebo termoplastickou matricou s použitím najbežnejších spracovateľských technológií, spracovateľské procesy (jednotkové procesy) pre plasty vystužené uhlíkovými vláknami na modelovanie konkrétnych reťazcov výrobných procesov.

INÉ DATABÁZY

Existuje mnoho ďalších databáz, ktoré sa môžu použiť ako zdroje pre analýzu LCA. Mnohé z týchto databáz sú podporované jedným alebo viacerými nástrojmi LCA. Ďalšie informácie nájdete v príslušnom nástroji.

DATABÁZA WEEE LCI

Databáza WEEE LCI⁶⁷ je francúzska databáza venovaná ukončeniu životnosti elektrických a elektronických zariadení, ktorá obsahuje viac ako 900 systémových procesov kombinujúcich 86 materiálov.

Databáza EXIOBASE

Databáza EXIOBASE⁶⁸ je globálna, podrobná multiregionálna environmentálne rozšírená databáza dodávok a použitia vstupov a výstupov. Databáza poskytuje údaje o sektoroch, výrobkoch, emisiách a zdrojoch pre 43 krajín a viac ako 200 kategórií výrobkov.

Databáza environmentálnej stopy

Databáza environmentálnej stopy⁶⁹ je navrhnutá na podporu používania pravidiel o kategórii environmentálnej stopy produktu (PEFCR) a pravidiel o sektore environmentálnej stopy organizácie (OEFSR). Obsahuje sekundárne súbory údajov inventarizácie životného cyklu v súlade s EF a kompatibilnú metódu hodnotenia vplyvu EF. Databáza environmentálnej stopy je súčasťou iniciatívy Európskej komisie pre jednotný trh s ekologickými výrobkami⁷⁰.

Svetová databáza potravín LCA ESU

Svetová databáza LCA potravín ESU⁷¹ obsahuje približne 1900 súborov údajov pokrývajúcich globálne vplyvy oblastí záujmu súvisiacich s potravinami, ako sú služby poľnohospodárskej výroby, výroba zeleniny, ovocia, živočíšnych produktov, rýb, mliečnych výrobkov, alternatív mäsa, základných potravín, nápojov, sladkostí, jedál, domácich spotrebičov, spotreby potravín a krmiva pre domáce zvieratá.

⁶⁷Ekosystémová databáza LCI, dostupná na <https://weee-lci.ecosystem.eco/>, naposledy navštívené vo februári 2022.

⁶⁸Konzorcium Exiobase, dostupné na <https://www.exiobase.eu/>, naposledy navštívené vo februári 2022.

⁶⁹Európska platforma pre hodnotenie životného cyklu, dostupné na <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/contactListEF.xhtml>, naposledy navštívené vo februári 2022.

⁷⁰Európska komisia, Životné prostredie. Dostupné na <https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/>, naposledy navštívené vo februári 2022.

⁷¹ESU-services Ltd. Dostupné na <http://esu-services.ch/data/fooddata/>, naposledy navštívené vo februári 2022.

Balík DATASMART LCI

Balík DATASMART LCI⁷² pozostáva zo širokej škály materiálov a procesov vrátane zmesi zemného plynu v USA, geotermálnej výroby elektrickej energie, procesov textilnej výroby, procesov spracovania odpadu z bielej techniky a elektroniky, obalov, biomateriálov a mliečnych výrobkov; pre všetkých 50 štátov USA, 13 kanadských provincií a teritórií a 10 zmesí elektrickej energie eGRID v USA.

Japonská inventárna databáza IDEA

Japonská inventarizačná databáza IDEA⁷³ je hybridná inventarizačná databáza, ktorá obsahuje štatistické údaje aj údaje o procesoch. Komplexne pokrýva takmer všetky hospodárske činnosti v Japonsku a obsahuje približne 3800 procesov, ktoré sú klasifikované najmä na základe japonskej štandardnej klasifikácie tovarov. Pokrýva mnohé odvetvia, ako napríklad: poľnohospodárstvo, lesníctvo a potravinárstvo, chemický priemysel, gumárenský priemysel a priemysel plastov, oceliarsky priemysel a priemysel neželezných kovov, textilný priemysel, elektroniku a strojárstvo, dopravné zariadenia, energetiku, vodohospodárstvo, spracovanie odpadu, stavebníctvo, maloobchodné a veľkoobchodné služby.

Databáza sociálnych hotspotov

Databáza sociálnych horúcich miest⁷⁴ poskytuje skvelý prehľad o dôležitých sociálnych miestach v dodávateľských reťazcoch výrobkov, pokrýva 140 krajín a regiónov a 57 hospodárskych odvetví. Databáza obsahuje rozsiahly zoznam ukazovateľov týkajúcich sa pracovných práv, zdravia a bezpečnosti, ľudských práv, správy vecí verejných a komunitnej infraštruktúry.

Databáza pigmentov Evah

Databáza pigmentov Evah⁷⁵ obsahuje súpis 51 pigmentov z rôznych regiónov, ktoré obsahujú 16 rôznych farebných anorganických pigmentov a 10 rôznych farebných organických pigmentov. Polovica všetkých anorganických pigmentov sa používa v tlači,

⁷²Udržateľnosť dlhej cesty, dostupné na <https://itsexperts.com/services/software/datasmart-life-cycle-inventory>, naposledy navštívené vo februári 2022./

⁷³IDEA Inventory Database for Environmental Analysis, dostupné na <http://idea-lca.com/?lang=en>, naposledy navštívené vo februári 2022.

⁷⁴Databáza sociálnych hotspotov, dostupná na <http://www.socialhotspot.org/>, naposledy navštívené vo februári 2022.

⁷⁵Inštitút Evah, dostupné na <http://www.evah.com.au>, naposledy navštívené vo februári 2022./

štvrtina v architektonických farbách a zvyšok na farbenie textílií, plastov, keramiky, smaltov, papiera, cementu, potravín, kozmetiky, liekov a automobilových výrobkov.

Databáza NEEDS LCI

Databáza NEEDS LCI obsahuje medzinárodné priemyselné údaje z inventarizácie životného cyklu budúcich systémov zásobovania elektrickou energiou (moderné fosílné zdroje, vodík, palivové články, veterná energia na mori, fotovoltaika, solárna tepelná energia, biomasa, moderná jadrová energia, energia z vln), budúce zásobovanie materiálom, budúce dopravné služby. Súbor údajov LCI dostupné v tejto databáze sú určené na použitie pri dlhodobom hodnotení environmentálnych technológií. Súbor údajov obsahujú opisné informácie o technológii.

ProBas

ProBas⁷⁶ je nemecká knižnica súborov údajov, ktorú pôvodne poskytla Nemecká spoločná agentúra pre životné prostredie (Umweltbundesamt). Obsahuje jednotkové aj agregované procesy pre nasledujúce témy: energia, materiály a produkty, dopravné služby a odpady.

Worldsteel

Worldsteel Association⁷⁷ je nezisková organizácia a priemyselné združenie, ktoré má členov v každej významnej krajine vyrábajúcej oceľ. Worldsteel zastupuje výrobcov ocele, národné a regionálne združenia oceliarskeho priemyslu a výskumné ústavy v oblasti ocele. Členovia predstavujú približne 85 % celosvetovej produkcie ocele. Databáza obsahuje globálne a regionálne údaje o LCI pre 16 výrobkov z ocele, od zvitkov valcovaných za tepla po plechy, výstuže, profily a ocele s povlakom.

5.3 SOFTVÉROVÉ NÁSTROJE LCA

Na trhu existuje mnoho softvérových nástrojov LCA, ktoré možno použiť a ktoré sú vhodnejšie ako iné, mnohé z nástrojov sú viacúčelové, niektoré sú určené pre konkrétne priemyselné odvetvia.

⁷⁶ProBas Proyessorientierte Basisdaten fur Umweltmanagementsysteme, dostupné na <https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>, naposledy navštívené vo februári 2022.

⁷⁷Svetová asociácia pre oceľ, dostupné na <https://worldsteel.org/steel-by-topic/life-cycle-thinking/>, naposledy navštívené vo februári 2022.

Na účely tohto kurzu sme vybrali niekoľko nástrojov LCA, ktoré budú podrobnejšie predstavené. Tento zoznam nástrojov LCA nie je úplný a absencia konkrétneho nástroja by sa nemala považovať za negatívne odporúčanie.

Na tieto nástroje sa pozrieme bližšie:

- SimaPro,
- GaBi,
- OpenLCA,
- Umberto.

SIMAPRO

SimaPro⁷⁸ je jedným z popredných softvérových nástrojov LCA, ktorý sa v priemysle a na akademickej pôde používa už viac ako 25 rokov. Vyvinula ho spoločnosť PRÉ Consultants.

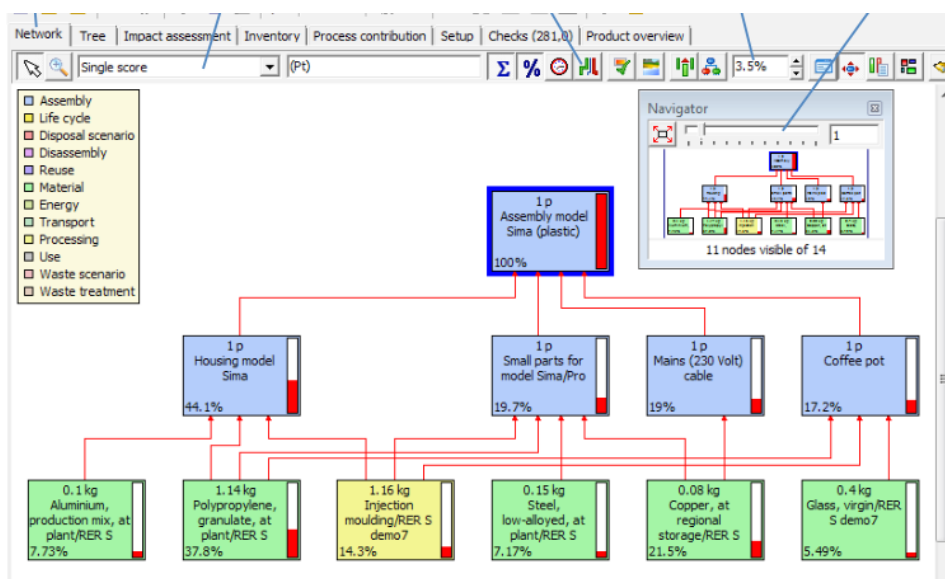
Softvér sa dá použiť na rôzne účely: podávanie správ o udržateľnosti, stanovenie uhlíkovej a vodnej stopy, navrhovanie výrobkov, generovanie environmentálnych vyhlásení o výrobkoch a určovanie kľúčových ukazovateľov výkonnosti.

SimaPro možno použiť na:

- jednoduché modelovanie a analýzu komplexných životných cyklov systematickým a transparentným spôsobom,
- meranie vplyvu výrobkov a služieb na životné prostredie vo všetkých fázach životného cyklu,
- identifikáciu dôležitých miest v každom článku dodávateľského reťazca, od ťažby surovín až po výrobu, distribúciu, používanie a likvidáciu.

Súbor nástrojov SimaPro zahŕňa klasický desktopový softvér a cloudové moduly SimaPro Collect a SimaPro Share dostupné prostredníctvom online platformy.

⁷⁸Pré Sustainability, dostupné na <https://simapro.com/>, naposledy navštívené vo februári 2022.



Obrázok 62: Příklad SimaPro⁷⁵

SimaPro obsahuje niekoľko metód hodnotenia vplyvu⁷⁹, ktoré sa používajú pri výpočte výsledkov hodnotenia vplyvu:

- Európske metódy - CML-IA, Environmentálne ceny, Ekologický nedostatok 2013, Metódy EF 3.0, EN 15804 + A2, EPD (2018), EPS 2015d a EPS 2015dx,
- Globálne metódy - IMPACT World+, LC-IMPACT, ReCiPe 2016,
- Severná Amerika - BEES, TRACI 2.1,
- Jednotlivé problémy - kumulatívna spotreba energie, kumulatívna spotreba energie, sladkovodná eutrofizácia, IPCC 2021, vybrané výsledky LCI, USEtox 2,
- Vodná stopa - AWARE, WAVE, nedostatok vody^{80, 81, 82, 83}

⁷⁹Pré Sustainability, dostupné na <https://simapro.com/wp-content/uploads/2021/12/DatabaseManualMethods930.pdf>, naposledy prístupné vo februári 2022.

⁸⁰Berger, Markus & Van der Ent, Ruud & Eisner, Stephanie & Bach, Vanessa & Finkbeiner, Matthias. (2014). Water Accounting and Vulnerability Evaluation (WAVE): Zohľadnenie recyklácie atmosférického vyparovania a rizika vyčerpania sladkej vody pri zisťovaní vodnej stopy. Environmentálna veda a technika. 48. 10.1021/es404994t.

⁸¹Boulay, Anne-Marie & Bulle, Cécile & Bayart, Jean-Baptiste & Deschênes, Louise & Margni, Manuele. (2011). Regionálna charakteristika využívania sladkej vody v LCA: modelovanie priamych vplyvov na ľudské zdravie. Environmentálna veda a technológia. 45. 8948-57. 10.1021/es1030883.

⁸²Hoekstra, Arjen & Mekonnen, Mesfin & Chapagain, Ashok & Mathews, Ruth & Richter, Brian. (2012). Global Monthly Water Scarcity: Water Footprints versus Blue Water Availability (Modrá vodná stopa verus modrá dostupnosť vody). PloS one. 7. e32688. 10.1371/journal.pone.0032688.

⁸³Motoshita, Masaharu & Itsubo, Norihiro & Inaba, Atsushi. (2011). Vývoj faktorov vplyvu na poškodenie zdravia infekčnými chorobami spôsobenými nedostatkom vody v domácnostiach. The International Journal of Life Cycle Assessment (Medzinárodný časopis o hodnotení životného cyklu). 16. 65-73. 10.1007/s11367-010-0236-8.

SimaPro obsahuje⁸⁴ (štandardne alebo na požiadanie) mnohé databázy LCI, ako napríklad Ecoinvent, Carbon minds, databázu WEEE LCI, databázu Environmental Footprint, databázu Social hotspots, balík Datasmart LCI a mnohé ďalšie.

SimaPro ponúka obchodné (Business User, Expert User a Power User) a vzdelávacie licencie (SimaPro Phd, SimaPro Classroom, SimaPro Faculty). Licencie sa líšia dĺžkou servisnej zmluvy a dostupnosťou funkcií.

SIMAPRO COLLECT

SimaPro Collect je webový nástroj na zber údajov LCA. Je určený na zber údajov od dodávateľov a iných zainteresovaných strán prostredníctvom prispôsobiteľných šablón prieskumu.

SimaPro Collect je k dispozícii prostredníctvom online platformy SimaPro. Odosielanie prieskumov je zahrnuté v balíkoch Power user, Expert user a PhD počas trvania servisnej zmluvy. Vyplňovanie prieskumov môžu vykonávať osoby s prístupom firemného používateľa k online platforme SimaPro.

SIMAPRO SHARE

SimaPro Share je webový nástroj pre odborníkov na hodnotenie životného cyklu, ktorý umožňuje vytvárať scenáre produktov a zdieľať ich so zainteresovanými stranami. Odborníci, ktorí nie sú expertmi na LCA, si potom môžu prezerat' a porovnávat' tieto scenáre "čo ak" a na vlastnej koži si vyskúšať vplyv svojich rozhodnutí s dostupnými a hmatateľnými výsledkami. SimaPro Share podporuje rozhodovanie založené na faktoch a udržateľný vývoj výrobkov tým, že umožňuje jednoduché zdieľanie výsledkov LCA.

SimaPro Share je súčasťou balíkov licencií SimaPro Power user, Expert user a PhD a je k dispozícii počas trvania servisnej zmluvy. Podnikové subjekty, ktoré budú prezerat', prispôsobovat' a porovnávat' scenáre, musia mať licenciu podnikového používateľa.

⁸⁴Pré Sustainability, dostupné na <https://simapro.com/databases>, naposledy navštívené vo februári 2022.

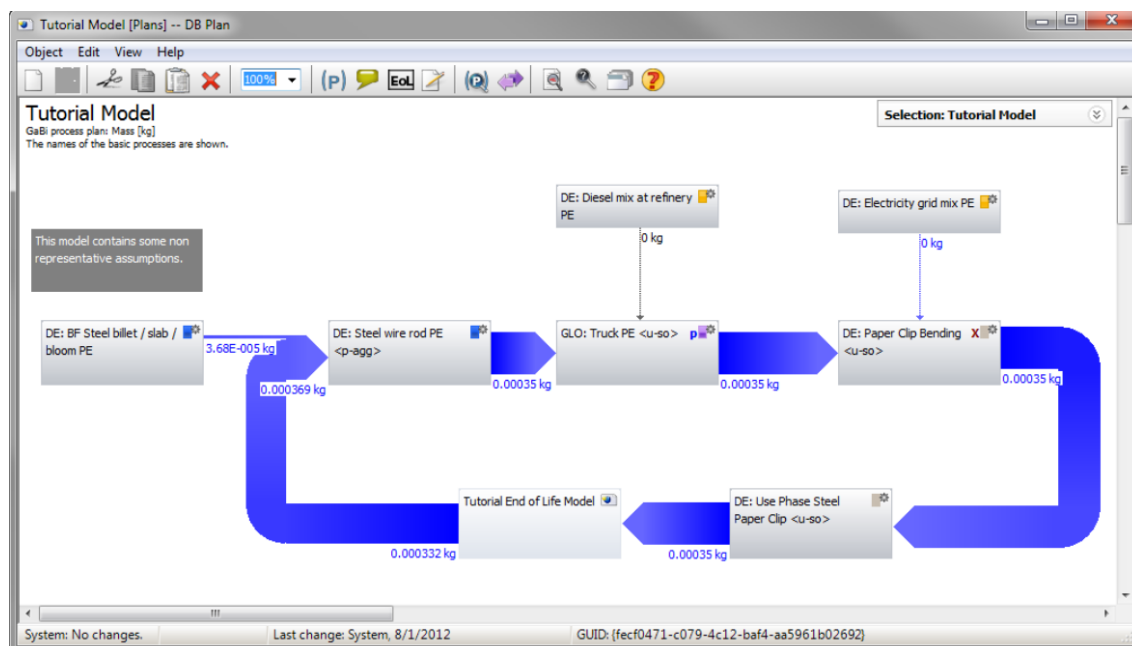
GABI

GaBi⁸⁵ Solutions má viac ako 25 ročnú históriu v poskytovaní nástrojov a konzultácií v oblasti LCA. GaBi ponúka komerčné a vzdelávacie licencie. Softvérový balík GaBi ponúka niekoľko softvérových nástrojov:

- GaBi ts - je riešenie udržateľnosti, ktoré ponúka plány výrobkov pre celý životný cyklus a výpočet výsledkov, ktoré predstavujú environmentálne vplyvy podľa vybraných súborov údajov LCI a príslušných metód LCIA. GaBi ts ponúka aj porovnanie scenárov návrhu a vykonávanie analýz typu "čo ak" s cieľom identifikovať najudržateľnejší a nákladovo najefektívnejší návrh.
- GaBi Envision - je intuitívna webová aplikácia, ktorá umožňuje používateľovi porovnávať rôzne scenáre návrhu výrobku vytvoreného v GaBi Products Sustainability Software jednoduchou zmenou parametrov modelu.
- GaBi Server - podporuje spoluprácu medzi odborníkmi na LCA tým, že poskytuje centrálnu správu databázy, pracovné postupy zabezpečenia kvality a správu práv používateľov. Používatelia pracujú s tou istou databázou, a preto môžu pracovať paralelne na tom istom modeli.
- GaBi DfX - je softvér na zabezpečenie zhody a udržateľného vývoja produktov s ohľadom na fázu ukončenia lži. GaBi DfX ponúka analýzu komplexných výrobkov, napríklad z automobilového, leteckého a elektronického sektora. Softvér má tieto funkcie: import kusovníka (Bill of materials) ako základ pre analýzu, diagram spojov na vizualizáciu poradia demontáže, správa o demontáži, analýza nákladov na recykláciu pre scenár konca životnosti a model recyklácie na modelovanie scenárov demontáže a recyklácie.

Softvérový balík GaBi využíva niekoľko už spomínaných databáz LCI, ako napríklad databázu GaBi, Ecoinvent alebo Environmental Footprints. GaBi ponúka aj prístup "Údaje na požiadanie", v rámci ktorého GaBi zostaví vlastnú databázu s požadovanými súbormi údajov.

⁸⁵Sphera Solutions GmbH, dostupné na <https://gabi.sphera.com/international/index/>, naposledy navštívené vo februári 2022.



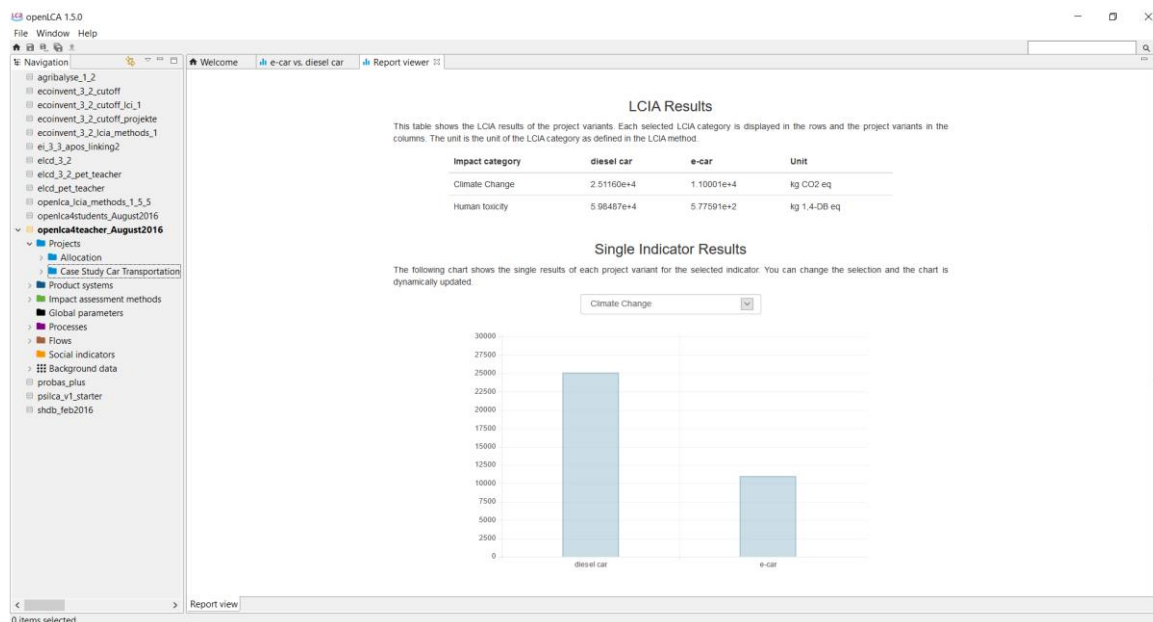
Obrázok 63: Príklad používateľského rozhrania GaBi

OPENLCA

OpenLCA je bezplatný softvér s otvoreným zdrojovým kódom pre hodnotenie udržateľnosti a životného cyklu, ktorý ponúka niekoľko funkcií, ako napríklad:

- Modelovanie štúdií LCA v súlade s medzinárodnými normami, ako sú ISO 14040 a ISO 14044:2006/AMD 2:2020.
- Systém kvality údajov definovaný používateľom alebo existujúci systém možno použiť na vizualizáciu kvality údajov vo výsledkoch inventarizácie, výsledkoch LCIA, analýze vplyvu a sankeyho diagrame. Okrem toho možno z matíc kvality údajov vypočítať aj neisté hodnoty.
- Automatické a grafické vytváranie produktových systémov.
- Simulácia neistoty pomocou simulácie Monte Carlo - pri simulácii sa zohľadňujú všetky rozdelenia neistoty, ktoré sú definované v tokoch, parametroch a charakterizačných faktoroch.
- Strom príspevkov poskytuje celkové výsledky LCI alebo LCIA pre jednotlivé úrovne v systéme výrobkov, pričom sa výsledky rozdeľujú na celkové príspevky predchádzajúcich procesov v rámci každého dodávateľského reťazca.
- Parametre možno použiť na definovanie hodnôt v openLCA. Parametre môžu byť konkrétne hodnoty, hodnoty vzorcov alebo komplexné pravidlá výpočtu.

- Pre skúsených používateľov sú k dispozícii vývojárske nástroje na spúšťanie programov v jazykoch Python a JavaScript a dotazov SQL.
- Environmentálna stopa výrobku sa dá vypočítať.
- Regionalizované posúdenie vplyvu - v novšej verzii openLCA je možné pracovať s údajmi GIS, čo umožňuje používateľovi zahrnúť tento typ údajov do miest procesu, ako aj definovať faktory vplyvu špecifické pre danú lokalitu v metóde (pomocou parametrizácie), a teda umožniť regionalizované posúdenie vplyvu.
- Pri výpočte nákladov na životný cyklus sa používa prístup založený na toku, ktorý počíta náklady na životný cyklus a pridanú hodnotu, pričom pridaná hodnota sa považuje za "záporné náklady".



Obrázok 64: príklad používateľského rozhrania openLCA - správa⁷⁹

K dispozícii je mnoho bezplatných a komerčných databáz LCA, ktoré poskytujú rôzne inštitúcie. Viac informácií a prístup k nim nájdete na stránke openLCA Nexus⁸⁶ - napríklad Ecoinvent, Federal LCA Commons, Carbon Minds cm.chemicals a mnohé ďalšie.

Balík metód OpenLCA obsahuje viac ako 40 metód, ako napríklad AWARE (na základe tokov), BEES+, CML, Crustal Scarcity Indicator, Cumulative Energy Demand, ekoindikátor 99, Ecological Scarcity 2013, Ecosystem Damage Potential, Environmental

⁸⁶OpenLCA Nexus, dostupné na <https://nexus.openlca.org/databases>, prístup február 2022.

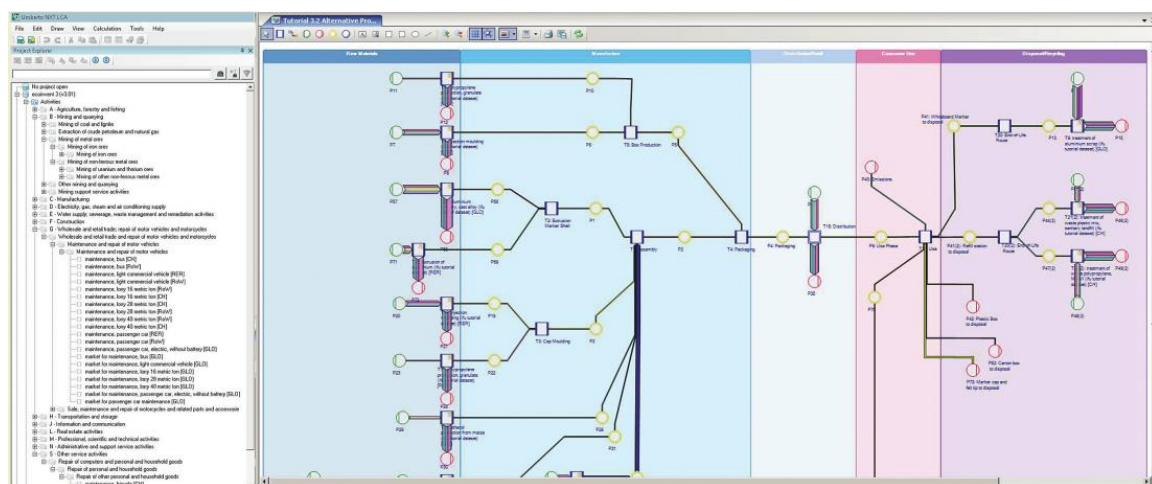
Footprint method v3.0, EN 15804 +A2, ILCD Midpoint +, IPCC 2021 AR6, ReCiPe, TRACI, USETox.

OpenLCA ponúka klientov pre viaceré platformy - MS Windows, Mac a Linux. openLCA ponúka aj LCA Collaboration Server je serverová aplikácia, ktorá dopĺňa openLCA (desktopovú aplikáciu LCA). Uľahčuje výmenu a synchronizáciu údajov LCA (napr. tokov, procesov, produktových systémov alebo celých modelov LCA) medzi používateľmi, ktorí pracujú z rôznych počítačov, čo umožňuje distribuované, spoločné modelovanie LCA. Collaboration Server zavádza do sveta LCA koncepcie zavedené v odvetví vývoja softvéru, napr. sledovanie zmien na požiadanie, ako aj porovnávanie databáz a voliteľné zlučovanie údajov. Je zatiaľ jedinečný. Collaboration Server je k dispozícii bezplatne.

UMBERTO

Umberto⁸⁷ je vyvinutý spoločnosťou ifu Hamburg (teraz iPoint). Je to softvérový balík LCA s viac ako 25 ročnou históriou. Umberto ponúka niekoľko softvérových nástrojov LCA.

Umberto LCA+ je desktopový softvér na analýzu LCA, ktorý ponúka prehľadné znázornenie procesných reťazcov prostredníctvom jasných grafických prvkov, hierarchické modelovanie prostredníctvom podsietí. Umberto LCA+ ponúka integráciu viacerých databáz LCA - Ecoinvent, cm.chemical a ďalších.

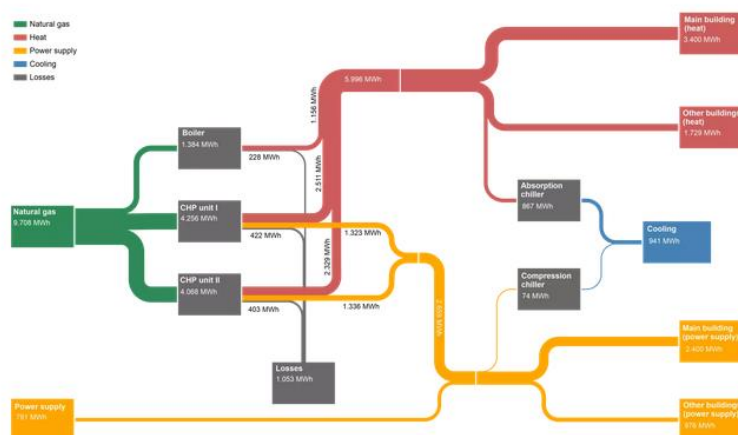


Obrazok 65: Príklad používateľského rozhrania Umberto⁸⁰

⁸⁷iPoint, dostupné na <https://www.ifu.com/umberto>, naposledy navštívené vo februári 2022.

Umberto Efficiency+ je softvérový nástroj zameraný na efektívne využívanie zdrojov a optimalizáciu procesov. Pomocou Efficiency+ môžete digitálne zmapovať všetky energetické a materiálové toky. Na vizualizáciu materiálových tokov vo vašich výrobných procesoch sa používajú Sankeyho diagramy.

e!Sankey je nástroj na vizualizáciu údajov, ktorý pomáha v mnohých rôznych oblastiach použitia, ako sú energetické audity a energetický manažment, energetické toky (energetická bilancia, energetická účinnosť), materiálové toky, prenos tepla a tepelné straty technických procesov, chemické inžinierstvo, odpadová voda a likvidácia odpadu, logistika, preprava tovaru, dodávateľský reťazec, vizualizácia nákladových tokov a hodnotových tokov.



Obrázok 66: Príklad výstupu Umberto e!Sankey⁸⁰

5.4 ODKAZY NA KAPITOLU



Sumarizácia

Na konci tejto kapitoly budú študenti rozumieť nasledujúcim pojmom:

- čo je databáza LCA,
- čo je nástroj LCA,
- v akom prostredí použiť ktorú databázu LCA,
- základné znalosti o používaní nástrojov LCA,



Otázky

- Čo je to databáza LCA?
- Prečo používať databázu LCA?
- Aké rôzne databázy LCA sú k dispozícii na použitie?
- Čo je nástroj LCA?
- Ako môže nástroj LCA pomôcť pri analýze LCA?

Skratky

ABS - akrylonitrilbutadiénstyrén

AWARE - zostávajúca dostupná voda

BEES - budovanie pre environmentálnu a ekonomickú udržateľnosť

BOM - súpis materiálu

BR - Brazília

BTX - benzén, tylén, xylén

CA - Kanada

CF - uhlíkové vlákno

CFRP - plasty vystužené uhlíkovými vláknami

CN - Čína

DE -Nemecko

EF - emisný faktor

EPA - Agentúra na ochranu životného prostredia

ES - Španielsko

FR - Francúzsko

FR4 - spomaľovač horenia

GB - Veľká Británia

HU - Maďarsko

IC - integrované obvody

ILC - Infinite Life Cycle

IPCC - Medzivládny panel pre zmenu klímy

JP - Japonsko

KR - Kórejská republika

LCA - hodnotenie životného cyklu

LCI - inventarizácia životného cyklu

LED - svetelná dióda

MSA - kyselina metánsulfónová

NAL - Národné poľnohospodárske laboratórium

NIST - Národný inštitút pre štandardy a technológie

NREL - Národné laboratórium pre obnoviteľnú energiu

OEFSR - sektorové pravidlá environmentálnej stopy

ReCIPE - recept

PA - polyamid

PEFCR - pravidlá kategórie environmentálnej stopy výrobu

PEEK - polyéteréterketón

PET - polyetyléntereftalát

PMMA - polymetylmetakrylát

PTFE - polytetrafluóretylén

PS - polystyrén

PP - polypropylén

PPS - polyfenylsulfid

PVAL - polyvinylalkohol

PVC - polyvinylchlorid

PWB - dosky s plošnými spojmi

SMA - anhydrid maleínu styrénu

SMD - zariadenia na povrchovú montáž

TRACI - nástroj na znižovanie a hodnotenie chemických látok a iných vplyvov na životné prostredie

TW - Taiwan

US - Spojené štáty americké

USDA - Ministerstvo poľnohospodárstva Spojených štátov amerických

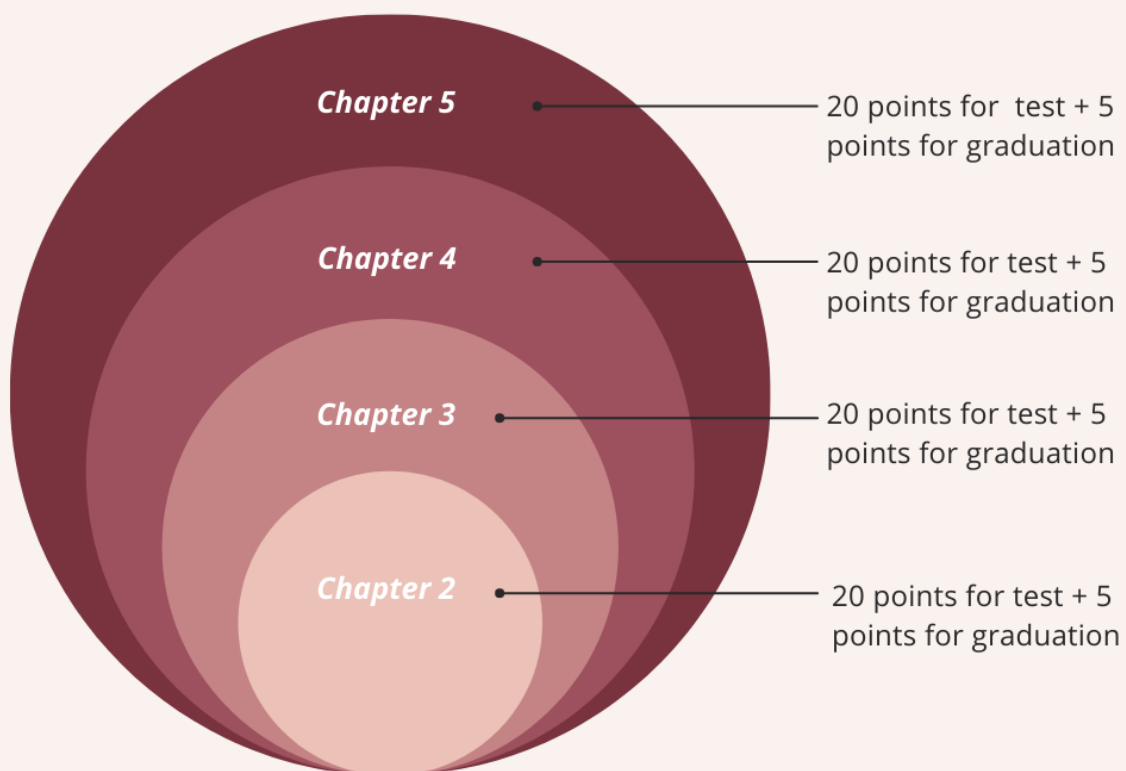
WAVE - zhodnotenie vody a zraniteľnosti



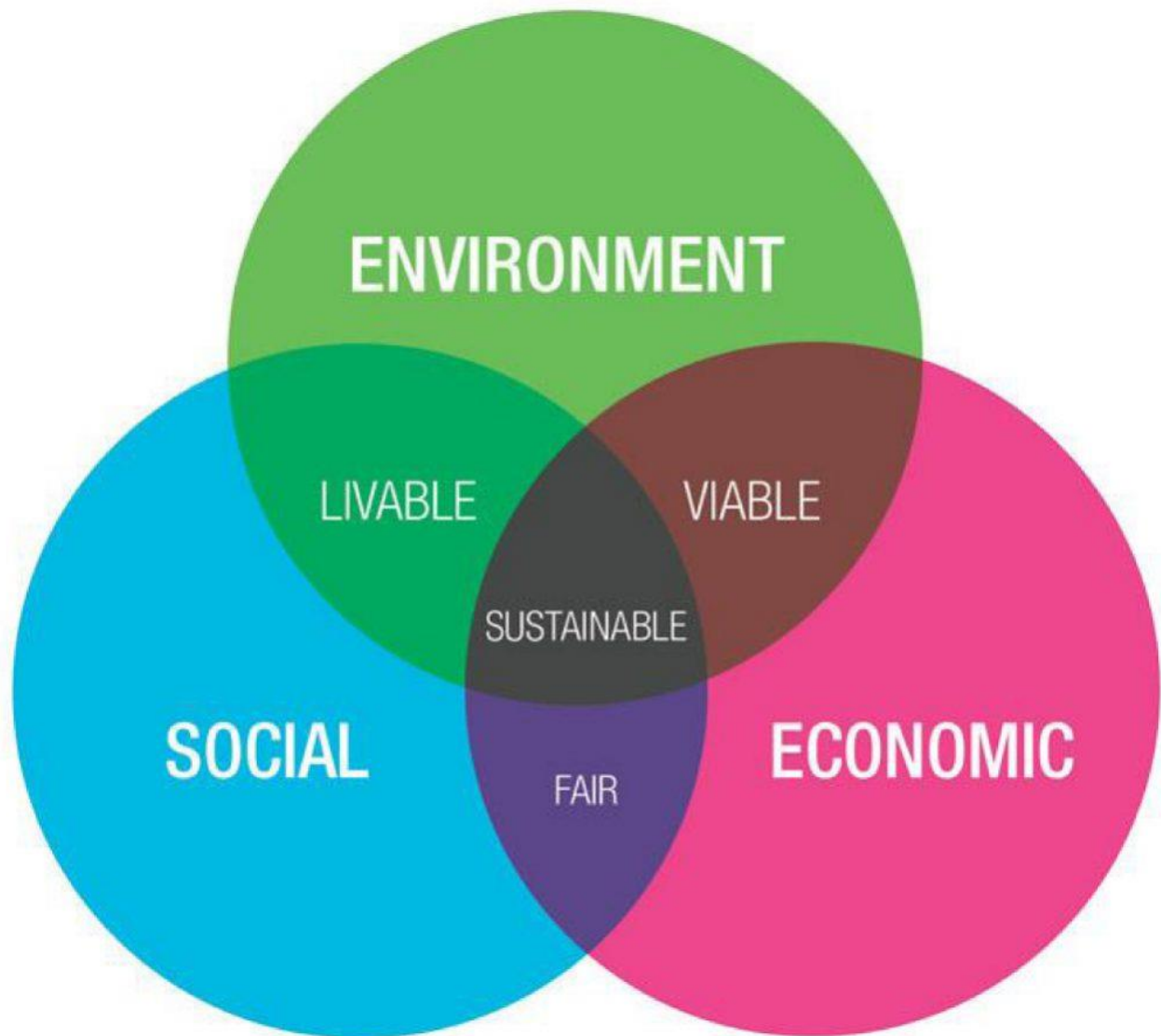
Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a postoje sú názormi a vyhláseniami autora(-ov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie alebo Európskej výkonnej agentúry pre vzdelávanie a kultúru (EACEA). Európska únia ani EACEA za ne nepreberajú žiadnu zodpovednosť.

aLIFEca	aLIFEca
Co-funded by the European Union	Spolufinancované Európskou úniou
The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.	Podpora Európskej komisie pri príprave tejto publikácie neznamená schválenie jej obsahu, ktorý vyjadruje len názory autorov a Komisia nenesie zodpovednosť za akékoľvek použitie informácií v nej obsiahnutých.

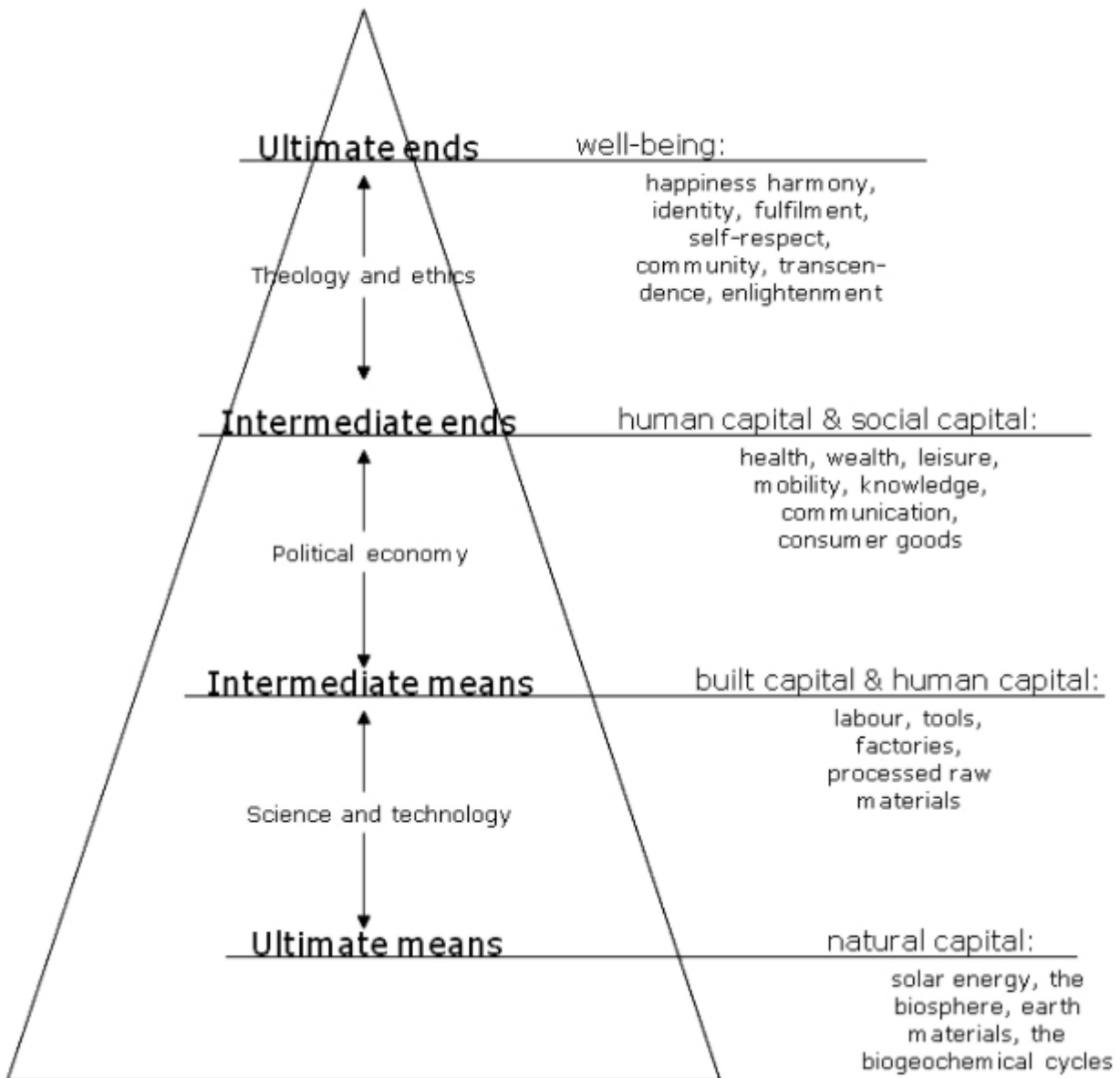
ASSESSMENT MODEL MOOC aLIFeCa



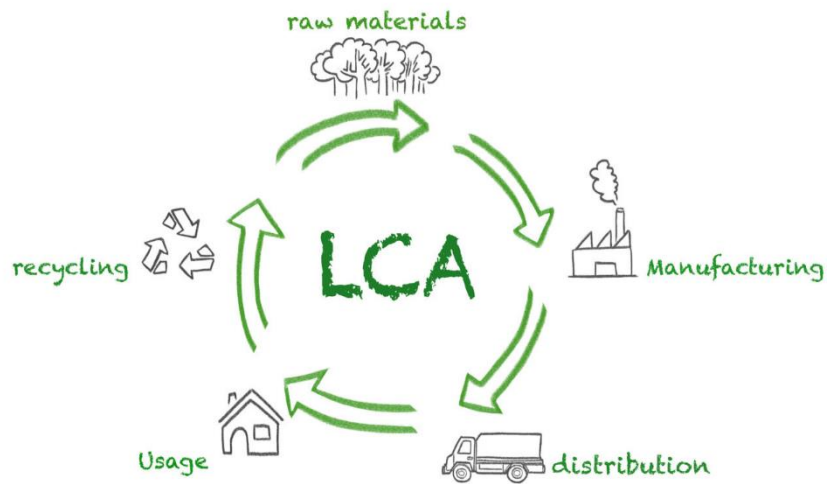
ASSESSMENT MODEL	MODEL HODNOTENIA
MOOC aLIFeCa	MOOC aLIFeCa
Chapter 2	Kapitola 2
20 points for test + 5 points for graduation	20 bodov za test + 5 bodov za úspešné absolvovanie
Chapter 3	Kapitola 3
20 points for test + 5 points for graduation	20 bodov za test + 5 bodov za úspešné absolvovanie
Chapter 4	Kapitola 4
20 points for test + 5 points for graduation	20 bodov za test + 5 bodov za úspešné absolvovanie
Chapter 5	Kapitola 5
20 points for test + 5 points for graduation	20 bodov za test + 5 bodov za úspešné absolvovanie



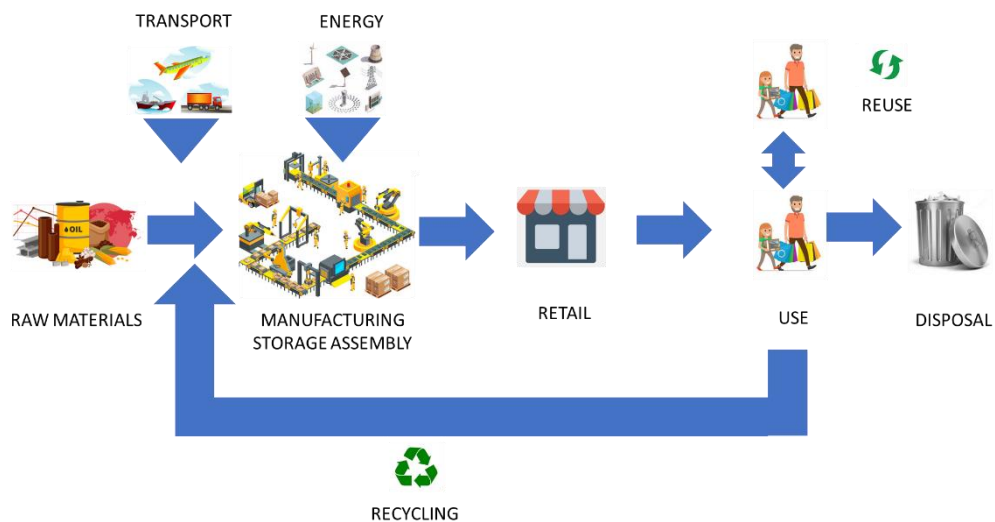
ENVIRONMENT	PROSTREDIE
LIVABLE	AKTUÁLNE
VIABLE	ŽIVOTASCHOPNE
SUSTAINABLE	UDRŽATELNÉ
SOCIAL	SOCIÁLNE
FAIR	SPRAVODLIVO
ECONOMIC	EKONOMICKY



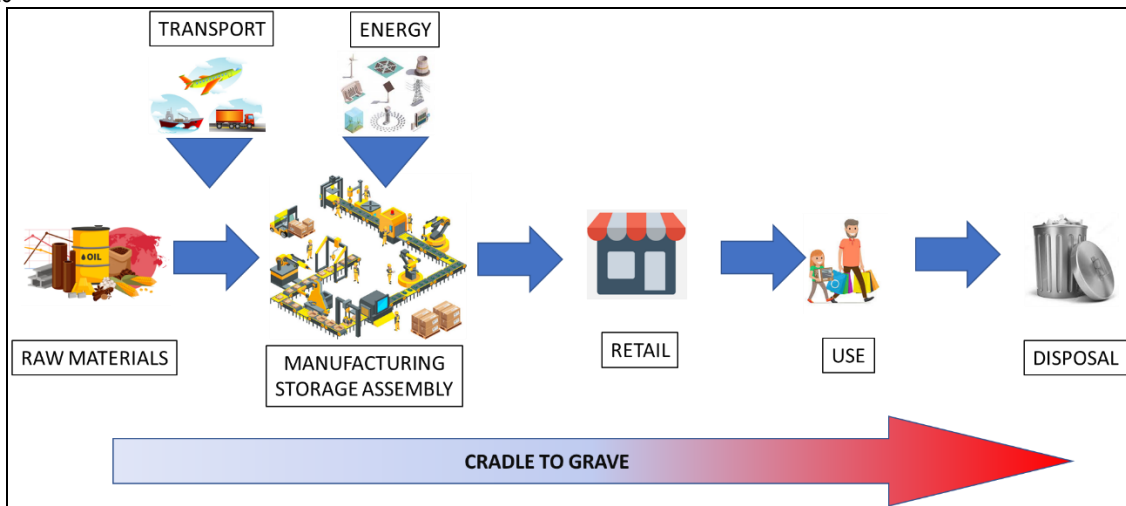
Ultimate ends	Konečné ciele
well-being:	blahobyt
happiness harmony, identity, fulfilment, self-respect, community, transcendence, enlightenment	šťastie, harmónia, identita, naplnenie, sebaúcta, spoločenstvo, transcendencia, osvietenie
Theology and ethics	Teológia a etika
Intermediate ends	Priebežné ciele
human capital & social capital	Ľudský kapitál a sociálny kapitál
health, wealth, leisure, mobility, knowledge, communication, consumer goods	Zdravie, bohatstvo, voľný čas, mobilita, vedomosti, komunikácia, spotrebný tovar
Political economy	Politická ekonómia
Intermediate means	Prostriedky na dosiahnutie cieľa
built capital & human capital	Vybudovaný kapitál a ľudský kapitál
labour, tools, factories, processed raw materials	Ľudská práca, nástroje, továrne, spracovanie nerastov
Science and technology	Veda a technika
Ultimate means	Základné prostriedky
natural capital:	prírodný kapitál/bohatstvo
solar energy, the biosphere, earth materials, the biogeochemical cycles	Slnecná energia, biosféra, nerastné zdroje, biosféra, biochemické cykly



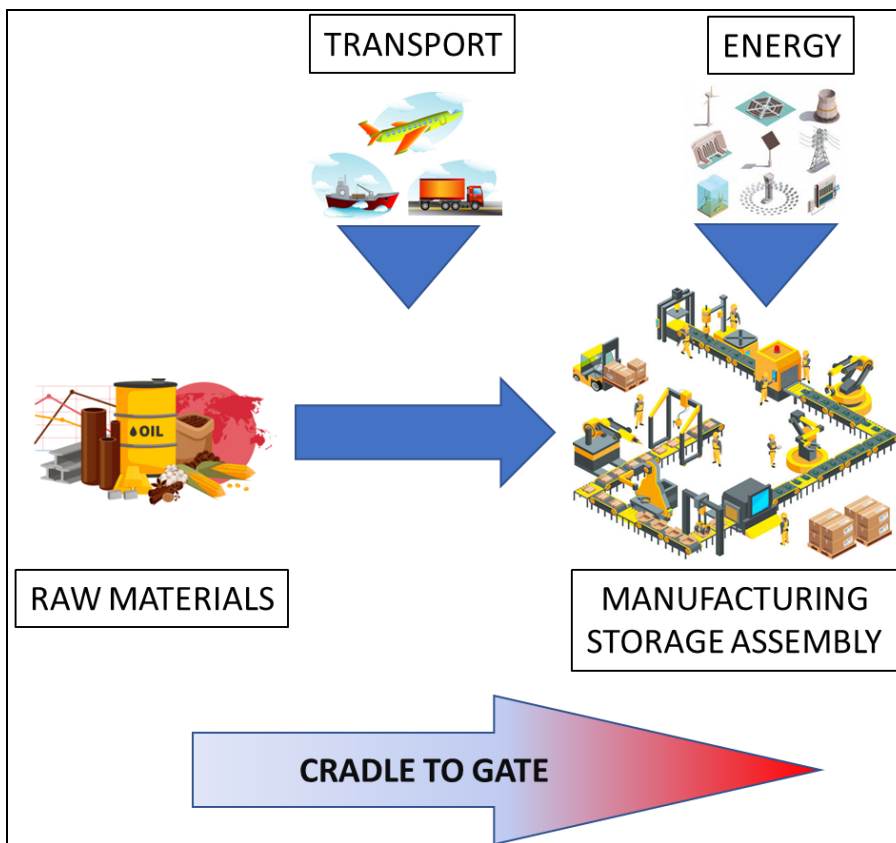
raw materials	suroviny
Manufacturing	výroba
distribution	distribúcia
Usage	spotreba, použitie
recycling	recyklácia
LCA	LCA



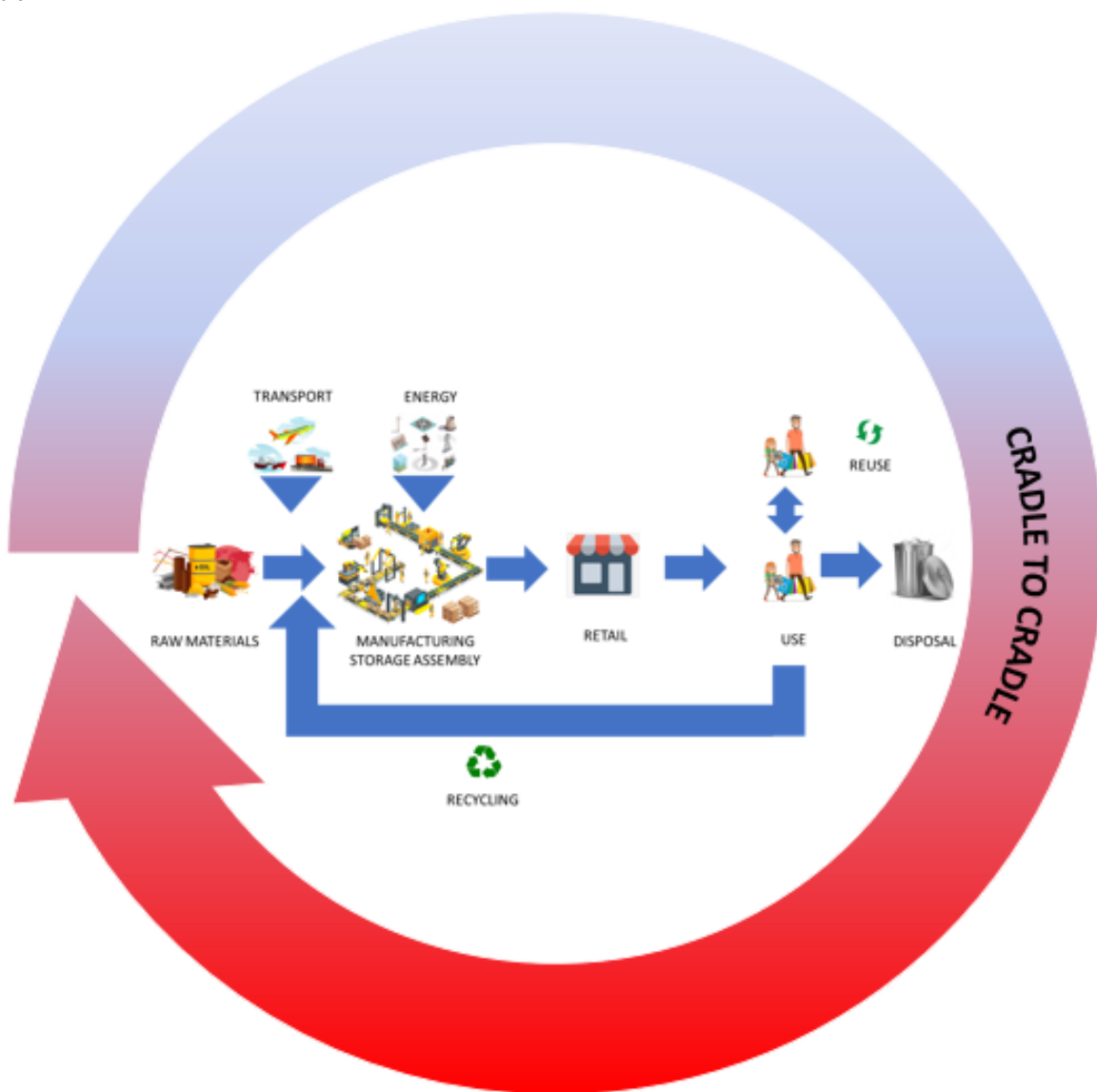
TRANSPORT	DOPRAVA
ENERGY	ENERGIA
REUSE	OPĀTOVNÉ POUŽITIE
RAW MATERIALS	ZDROJE, SUROVINY
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	PROCES VÝROBY A SKLADOVANIA
RETAIL	MALOOBCHOD
USE	SPOTREBA, POUŽITIE
DISPOSAL	LIKVIDÁCIA
RECYCLING	RECYKLÁCIA



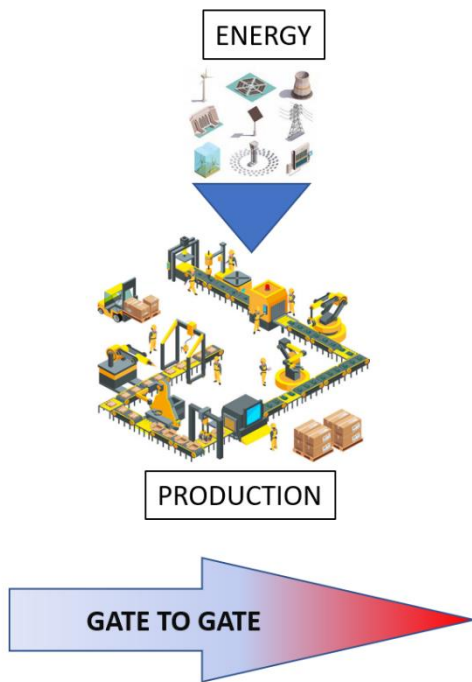
TRANSPORT	DOPRAVA
ENERGY	ENERGIA
RAW MATERIALS	ZDROJE, SUROVINY
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	PROCES VÝROBY A SKLADOVANIA
RETAIL	MALOOBCHOD
USE	SPOTREBA, POUŽITIE
DISPOSAL	LIKVIDÁCIA
CRADLE TO GRAVE	PRÍSTUP OD "KOLÍSKY PO HROB" – ZHODNOTENIE CELÉHO ŽIVOTNÉHO CYKLU



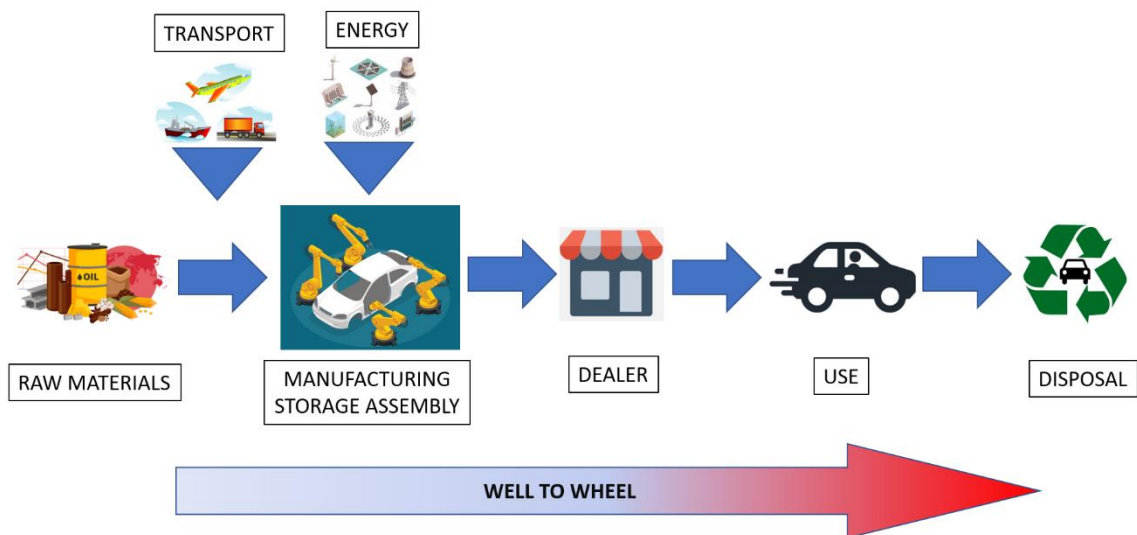
TRANSPORT	DOPRAVA
ENERGY	ENERGIA
RAW MATERIALS	ZDROJE, SUROVINY
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	PROCES VÝROBY A SKLADOVANIA
CRADLE TO GATE	PRÍSTUP OD "KOLÍSKY K BRÁNE" – CYKLUS VÝROBY A SPRACOVANIA



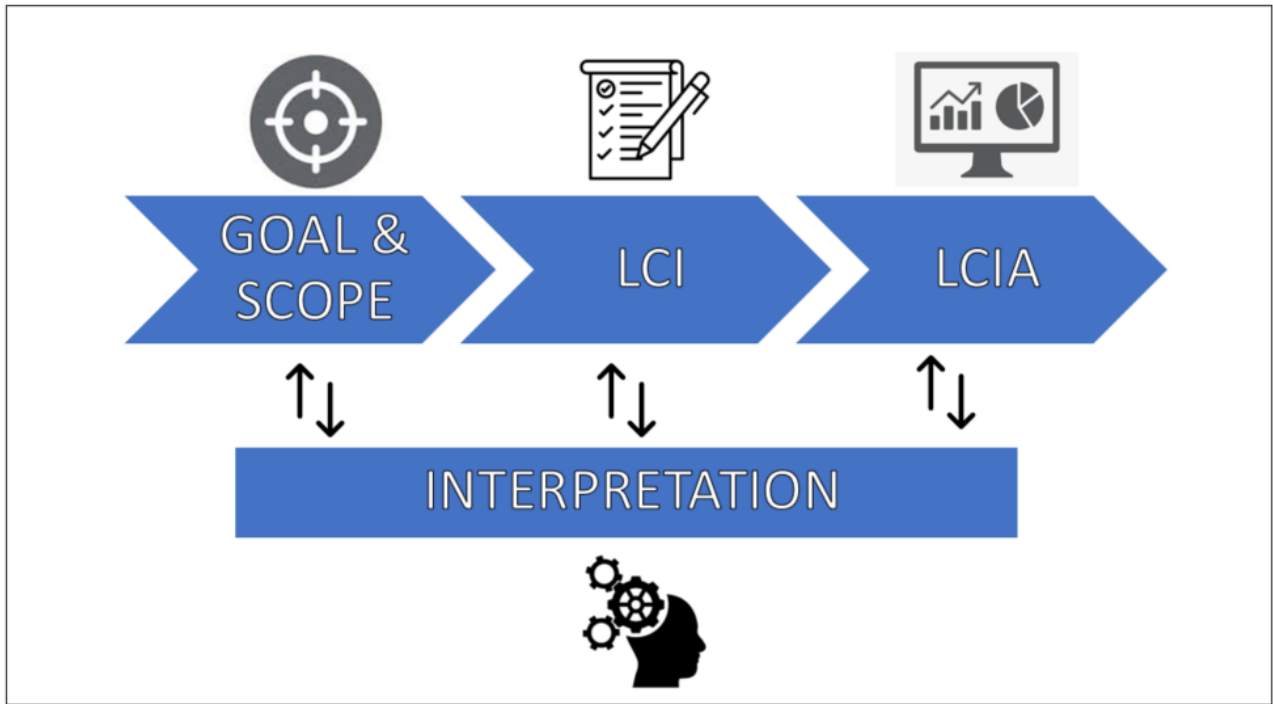
TRANSPORT	DOPRAVA
ENERGY	ENERGIA
RAW MATERIALS	OPĀTOVNÉ POUŽITIE
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	ZDROJE, SUROVINY
RETAIL	PROCES VÝROBY A SKLADOVANIA
USE	MALOOBCHOD
DISPOSAL	SPOTREBA, POUŽITIE
RECYCLING	LIKVIDÁCIA
CRADLE TO CRADLE	PRÍSTUP "OD KOLÍSKY PO KOLÍSKU" – CELÝ ŽIVOTNÝ CYKLUS S OPĀTOVNÝM VYUŽITÍM



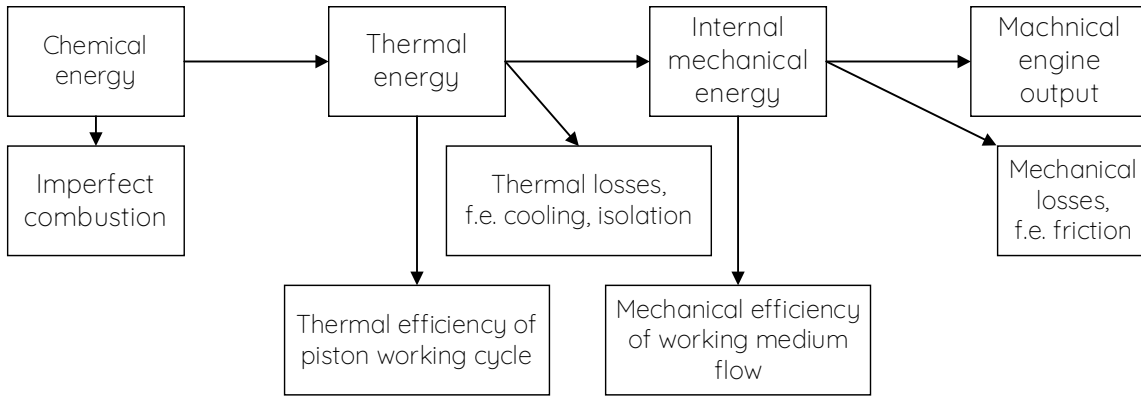
ENERGY	ENERGIA
PRODUCTION	VÝROBA
GATE TO GATE	PRÍSTUP OD BRÁNY K BRÁNE – CYKLUS SAMOTNEJ VÝROBY



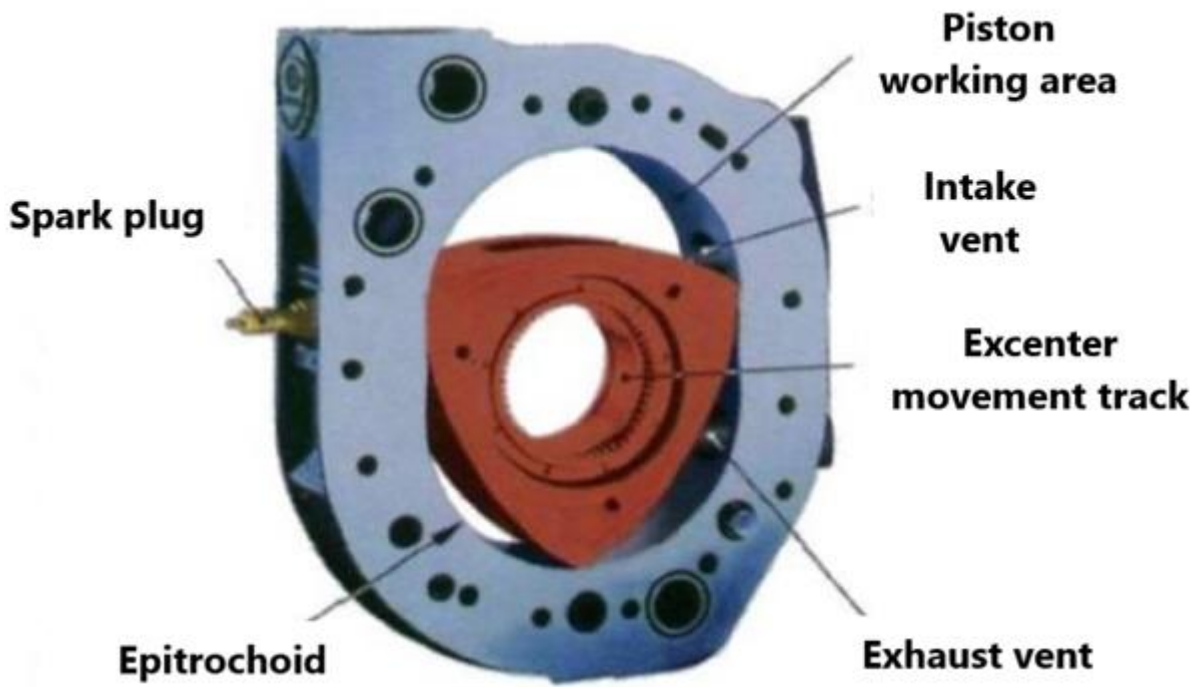
TRANSPORT	DOPRAVA
ENERGY	ENERGIA
RAW MATERIALS	ZDROJE, SUROVINY
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	PROCES VÝROBY A SKLADOVANIA
DEALER	PREDAJCA
USE	SPOTREBA, PREVÁDZKA
DISPOSAL	LIKVIDÁCIA
WELL TO WHEEL	PRÍSTUP OD ZDROJA PO KOLESO



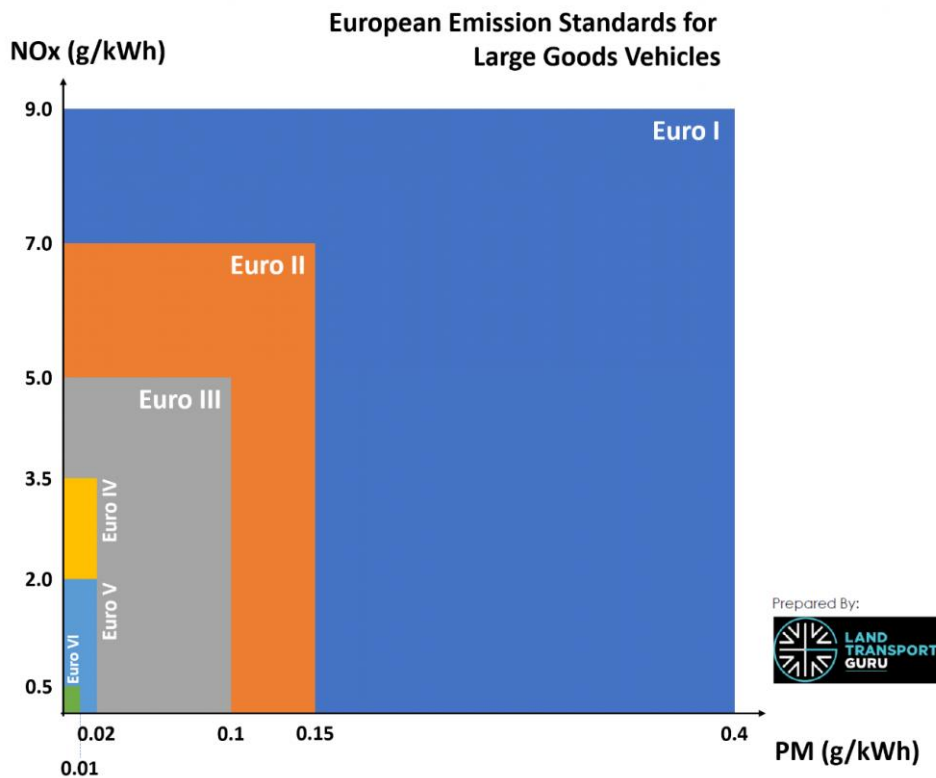
GOAL & SCOPE	CIEL' A OBSAH
LCI	LCI
LCIA	LCIA
INTERPRETATION	VÝKLAD



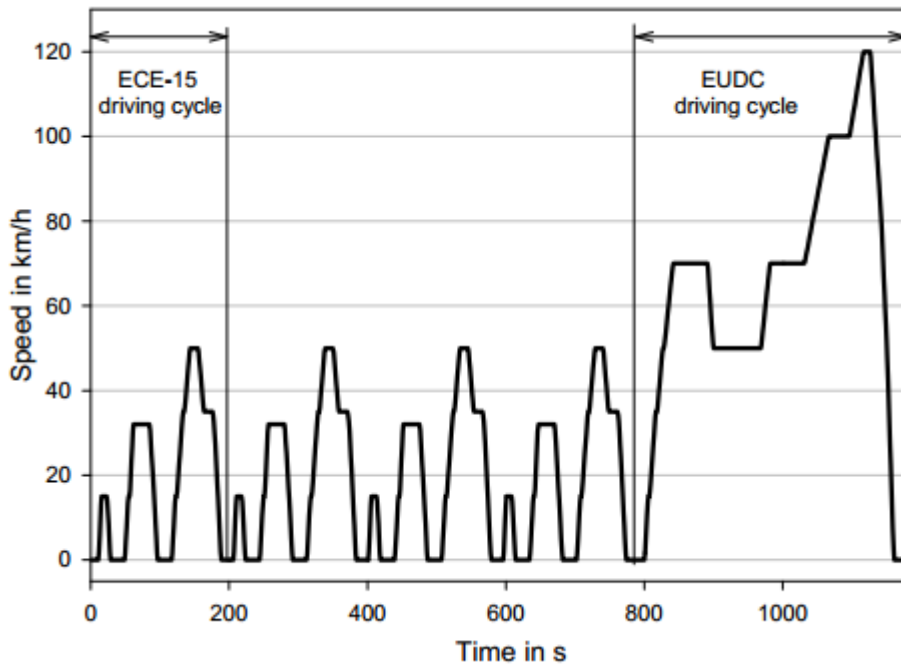
Chemical energy	Chemická energia
Thermal energy	Tepelná energia
Internal mechanical energy	Vnútorá mechanická energia
Mechanical engine output	Mechanický výkon motora
Imperfect combustion	Nedokonalé spaľovanie
Thermal losses, f.e. cooling, isolation	Tepelné straty, napr. chladenie, izolácia
Mechanical losses, f.e. friction	Mechanické straty, ako je trenie
Thermal efficiency of piston working cycle	Tepelná účinnosť pracovného cyklu piestu
Mechanical efficiency of working medium flow	Mechanická účinnosť prietoku pracovného média



Spark plug	Zapaľovacia sviečka
Piston working area	Pracovný priestor piestu
Intake vent	Sací otvor
Excenter movement track	Dráha excentra na hriadeli
Epitrochoid	Epitrochoidálna komora
Exhaust vent	Výfukový otvor

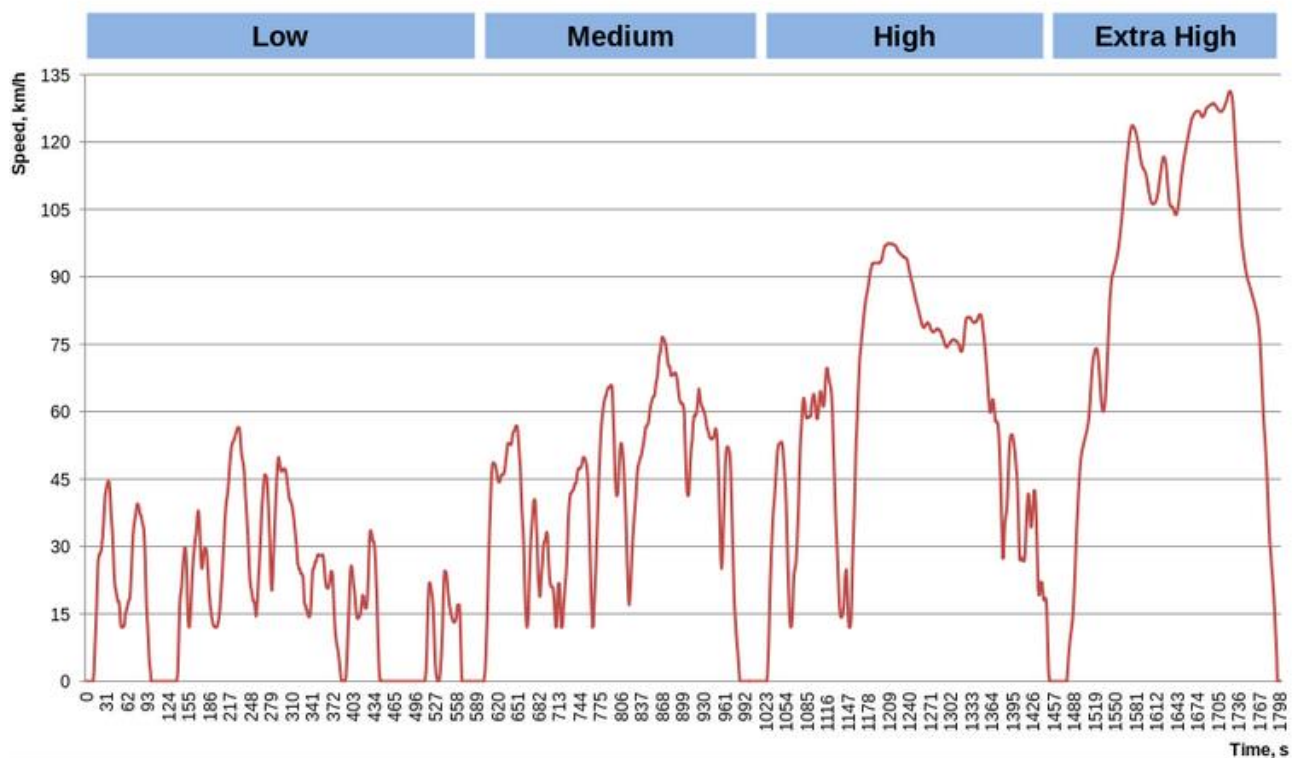


PM (g/kWh)	PM (g/kWh)
0,40	0,40
0,30	0,30
0,20	0,20
0,10	0,10
- 97 %	-97%
Euro 1	Euro 1
Euro 2	Euro 2
Euro 3	Euro 3
Euro 4	Euro 4
Euro 5	Euro 5
Euro 6	Euro 6
Euro 1 1993	Euro 1 1993
Euro 2 1996	Euro 2 1996
Euro 3 2000	Euro 3 2000
Euro 4 2006	Euro 4 2006
Euro 5 2009	Euro 5 2009
Euro 6 2014	Euro 6 2014
NOx (g/kWh)	NOx (g/kWh)
- 95 %	-95%

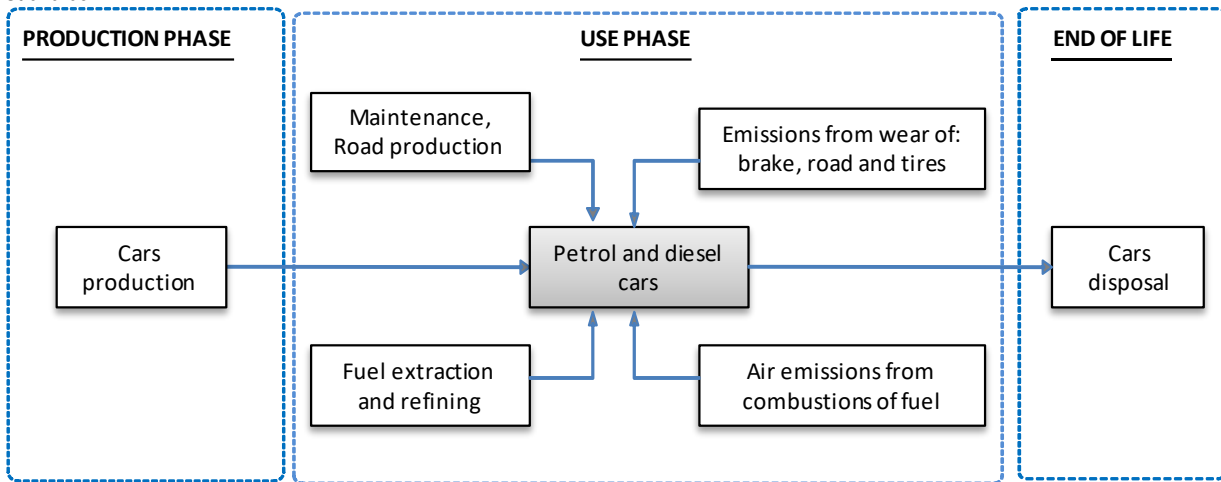


ECE-15 driving cycle	Jazdný cyklus ECE-15
EUDC driving cycle	Jazdný cyklus EUDC
Speed in km/h	Rýchlosť v km/h
Time in s	Čas v s

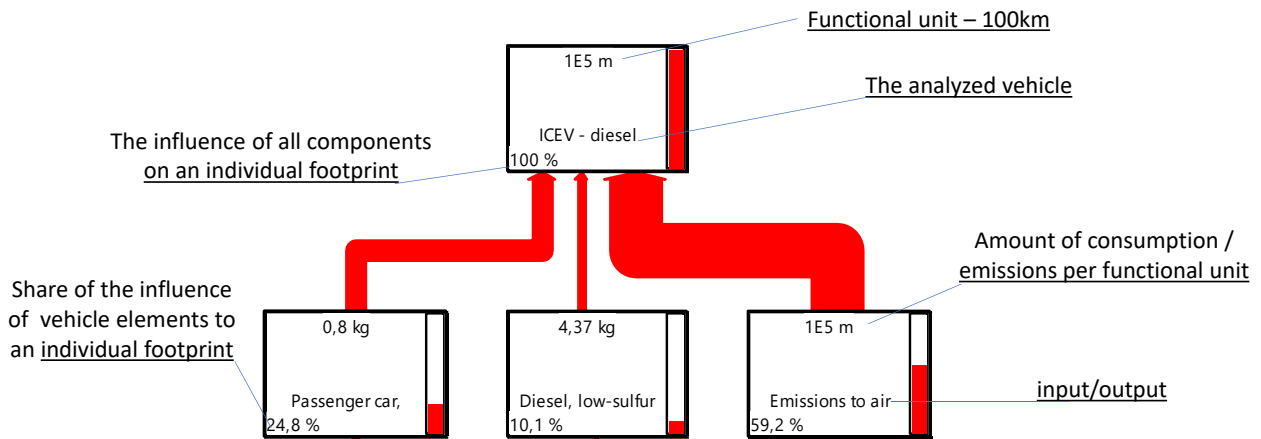
WLTC Class 3



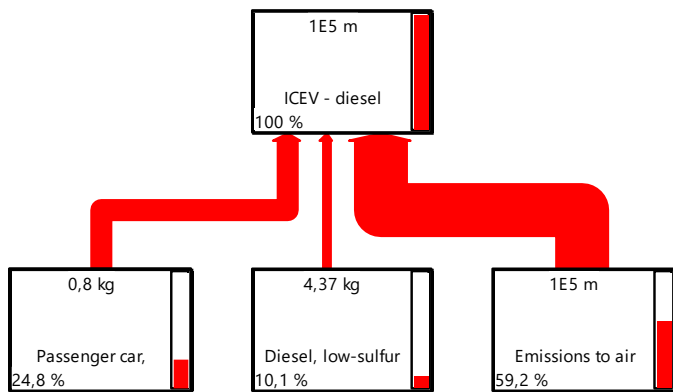
WLTC Class 3	Trieda 3 WLTC
Low	Nízka fáza
Medium	Stredná fáza
High	Vysoká fáza
Extra High	Extra vysoká fáza
Speed, km/h	Rýchlosť, km/h
Time, s	Čas, s



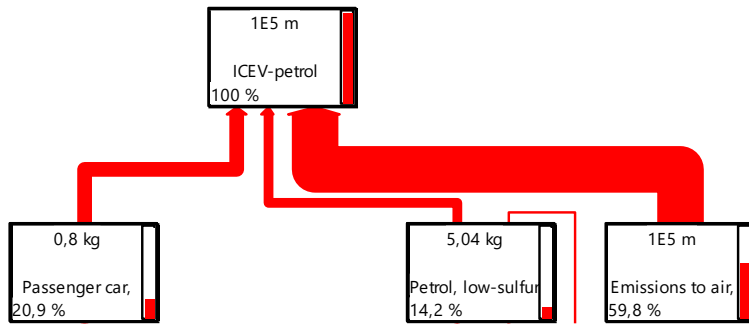
PRODUCTION PHASE	VÝROBNÁ FÁZA
Cars production	Výroba automobilov
USE PHASE	FÁZA POUŽITIA
Maintenance, Road production	Údržba a stavba ciest
Emisions from wear of: brake, road and tires	Emisie z opotrebovania brzd, vozovky a pneumatík
Petrol and diesel cars	Vozidlá s benzínovým a naftovým motorom
Fuel extraction and refining	Ťažba a rafinácia palív
Air emissions from combustions of fuel	Emisie zo spaľovania paliva
END OF LIFE	KONIEC ŽIVOTNÉHO CYKLU
Cars disposal	Likvidácia automobilov



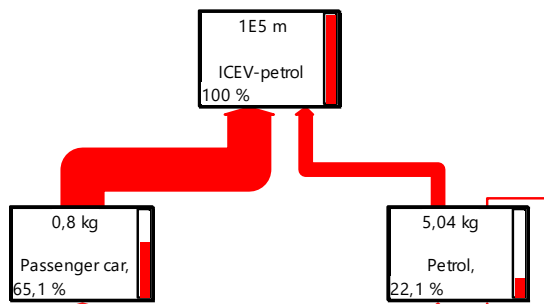
The influence of all components on an individual footprint	Vplyv všetkých zložiek na individuálnu stopu
1E5 m	1E5 m
ICEV - diesel	Vozidlo s naftovým spaľovacím motorom
100 %	100%
Functional unit-100km	Vyjadrovacia jednotka: 100 km
The analyzed vehicle	Analyzované vozidlo
Share of the influence of vehicle elements to an individual footprint	Podiel vplyvu prvkov vozidla na vyjadrovaciu jednotku
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobné automobil
24,8 %	24,8%
4,37 kg	4,37 kg
Diesel, low-sulfur	Motorová nafta s nízkym obsahom síry
10,1 %	10,1%
1E5 m	1E5 m
Emissions to air	Emisie do ovzdušia
59,2 %	59,2%
Amount of consumption / emissions per functional unit	Množstvo spotreby/emisií na funkčnú jednotku
input/output	Vstup/výstup



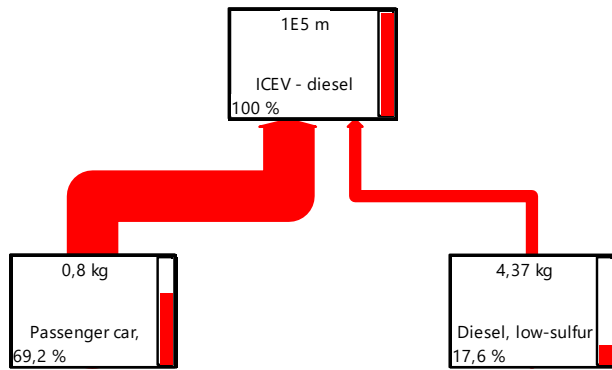
1E5 m	1E5 m
ICEV - diesel	Vozidlo s naftovým spaľovacím motorom
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobné automobil
24,8 %	24,8%
4,37 kg	4,37 kg
Diesel, low-sulfur	Motorová nafta s nízkym obsahom síry
10,1 %	10,1%
1E5 m	1E5 m
Emissions to air	Emisie do ovzdušia
59,2 %	59,2%



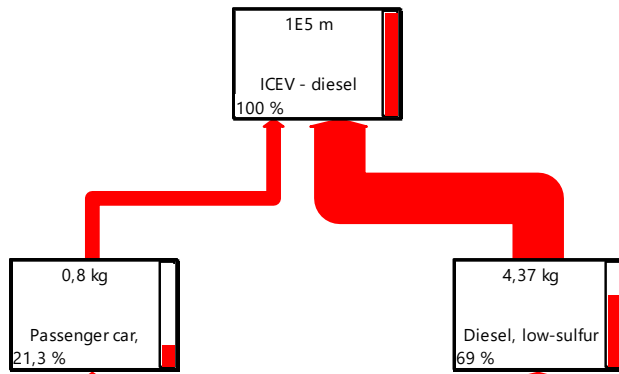
1E5 m	1E5 m
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Vozidlo s benzínovým spaľovacím motorom
20,9 %	20,9%
5,04 kg	5,04 kg
Petrol, low-sulfur	Benzín s nízkym obsahom síry
14,2 %	14,2%
1E5 m	1E5 m
Emissions to air,	Emisie do ovzdušia
59,8 %	59,8%



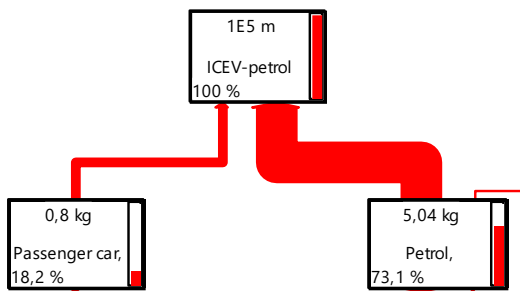
1E5 m	1E5 m
ICEV-petrol	Vozidlo s benzínovým spaľovacím motorom
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobný automobil
65,1 %	65,1%
5,04 kg	5,04 kg
Petrol,	Benzín
22,1 %	22,1%



1E5 m	1E5 m
ICEV - diesel	Vozidlo s naftovým spaľovacím motorom
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobný automobil
69,2 %	69,2%
4,37 kg	4,37 kg
Diesel, low-sulfur	Motorová nafta s nízkym obsahom síry
17,6 %	17,6%

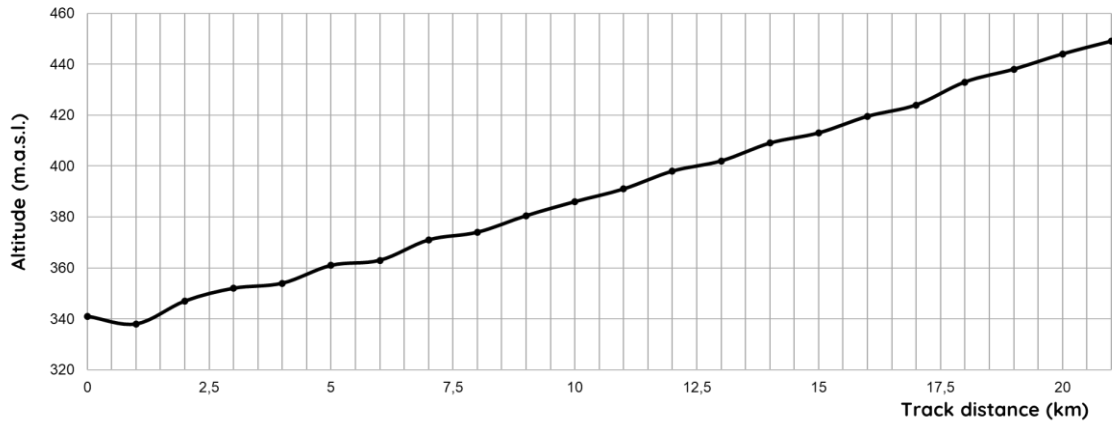


1E5 m	1E5 m
ICEV - diesel	Vozidlo s naftovým spaľovacím motorom
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobný automobil
21,3 %	21,3%
4,37 kg	4,37 kg
Diesel, low-sulfur	Motorová nafta s nízkym obsahom síry
69 %	69%



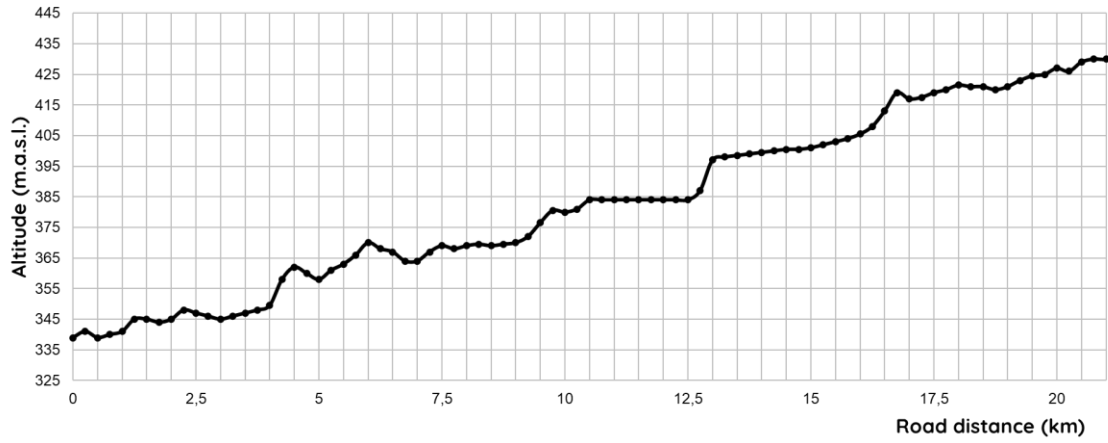
1E5 m	1E5 m
ICEV - petrol	Vozidlo s benzínovým spaľovacím motorom
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobný automobil
18,2 %	18,2%
5,04 kg	5,04 kg
Petrol,	Benzín
73,1 %	73,1%

Longitudinal track profile

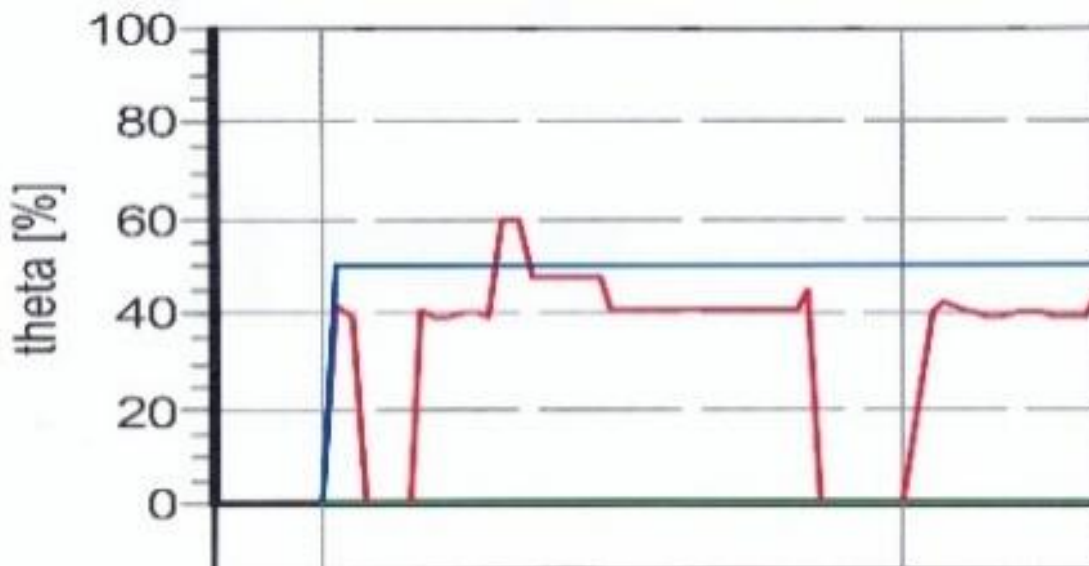


Longitudinal track profile	Pozdĺžny profil trate
Zilina	Žilina
Rajec	Rajec
Altitude (m.a.s.l.)	Nadmorská výška (m.n.m.)
Track distance (km)	Vzdialenosť na trati (km)

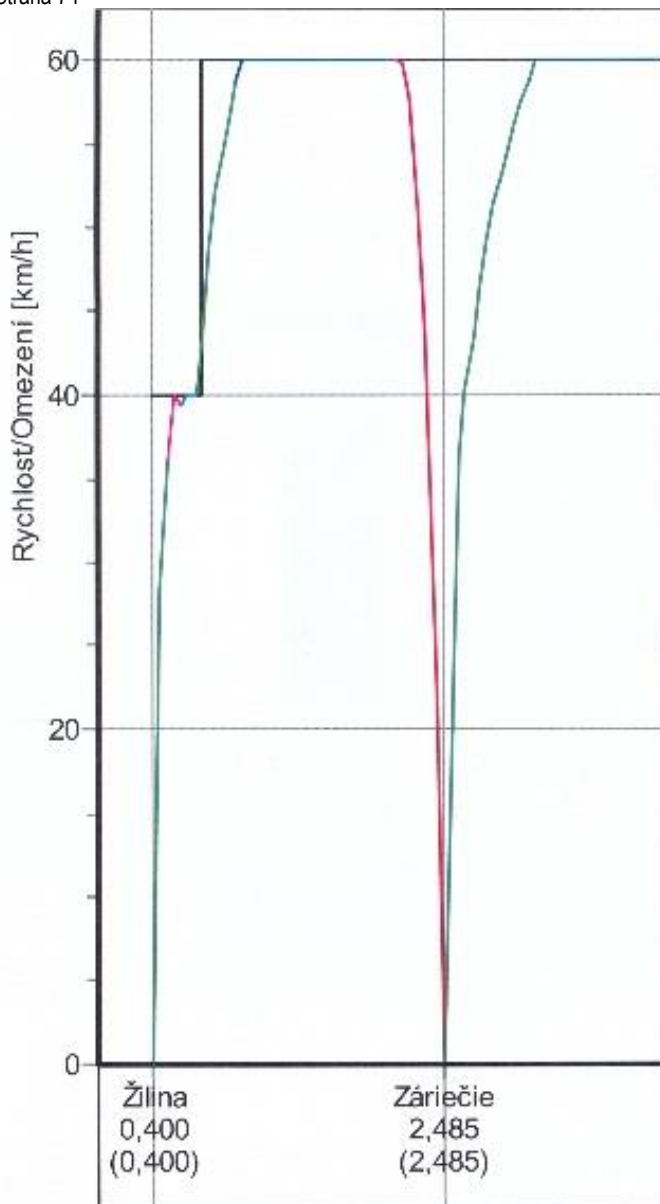
Longitudinal road profile



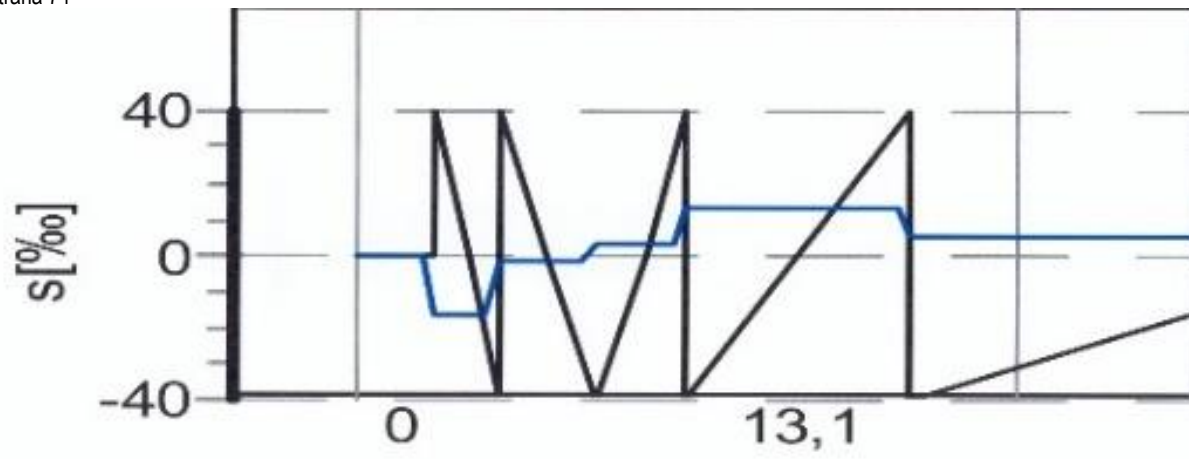
Longitudinal road profile	Pozdĺžny profil cesty
Altitude (m.a.s.)	Nadmorská výška (m.n.m.)
Track distance (km)	Vzdialenosť na trase (km)
0,0	0,0
5,0	5,0
10,0	10,0
15,0	15,0
20,0	20,0
25,0	25,0



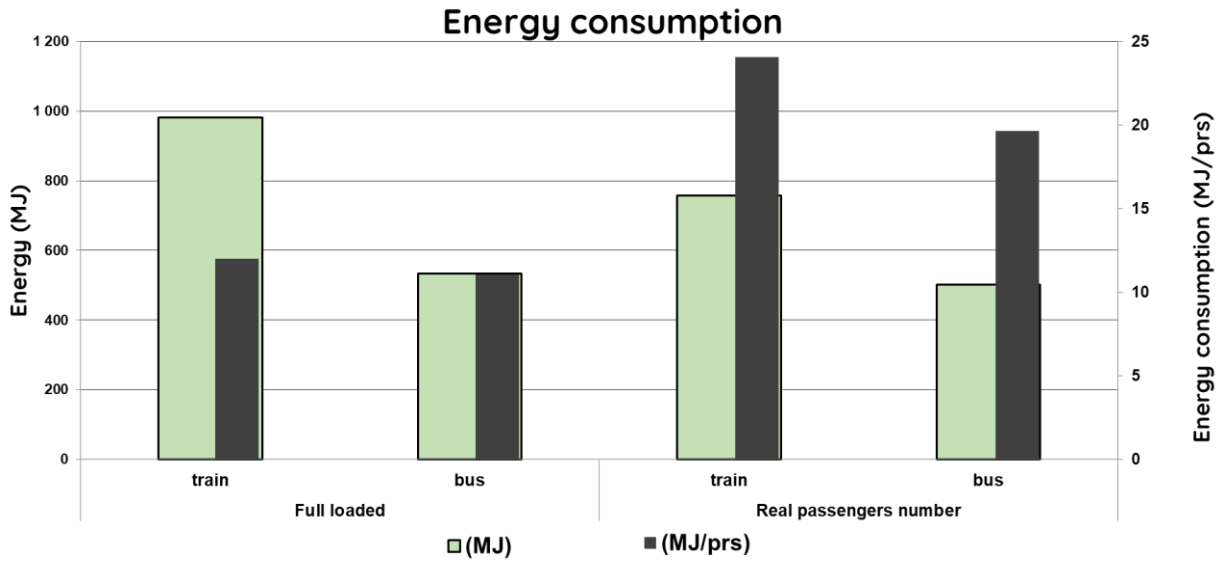
theta [%]	theta
-----------	-------



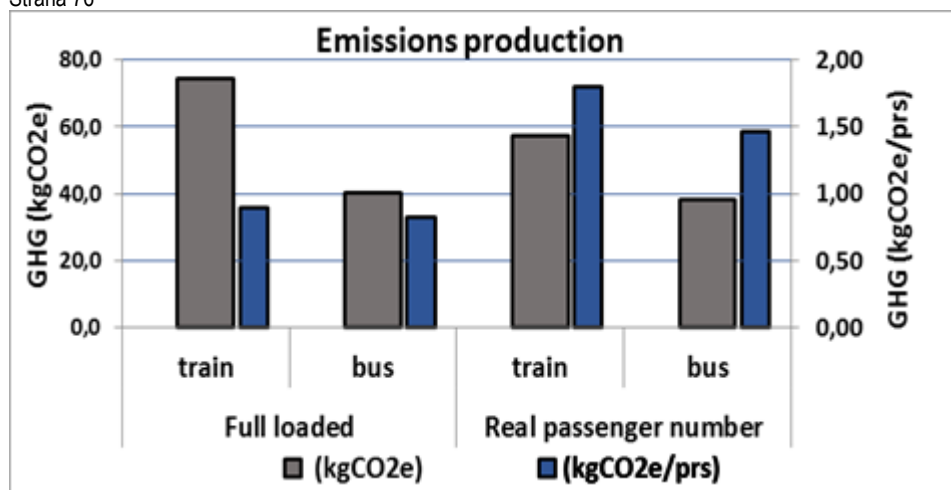
Speed / Limit [km/h]	Rychlost / Obmedzenie [km/h]
Žilina	Žilina
0,400	0,400
(0,400)	(0,400)
Záriečie	Záriečie
2,485	2,485
(2,485)	(2,485)



$S [‰]$	$S [‰]$
13,1	13,1

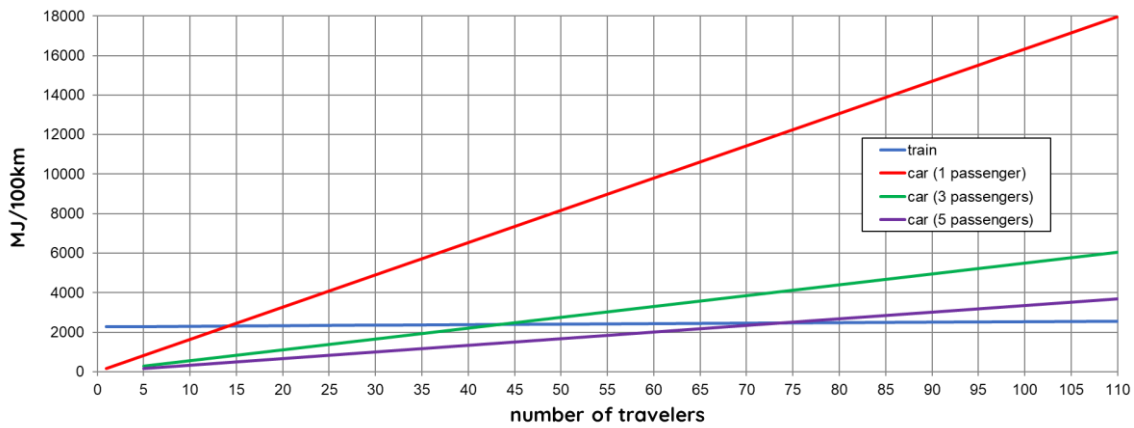


Energy consumption	Spotreba energie
Energy (MJ)	Energia (MJ)
25,00	25,00
20,00	20,00
15,00	15,00
10,00	10,00
5,00	5,00
0,00	0,00
Energy consumption (MJ/prs)	Spotreba energie (MJ/prs)
train	vlak
bus	autobus
Full loaded	Plne obsadené
Real passenger number	Skutočný počet cestujúcich
(MJ)	(MJ)
(MJ/prs)	(MJ/boob)



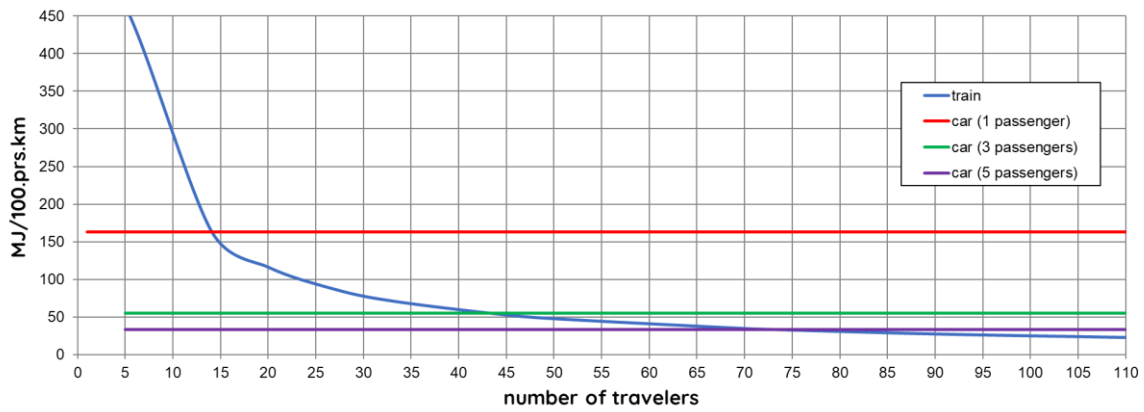
Emissions production	Produkcia emisií
GHG(kgCO ₂ e)	GHG (kgCO ₂ e)
80,0	80,0
60,0	60,0
40,0	40,0
20,0	20,0
0,0	0,0
GHG (kgCO ₂ e/prs)	GHG (kgCO ₂ e/os)
2,00	2,00
1,50	1,50
1,00	1,00
0,50	0,50
0,00	0,00
train	Vlak
bus	Autobus
Full loaded	Plne obsadené
Real passenger number	Skutočný počet cestujúcich
(kgCO ₂ e)	(kgCO ₂ e)
(kgCO ₂ e/prs)	(kgCO ₂ e/os)

Energy consumption in MJ/100km



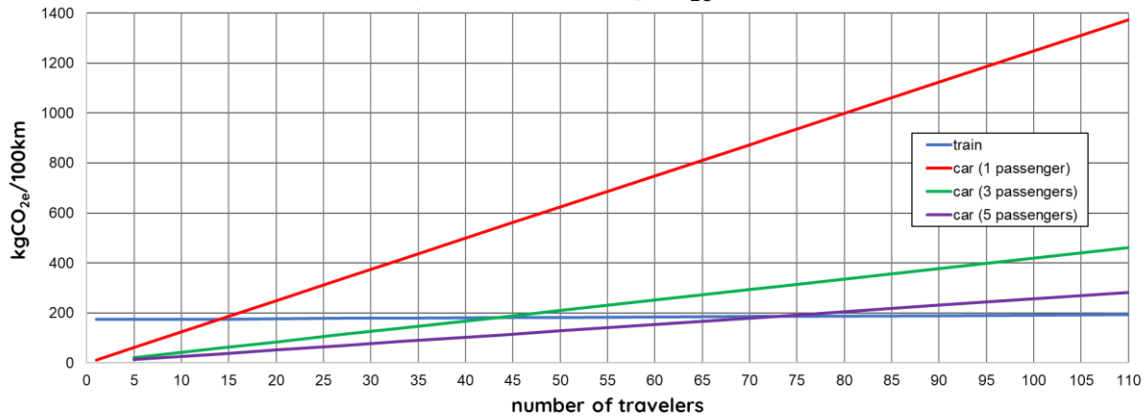
Energy consumption in MJ 100km	Spotreba energie v MJ/100 km
MJ/100km	MJ/100km
number of travelers	Počet cestujúcich
train	vlak
car (1 passenger)	automobil (1 cestujúci)
car (3 passengers)	automobil (3 cestujúci)
car (5 passengers)	automobil (5 cestujúcich)

Energy consumption MJ/100.prs.km



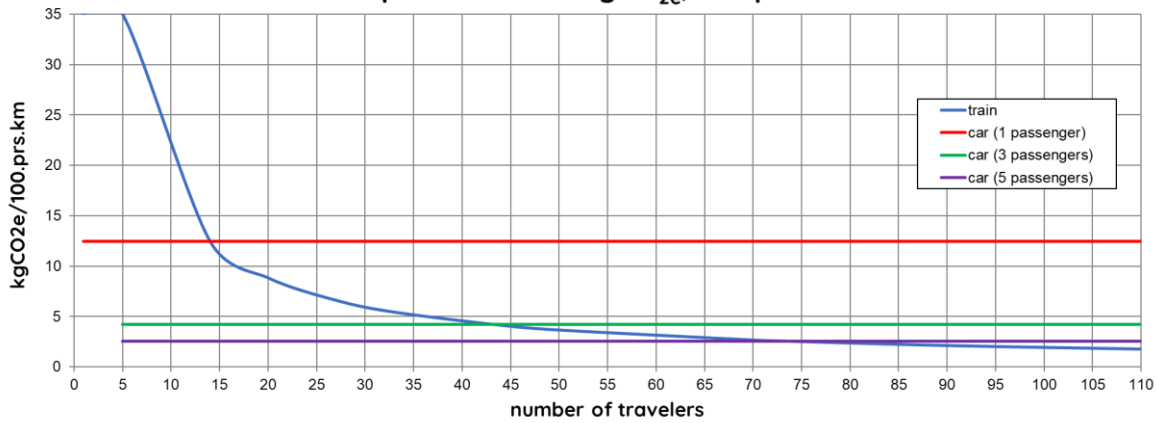
Energy consumption in MJ/100.prs.km	Spotreba energie v MJ/100.os.km
MJ/100.prs.km	MJ/100.os.km
number of travelers	Počet cestujúcich
train	vlak
car (1 passenger)	automobil (1 cestujúci)
car (3 passengers)	automobil (3 cestujúci)
car (5 passengers)	automobil (5 cestujúcich)

GHG production in kgCO_{2e}/100km



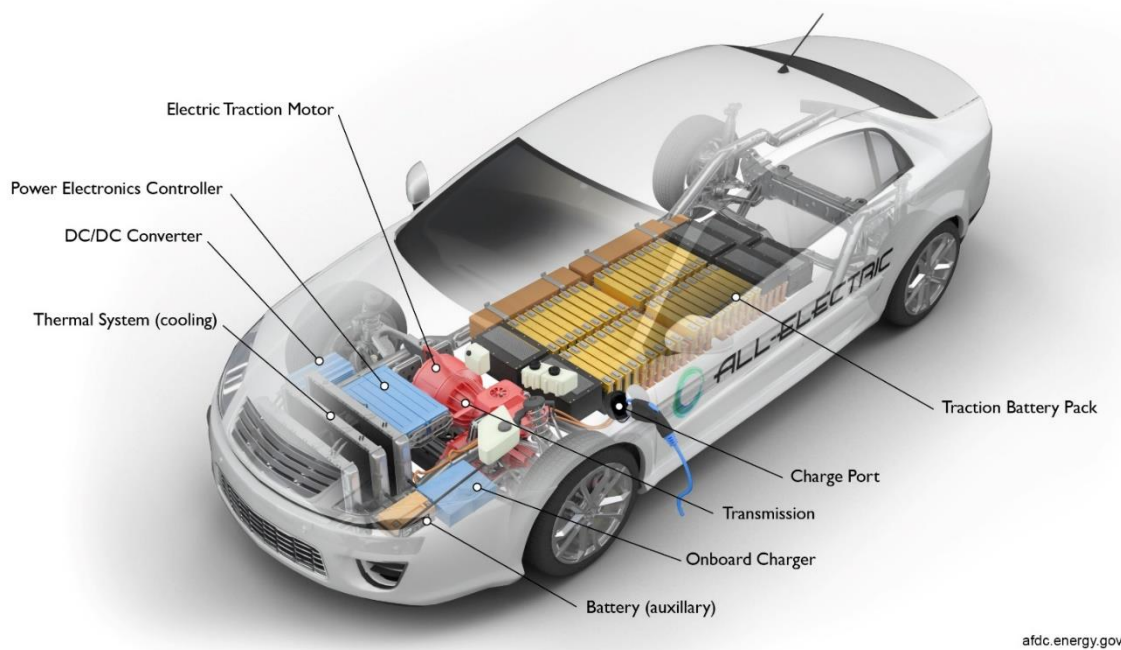
GHG production in kgCO ₂ /100km	Produkcia skleníkových plynov v kgCO ₂ /100 km
kgCO ₂ /100km	kgCO ₂ /100 km
number of travelers	Počet cestujúcich
train	vlak
car (1 passenger)	automobil (1 cestujúci)
car (3 passengers)	automobil (3 cestujúci)
car (5 passengers)	automobil (5 cestujúcich)

GHG production in kgCO_{2e}/100.prs.km



GHG production in kgCO ₂ /100.prs.km	Produkcia skleníkových plynov v kgCO ₂ /100.os.km
kgCO ₂ /100.prs.km	kgCO ₂ /100.os.km
number of travelers	Počet cestujúcich
train	vlak
car (1 passenger)	automobil (1 cestujúci)
car (3 passengers)	automobil (3 cestujúci)
car (5 passengers)	automobil (5 cestujúcich)

All-Electric Vehicle



afdc.energy.gov

All-Electric Vehicle	Plné elektrické vozidlo
Electric Traction Motor	Elektrický trakčný motor
Power Electronics Controller	Riadiaca jednotka výkonovej elektroniky
DC/DC Converter	DC/DC menič
Thermal System (cooling)	Tepelný systém (chladenie)
Traction Battery Pack	Sada trakčných batérií
Charge Port	Nabíjací konektor
Transmission	Prevodovka
Onboard Charge	Vozidlová nabíjačka
Battery (auxiliary)	Batérie (pomocné)
afdc.energy.gov	afdc.energy.gov

$$CF_{EV} = (CF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV}$$

$CF_{EV} = (CF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV}$

$CF_{EV} = (CF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV}$

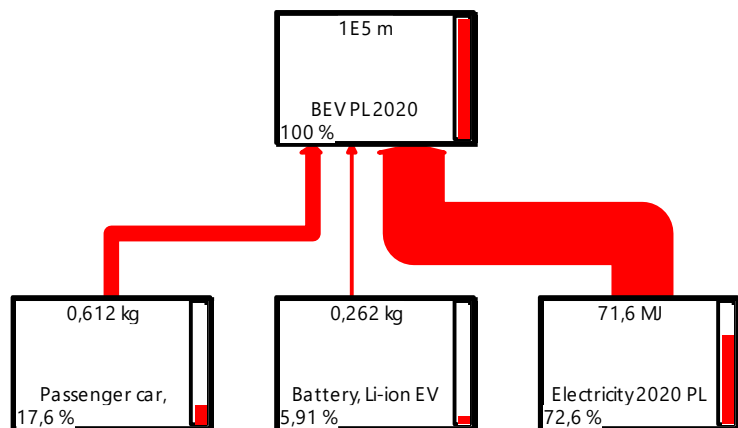
$$WF_{EV} = (WF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV}$$

$WF_{EV} = (WF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV}$	$WF_{EV} = (WF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV}$
---	---

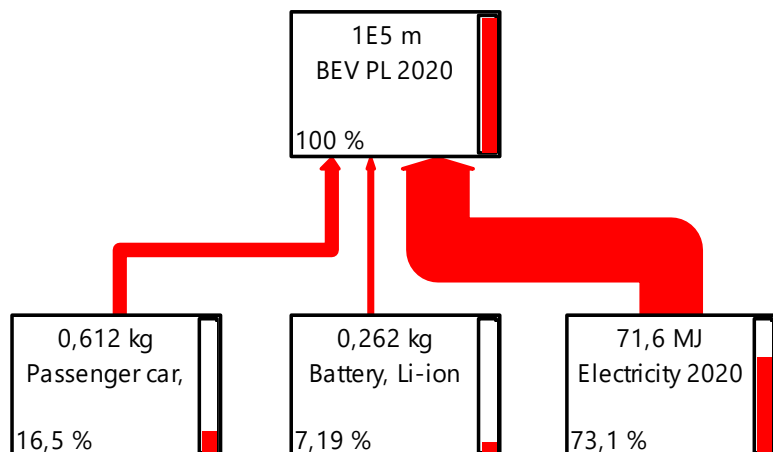
$$RF_{EV} = (RF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV}$$

$RF_{EV} = (RF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV}$

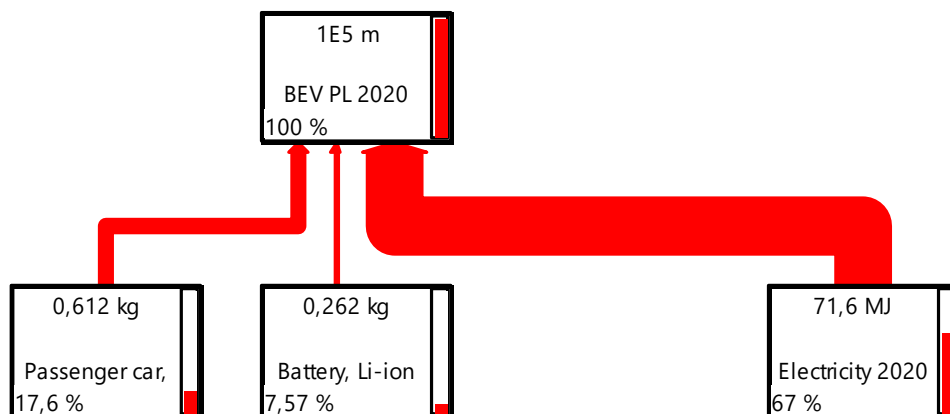
$RF_{EV} = (RF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV}$



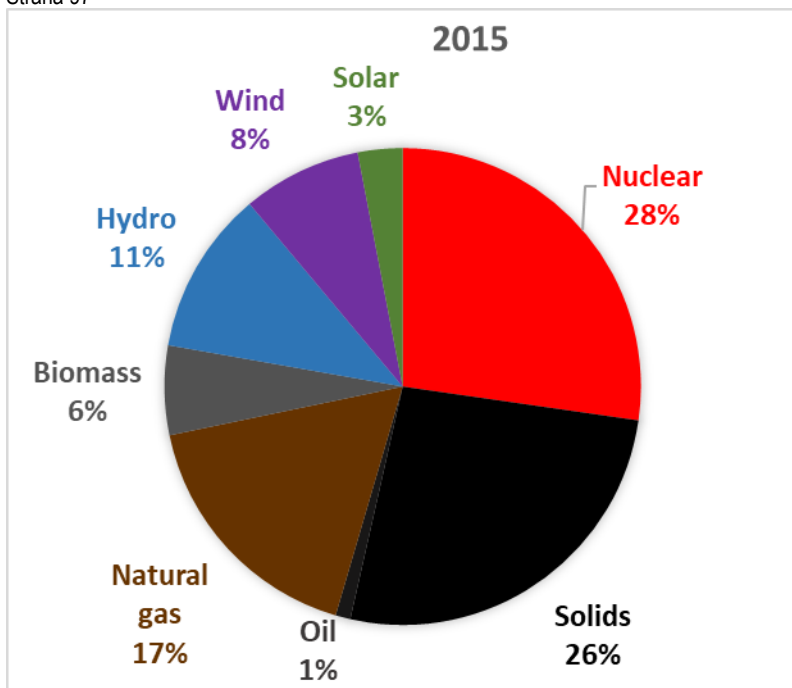
1E5 m	1E5 m
BEV PL 2020	BEV – batériové elektrické vozidlo PL 2020
100 %	100%
0,612 kg	0,612 kg
Passenger car,	Osobný automobil
17,6 %	17,6%
0,262 kg	0,262 kg
Battery, Li-ion EV	Lítium-iónovou batéria vozidla
5,91 %	5,91%
71,6 MJ	71,6 MJ
Electricity 2020 PL	Elektrická energia PL 2020
72,6 %	72,6%



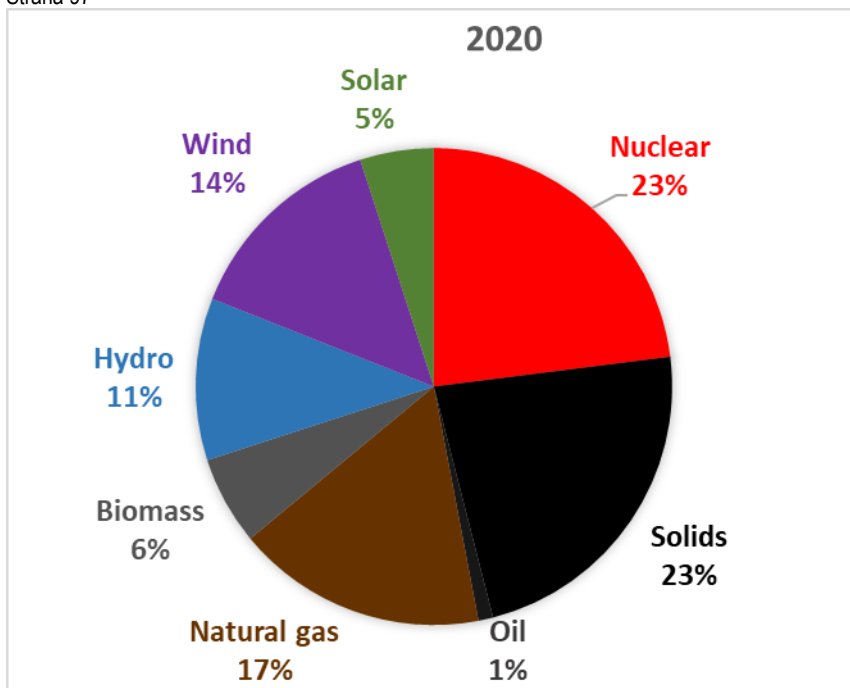
1E5 m	1E5 m
BEV PL 2020	BEV – batériové elektrické vozidlo PL 2020
100 %	100%
0,612 kg	0,612 kg
Passenger car,	Osobný automobil
16,5 %	16,5%
0,262 kg	0,262 kg
Battery, Li-ion	Lítium-iónovou batéria vozidla
7,19 %	7,19%
71,6 MJ	71,6 MJ
Electricity 2020	Elektrická energia 2020
73,1 %	73,1%



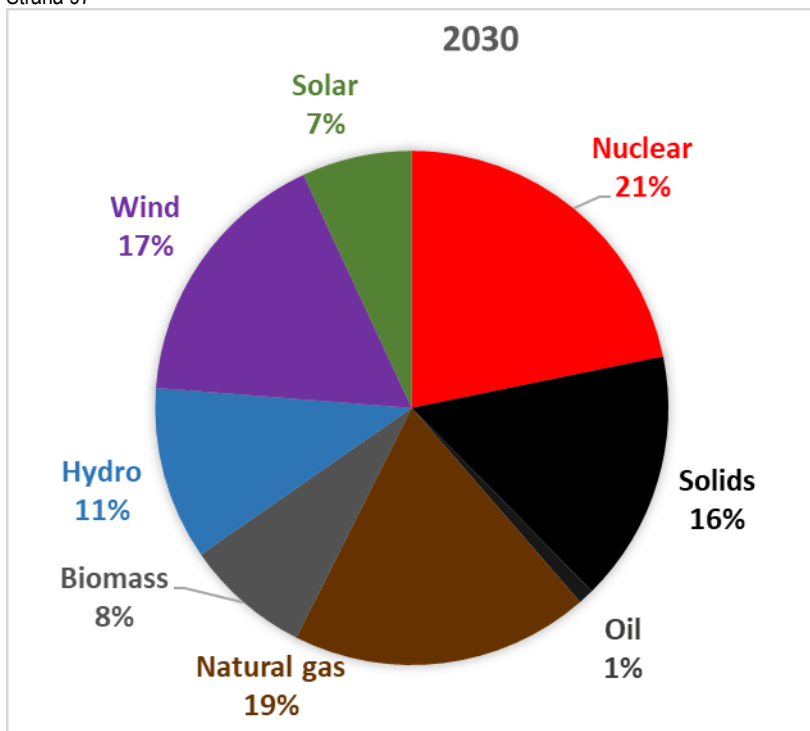
1E5 m	1E5 m
BEV PL 2020	BEV – batériové elektrické vozidlo PL 2020
100 %	100%
0,612 kg	0,612 kg
Passenger car,	Osobný automobil
17,6 %	17,6%
0,262 kg	0,262 kg
Battery, Li-ion	Lítium-iónovou batéria vozidla
7,57 %	7,57%
71,6 MJ	71,6 MJ
Electricity 2020	Elektrická energia 2020
67 %	67%



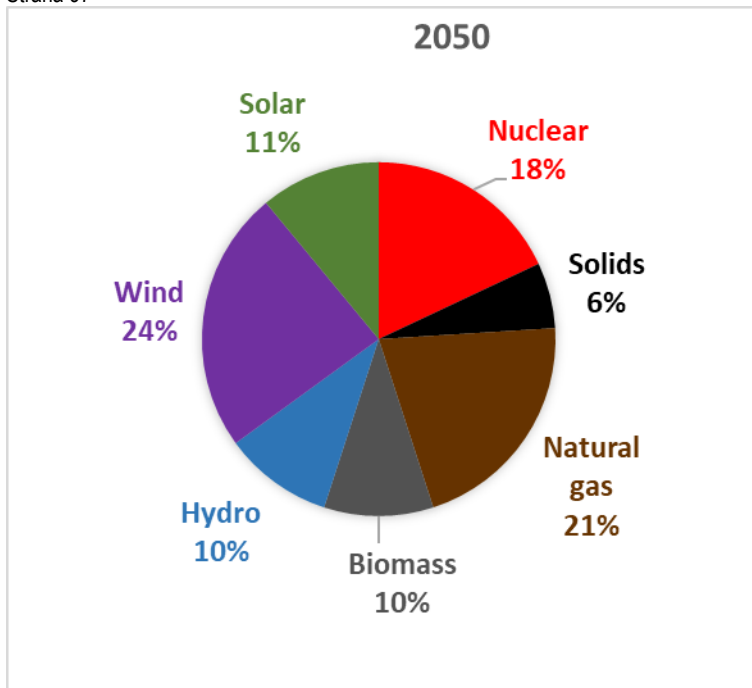
Solar 3%	Slné žiarenie 3 %
Wind 8%	Vietor 8%
Hydro 11%	Voda 11%
Biomass 6%	Biomasa 6%
Natural gas 17%	Zemný plyn 17%
Oil 1%	Ropa 1 %
Solids 26%	Tuhé palivá 26%
Nuclear 28%	Jadrová energia 28%



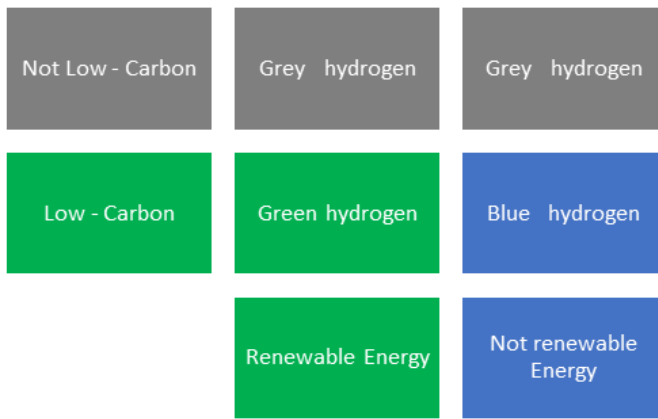
Solar 5%	Slnéčné žiarenie 5 %
Wind 14%	Vietor 14 %
Hydro 11%	Voda 11%
Biomass 6%	Biomasa 6%
Natural gas 17%	Zemný plyn 17%
Oil 1%	Ropa 1 %
Solids 23%	Tuhé palivá 23%
Nuclear 23%	Jadrová energia 23%



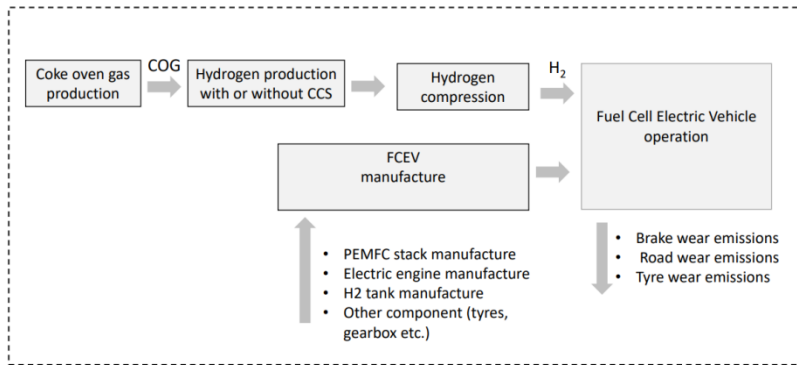
Solar 7%	Slnéčné žiarenie 7%
Wind 17%	Vietor 17%
Hydro 11%	Voda 11%
Biomass 8%	Biomasa 8%
Natural gas 19%	Zemný plyn 19%
Oil 1%	Ropa 1 %
Solids 16%	Tuhé palivá 16%
Nuclear 21%	Jadrová energia 21%



Solar 11%	Slné žiarenie 11%
Wind 24%	Vietor 24%
Hydro 10%	Voda 10%
Biomass 10%	Biomasa 10%
Natural gas 21%	Zemný plyn 21%
Solids 6%	Tuhé palivá 6%
Nuclear 18%	Jadrová energia 18%



Not Low - Carbon	Uhlíkovo-intenzívne technológie
Grey hydrogen	Šedý vodík
Low - Carbon	Nízkouhlíkové technológie
Green hydrogen	Zelený vodík
Blue hydrogen	Modrý vodík
Renewable Energy	Obnoviteľná energia
Not renewable Energy	Neobnoviteľná energia



Coke oven gas production	Výroba koksárenského plynu
COG	Koksárenský plyn
Hydrogen production with or without CCS	Výroba vodíka s / bez CCS
Hydrogen compression	Stláčanie vodíka
H ₂	H ₂
Fuel Cell Electric Vehicle operation	Prevádzka elektrického vozidla s palivovými článkami
FCEV manufacture	Výroba elektrického vozidla s palivovými článkami
PEMFC stack manufacture	Výroba zväzkov vodíkových článkov PEM
Electric engine manufacture	Výroba elektromotorov
H ₂ tank manufacture	Výroba nádrží H ₂
Other component (tyres, gearbox etc.)	Ostatné komponenty (pneumatiky, prevodovky atď.)
Brake wear emissions	Emisie z opotrebovania bŕzd
Road wear emissions	Emisie z opotrebovania vozovky
Tyre wear emissions	Emisie z opotrebovania pneumatík

coal extraction and processing - Central Appalachia, BIT, Processing

21: Mining, Quarrying, and Oil and Gas Extraction / 2121: Coal Mining



The cradle-to-gate inventory for production of coal aggregated to basin, mine type, and coal type groups. For coal extraction there are two major processes that form the basis of the coal life cycle model - underground and surface coal mining. These are connected to auxiliary processes that provide inventories from things like coal mine methane emissions, water use, water emissions, etc. All processes use parameters that allow some differentiation based on region or coal type. Details on the coal modeling can be found in the NETL Coal Baseline report to be published in the near future: netl.doe.gov/LCA This process was created with ElectricityLCI (<https://github.com/USEPA/ElectricityLCI>) version 1.0.1 using the ELCI_1 configuration.

Inputs/Outputs

Documentation

Allocation factors

[Switch to table view](#)

Reference product

1.0000e+0 sh tn coal, processed, at mine

By-products

0.0000e+0 kg methane, captured

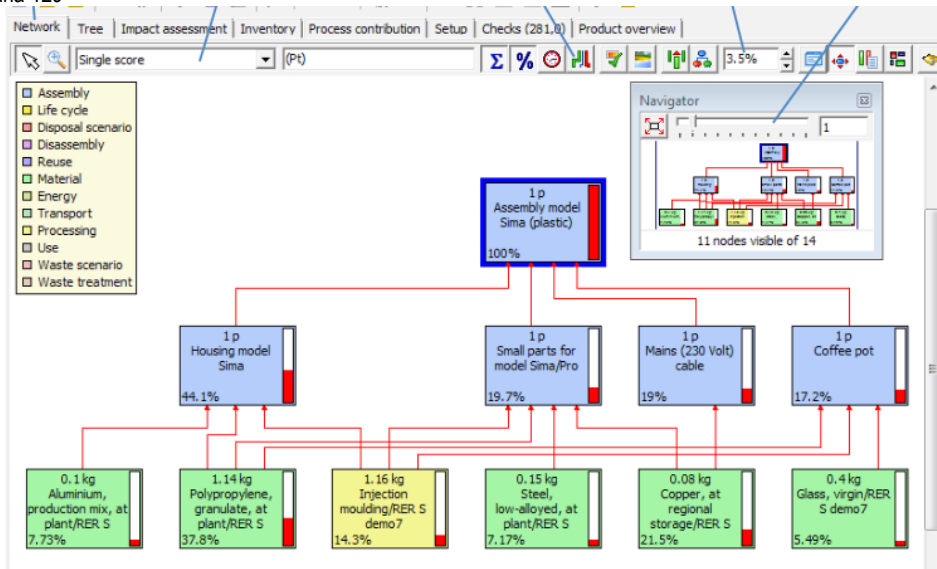
Produced waste

0.0000e+0 kg 2,4-DINITROTOLUENE
 0.0000e+0 kg 2-BUTANONE, PEROXIDE (R,T) (OR) METHYL ETHYL KETONE PEROXIDE (R,T)
 0.0000e+0 kg 2-PROPANONE (I) (OR) ACETONE (I)
 0.0000e+0 kg ACETALDEHYDE, TRICHLORO- (OR) CHLORAL
 0.0000e+0 kg ACIDIC AQUEOUS WST
 0.0000e+0 kg AQUEOUS W/O CYANIDES
 0.0000e+0 kg AQUEOUS/CYANIDES
 0.0000e+0 kg ARSENIC
 0.0000e+0 kg ASH
 0.0000e+0 kg BARIUM
[Show 78 more](#)

coal extraction and processing - Central Appalachia, BIT, Processing	Ťažba a spracovanie uhlia - Stredná Apalačská oblasť, BIT, spracovanie
21: Mining, Quarrying, and Oil and Gas Extraction / 2121: Coal Mining	21: Ťažba, dobývanie, ťažba ropy a plynu / 2121: Ťažba uhlia
The cradle-to-gate inventory for production of coal aggregated to basin, mine type, and coal type groups.	Inventarizácia prístupu "od kolísky po bránu" pre agregovaný výrobu uhlia podľa uhoľnej panvy, bane a typu uhlia
For basis of the coal life cycle model - underground and surface coal mining.	Za základ modelu životného cyklu uhlia sa považuje hlbinná a povrchová ťažba
These are connected to auxiliary methane emissions, water use, water emissions, etc.	Súvisia s emisiami metánu, spotrebou vody, emisiami vody atď.
All processes use parameters that allow some differential modeling can be found in the NETL Coal Baseline report to be published in the near future: netl.doe.gov/LCA (https://github.com/USEPA/ElectricityLCI) version 1.0.1 using the ELCI_1 configuration.	Všetky procesy používajú parametre, ktoré umožňujú určité diferenciálne modelovanie. Viac informácií nájdete v správe NETL Coal Baseline, ktorá bude zverejnená v blízkej budúcnosti: netl.doe.gov/LCA (https://github.com/USEPA/ElectricityLCI) verzie 1.0.1 s konfiguráciou ELCI_1.
Inputs/Outputs	Vstupy/výstupy
Documentation	Dokumentácia
Allocation factors	Faktory pridelovania
Reference product	Referenčný produkt
1,0000e+0 sh tn coal, processed, at mine	1,0000e+0 sh tn uhlia, spracované, z bane
By-products	Vedľajšie produkty
0.0000e+0 kg methane, captured	0,0000e+0 kg zachyteného metánu
Produced waste	Vyprodukovaný odpad
0.0000e+0 kg 2,4-DINITROTOLUENE	0,0000e+0 kg 2,4-DINITROTOLUEN
0.0000e+0 kg 2-BUTANONE, PEROXIDE (R.T) (OR) METHYL ETHYL KETONE PEROXIDE (R,T)	0,0000e+0 kg 2-BUTANÓN, PEROXID (R,T) (ALEBO) METYL ETHYLKETÓNPEROXID (R,T)
0.0000e+0 kg 2-PROPANONE (I) (OR) ACETONE (I)	0,0000e+0 kg 2-PROPANÓN (I) (ALEBO) ACETÓN (I)
0.0000e+0 kg ACETALDEHYDE, TRICHLORO- (OR) CHLORAL	0,0000e+0 kg ACETALDEHYD, TRICHLORO- (ALEBO) CHLORAL
0.0000e+0 kg ACIDIC AQUEOUS WST	0,0000e+0 kg Kyslá voda WST
0.0000e+0 kg AQUEOUS W/O CYANIDES	0,0000e+0 kg Vodný bez kyanidu SENZA CIANURI
0.0000e+0 kg AQUEOUS/CYANIDES	0,0000e+0 kg VODA/KYANIDY

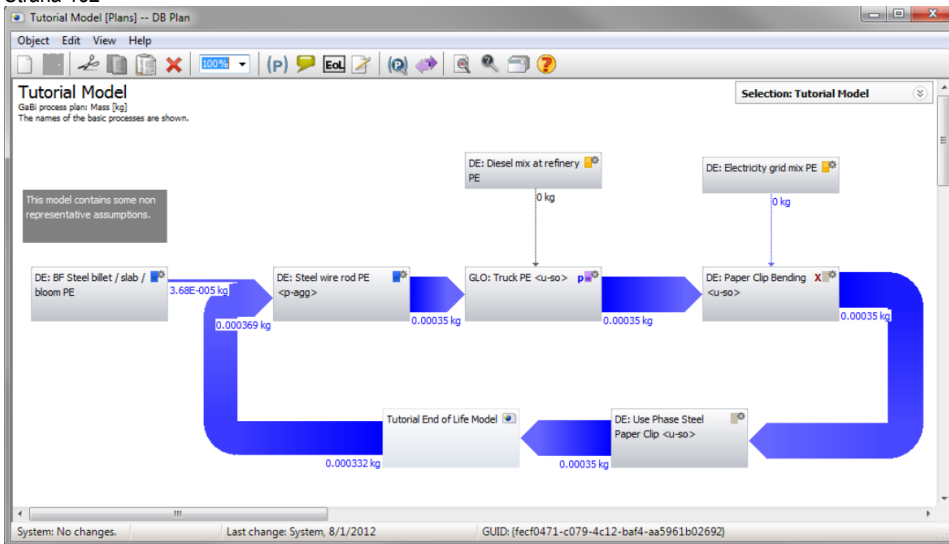


Basic	Základy
78 products	78 produktov
Production and consumption mixes	Zmesi výroby a spotreby
Regions: China, USA, Europe (Germany, Netherlands, Belgium and EU-27-average) + Global average	Regióny: Čína, USA, Európa (Nemecko, Holandsko, Belgicko a EÚ-27) + celosvetový priemer
Technology insights	Technologické znalosti
78 products	78 produktov
Production and consumption mixes	Zmesi výroby a spotreby
+ major production technologies	+ hlavná výrobná technológia
Regions: China, USA, Europe (Germany, Netherlands, Belgium and EU-27-average) + Global average	Regióny: Čína, USA, Európa (Nemecko, Holandsko, Belgicko a priemer EÚ-27) + celosvetový priemer
Global insights	Globálne znalosti
78 products	78 produktov
Production and consumption mixes	Zmesi výroby a spotreby
major production technologies	Hlavné výrobné technológie
All available regions - includes all regions in our database + EU-27 average + Global average	Všetky dostupné regióny - zahŕňa všetky regióny v našej databáze + priemer EÚ-27 + celosvetový priemer

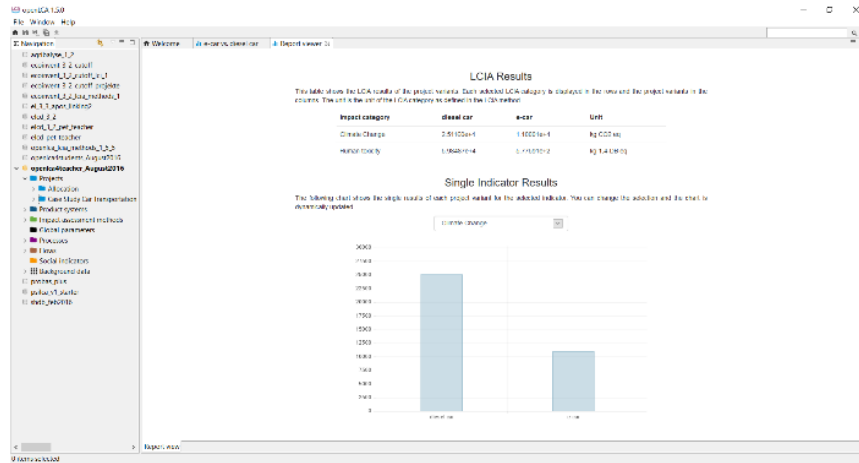


Network	Sieť
Tree	Strom
Impact assessment	Posúdenie vplyvu
Inventory	Inventár
Process contribution	Procedurálny príspevok
Setup	Nastavenia
Checks (281,0)	Kontroly (281.0)
Product overview	Prehľad produktov
Single score	Jedno skóre
(pt)	(pt)
Σ	Σ
3,5 %	3,5%
Assembly	Zhotovenie, výroba
life cycle	Životný cyklus
Disposal scenario	Scenár likvidácie
Disassembly	Demontáž
Reuse	Opätovné použitie
Material	Materiál
Energy	Energia
Transport	Doprava
Processing	Získané z
Use	Používanie
Waste scenario	Scenár odpadového hospodárstva
Waste treatment	Nakladanie s odpadom
Navigator	Navigácia
11 nodes visible of 14	11 viditeľných uzlov zo 14
1p Assembly model Sima (plastic)	1p Model "Zhotovenia" Sima (plast)
100 %	100%
1p Housing model Sima	1p Model "Obalu" Sima
44,1 %	44,1%
1p Small parts for mode Sima/Pro	1p Malé diely pre režim SimaPro
19,7 %	19,7%
1p Mains (230 Volt) cable	1 p Kabeáž (230 V)
19 %	19%
1p Coffee pot	1 p Kávar
17,2 %	17,2%
0.1kg Aluminium, production mix, at plant/RER S	0,1 kg hliníka, výrobná zmes, v závode//RER S
7,73%	7,73%
1.14 kg Polypropylene, granulate, at plant/RER S	1,14 kg polypropylén, granulát, zo závodu/zo závodu//RER S
37,8%	37,8%
1,16 kg Injection moulding/RER S demo 7	1,16 kg Vstrekovanie/RER S demo7
14,3 %	14,3%
0.15 kg Steel, low-alloyed, at plant/RER S	0,15 kg nízkolegovaná oceľ, v závode//RER S
7,17%	7,17%
0,08 kg Copper, at regional storage/RER S	0,08 kg medi, z regionálneho skladu/RER S

21.5 %	21,5%
0,4 kg Glass, virgin/RER S demo7	0,4 kg Sklo, z prvovýroby (nerecyklované)
5.49 %	5,49%

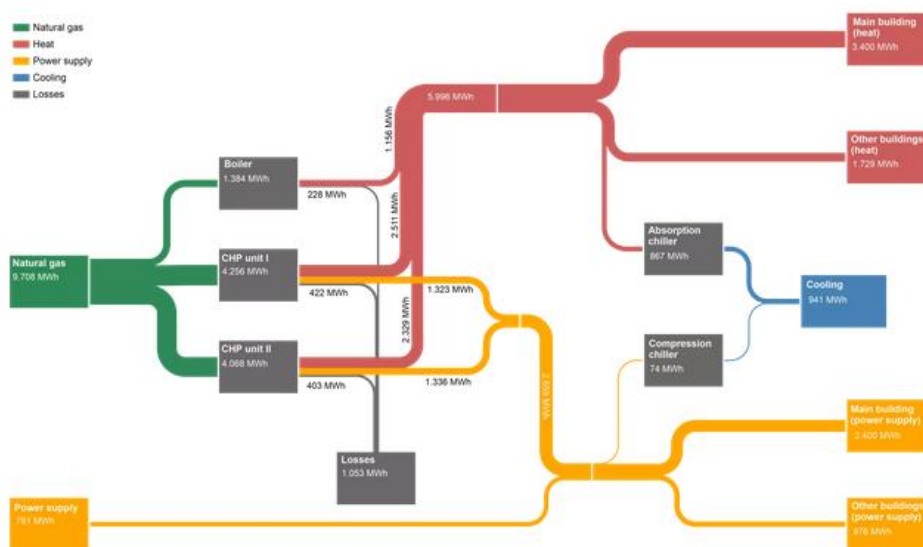


Tutorial Model [Plans] -- DB Plan	Výukový model [Plány] - Plán DB
Object	Objekt
Edit	Upraviť
View	Zobraziť
Help	Pomoc
Tutorial Model	Výukový model
GaBi process plan: Mass [kg] The names of the base processes are shown.	GaBi procesný plán: hmotnosť [kg] Názvy základných procesov sú uvedené
Selection: Tutorial Model	Výber: výukový model
This model contains some non representative assumptions.	Tento model obsahuje niektoré nereprezentatívne zohľadnenia.
DE: Diesel mix at refinery PE	DE: zmes nafty v rafinérii
0 kg	0 kg
DE: Electricity grid mix PE	DE: mix elektrickej energie PE
DE: BF Steel Met / slab / bloom PE	DE: BF Ocel/doska/blok PE
3.68E-005kg	3,68 E-005 kg
DE: Steel wire rod PE <p-agg>	DE: PE oceľový drôt <p-agg>
0.000369 kg	0,000369 kg
0.00035 kg	0,00035 kg
GLO: Trude PE <u-so>	GLO: Nákladné vozidlo PE <u-so>
DE: Paper Clip Bending <u-so>	DE: Ohýbanie drôtu - papierová spona <u-so>
Tutorial End of Life Model	Cvičný model - Koniec životného cyklu
0.000332 kg	0,000332 kg
DE: Use Phase Steel Paper Clip <u-so>	DE: Fázy používania spony <u-so>
System: No changes.	Systém: Žiadne zmeny
Last change: System, 8/1/2012	Posledná úprava: System, 8. 1. 2012
GUID:	GUID:



openLCA 1.5.0	openLCA 1.5.0
File	Súbor
Window	Okno
Help	Pomoc
Navigation	Navigácia
Welcome	Vitajte v
e-car vs. diesel car	e-automobil vs. dieselový automobil
Report viewer	Prehliadač správ
agribalyse_1_2	agribalyse_1_2
ecoinvent_3_2_cutoff	ecoinvent_3_2_cutoff
ecoinvent_3_2_cutoffJci_1	ecoinvent_3_2_cutoffJci_1
ecoinvent_3_2_cutoff_projekte	ecoinvent_3_2_cutoff_project
ecoinvent_3_2lcia_methods_1	ecoinvent_3_2lcia_methods_1
ei_3_3_apos_linking_2	ei_3_3_apos_linking_2
elcd_3_2	elcd_3_2
elcd_3_2_pet_teacher	elcd_3_2_pet_teacher
elcd_pet_teacher	elcd_pet_teacher
openlca_lcia_methods_1_5_5	openlca_lcia_methods_1_5_5
openlca4students_August2016	openlca4students_Srpen2016
openlca4teacherAugust2016	openlca4teacherAugust2016
Projects	Projekty
Allocation	Pridelenie
Case Study Car Transportation	Prípadová štúdia Automobilová doprava
Product systems	Výrobné systémy
Impact assessment methods	Metódy hodnotenia vplyvu
Global parameters	Globálne parametre
Processes	Procesy
Flows	Toky
Social indicators	Sociálne ukazovatele
Background data	Základné údaje
probas_plus	probas_plus
psilca_v1_starter	canine_v1_starter
shdb_feb2016	shdb_feb2016
0 items selected	0 vybraných položiek
Report view	Zobraziť prehľad
LCIA Results	Výsledky LCIA
This table shows the LCIA results of the project variants.	V tejto tabuľke sú uvedené výsledky variantov LCIA projektu.
Each selected LCIA category is displayed in the rows and the project variants in the columns. The unit is the unit of the LCIA category as defined in the LCIA method.	Každá vybraná kategória LCIA je zobrazená v riadkoch a varianty projektu v stĺpcoch. Jednotka je jednotka kategórie LCIA, ako je definovaná v metóde LCIA.
Impact category	Kategória vplyvu
diesel car	Dieselové vozidlo
e-car	e-car
Unit	Jednotka
Climate Change	Zmena klímy
Human toxicity	Toxicita pre ľudí
2.51160e+4	2,51160e+4
5.98487e+4	5,98487e+4

1.10001 e+4	1,10001 e+4
5.77591e+2	5,77591e+2
kg CO2 eq	kg CO2 ekv.
kg 1.4-DB eq	kg 1,4 dB eq
Single Indicator Results	Výsledky jedného ukazovateľa
The following chart shows the single results of each project variant for the selected indicator.	Nasledujúci graf zobrazuje jednotlivé výsledky jednotlivých možností projektu pre vybraný ukazovateľ.
You can change the selection and the chart is dynamically updated	Výber môžete zmeniť a graf sa dynamicky aktualizuje
Climate Change	Zmena klímy
diesel car	Dieselové vozidlo
e-car	e-car



Natural gas	Zemný plyn
Heat	Teplo
Power supply	Dodávka energie
Cooling	Chladenie
Losses	Straty
Natural gas 9.706 MWh	Zemný plyn 9 706 MWh
Boiler 1.384 MWh	Kotol 1 384 MWh
CHP unit I 4.256 MWh	Kogeneračná jednotka I 4 256 MWh
CHP unit II 4.058 MWh	Kogeneračná jednotka II 4 058 MWh
Power supply 791 MWh	Dodávka energie 791 MWh
228 MWh	228 MWh
422 MWh	422 MWh
403 MWh	403 MWh
Losses 1.053 MWh	Straty 1 053 MWh
2.329 MWh	2 329 MWh
2.511 MWh	2 511 MWh
1.156 MWh	1,156 MWh
5.996 MWh	5 996 MWh
2.659 MWh	2 659 MWh
Main building (heat) 3.400 MWh	Hlavná budova (teplo) 3 400 MWh
Other building (heat) 1.729 MWh	Ostatné budovy (teplo) 1 729 MWh
Absorption chiller 857 MWh	Absorpčné chladiace zariadenie 857 MWh
Cooling 941 MWh	Chladenie 941 MWh
Compression chiller 74 MWh	Kompresný chladič 74 MWh
Main building (power supply) 2.400 MWh	Hlavná budova (zásobovanie energiou) 2 400 MWh
Other buildings (power supply) 796 MWh	Ostatné budovy (dodávka energie) 796 MWh