

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní

Komparace vlivů spalovacích a elektrických motorů osobních automobilů na  
životní prostředí

Bc. Tereza Němečková

Diplomová práce

2020

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Akademický rok: 2019/2020

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza Němečková**  
Osobní číslo: **E18507**  
Studijní program: **N6202 Hospodářská politika a správa**  
Studijní obor: **Ekonomika veřejného sektoru**  
Téma práce: **Komparace vlivů spalovacích a elektrických motorů osobních automobilů na životní prostředí**  
Zadávací katedra: **Ústav správních a sociálních věd**

### **Zásady pro vypracování**

Cílem práce je komparace vlivů spalovacích a elektrických motorů osobních automobilů na životní prostředí v podmínkách České republiky. Diplomová práce zahrne oblast dopravy a životního prostředí, a úlohu státu v těchto oblastech. Zároveň provede analýzu, jak je životní prostředí ovlivněno zmíněnou dopravou. Práce bude obsahovat:

- Vymezení pojmu dopravy a životního prostředí.
- Analýzu úlohy státu v těchto oblastech.
- Charakteristiku vozového parku v České republice.
- Popis a vyhodnocení environmentálních dopadů spalovacích a elektrických motorů osobních automobilů.

Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

EISLER, J., KUNST, J. a ORAVA, F. *Ekonomika dopravního systému*. Praha: Oeconomica, 2011. 284 s. ISBN 978-80-245-1759-9.  
TOŠOVSKÁ, E., SIDOROV, E., RITSCHELOVÁ, I. a FARSKÝ, M. *Makroekonomické souvislosti ochrany životního prostředí*. Praha: C. H. Beck, 2010. 201 s. ISBN 978-80-7400-308-0.  
TUHÁČEK, M., JELÍNKOVÁ, J. *Právo životního prostředí: Praktický průvodce*. Praha: Grada Publishing, 2015. 288 s. ISBN 978-80-247-5464-2.  
SINGH, A. P., AGARWAL, R. A., AGARWAL, A. K., DHAR, A. a SHLUKLA, M. K., ed. *Prospect of Alternative Transportation Fuels*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2018. 404 s. ISBN 978-981-10-7518-6.  
ŽEMLIČKA, Z., MYNAŘÍK, J. *Doprava a přeprava*. Praha: Nadatur, 2008. 161 s. ISBN 80-7270-030-8.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Baťa, Ph.D.**  
Ústav správních a sociálních věd  
Datum zadání diplomové práce: **2. září 2019**  
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2020**

L.S.

---

**doc. Ing. Romana Provazníková, Ph.D.**  
děkanka

---

**doc. Ing. Jolana Volejníková, Ph.D.**  
vedoucí ústavu

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 27.4.2020

Bc. Tereza Němečková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Robertu Baťovi, PhD., za odborné vedení a cenné rady při zpracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat paní asistenci Janě Kinčlové ze společnosti Svazu dopravců automobilů (SDA) za ochotu poskytnout potřebná data o vozovém parku v České republice. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu, kterou mi neustále vyjadřuje.

## **ANOTACE**

*Diplomová práce se zabývá komparací vlivů spalovacích a elektrických motorů osobních automobilů na životní prostředí v podmínkách České republiky. Pozornost je věnována oblastem životního prostředí, dopravy a úlohy státu v těchto odvětvích. Práce se zaměřuje na charakteristiku vozového parku zvoleného státu. Cílem je komparace environmentálních vlivů spalovacích a elektrických motorů osobních automobilů a její vyhodnocení.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*životní prostředí, doprava, spalovací a elektrické motory, znečištění ovzduší*

## **TITLE**

*Environmental Impacts of Combustion and Electric Engines of Passenger Cars and Their Comparison*

## **ANNOTATION**

*The diploma thesis deals with the comparison of environmental impacts of combustion and electric engines of passenger cars in the Czech Republic. A great deal of attention is paid to the field of environment, transport and function of the state. It also aims at characteristic of vehicle fleet in the given state. The goal is to compare the environmental impacts of combustion and electric engines of passenger cars and their appraisal.*

## **KEYWORDS**

*environment, transport, combustion and electric engines, air pollution*

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>1. VYMEZENÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ .....</b>	<b>12</b>
1.1. ORGANIZACE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	12
1.2. ROLE ORGÁNŮ VEŘEJNÉ SPRÁVY V OBLASTI OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	13
1.2.1. Vláda	14
1.2.2. Ministerstva	14
1.2.3. Orgány obcí a krajů	16
1.2.4. Další instituce ochrany životního prostředí	17
Česká inspekce životního prostředí	17
Agentura ochrany přírody a krajiny ČR	18
CENIA, česká informační agentura životního prostředí	18
<b>2. POLITIKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY.....</b>	<b>19</b>
2.1. NÁSTROJE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	20
2.1.1. Právní nástroje	20
2.1.2. Ekonomické nástroje	21
2.1.3. Dobrovolné nástroje	22
<b>3. DOPRAVA A JEJÍ POSTAVENÍ VE SPOLEČNOSTI.....</b>	<b>23</b>
3.1. NEGATIVNÍ VLIVY DOPRAVY	24
3.1.1. Znečišťování ovzduší	25
3.1.2. Hluk a vibrace	27
3.1.3. Dopravní nehody	28
3.1.4. Znečištění vod	29
3.1.5. Zábor půdy	29
<b>4. DOPRAVNÍ POLITIKA ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>30</b>
<b>5. CHARAKTERISTIKA VOZOVÉHO PARKU ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>32</b>
<b>6. VÝBĚR METOD PRO MODELOVÁNÍ .....</b>	<b>35</b>
6.1. ENVIRONMENTÁLNÍ MANAŽERSKÉ ÚČETNICTVÍ	35
6.2. SENKEYŮV DIAGRAM	35
6.3. PETRIHO SÍŤ	36
<b>7. MODELOVÁNÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ ELEKTROMOBILŮ .....</b>	<b>38</b>
7.1. MATEMATICKÝ ZÁPIS MODELU	40
7.2. GRAFICKÝ ZÁPIS MODELU	41
<b>8. VÝPOČET EMISÍ SPALOVACÍCH MOTORŮ OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ ....</b>	<b>45</b>
<b>9. KOMPARACE VÝSLEDKŮ A VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>47</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>48</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>50</b>

## SEZNAM TABULEK A ILUSTRACÍ

Tabulka 1: Mezinárodní srovnání výhod v oblasti elektromobility .....	16
Tabulka 2: Celkové emise z dopravy podle škodlivých látek, v tunách.....	26
Tabulka 3: Celkové emise plynů v silniční individuální dopravě, v tunách .....	26
Tabulka 4: Produkce CO <sub>2</sub> v osobní dopravě podle norem EURO pro benzínová vozidla, v tis. tunách .....	27
Tabulka 5: Produkce CO <sub>2</sub> v osobní dopravě podle norem EURO pro naftová vozidla, v tis. tunách .....	27
Tabulka 6: Počet nehodových událostí v silničním provozu.....	28
Tabulka 7: Počet registrovaných osobních automobilů v ČR 2010-2018.....	32
Tabulka 8: Počet osobních automobilů podle věku 2010-2018 .....	32
Tabulka 9: Průměrné stáří osobních automobilů 2011-2017.....	32
Tabulka 10: Počet osobních automobilů podle typu paliva.....	33
Tabulka 11: Specifikované vstupy elektrárenského mixu ČR.....	38
Tabulka 12: Specifikované výstupy elektrárenského mixu ČR.....	39
Tabulka 13: Výpočet průměrné spotřeby elektromobilů dle technických specifikací .....	40
Tabulka 14: Poměr všech barev (vstupů) přecházejících přes hranu z místa p1 do přechodu t1 .....	42
Tabulka 15: Poměr všech výstupů p3 při přeměně elektrické energie .....	43
Tabulka 16: Výpočet průměrných emisí spalovacích OA.....	46
Tabulka 17: Porovnání vyprodukovaných emisí CO <sub>2</sub> elektrickými a spalovacími motory OA .....	47
Obrázek 1: Základní pilíře trvale udržitelného rozvoje a jeho cíle .....	20
Obrázek 2: Změna osobní mobility v souvislosti s ekonomickým rozvojem .....	23
Obrázek 3: Podíl obyvatel vystavených hluku vyššímu než 55 dB v denní době, (%).....	28
Obrázek 4: Grafické znázornění modelu environmentálních dopadů elektromobilů.....	41
Vzorec 1: Výpočet spotřeby elektromobilu na 100 km.....	40
Vzorec 2: Převod jednotky z g/km na kg/100 km .....	45
Graf 1: Převážné výkony podle druhu dopravy na obyvatele 1993-2017 .....	33



## SEZNAM ZKRATEK

ACEA	Evropská asociace výrobců automobilů
AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
AVAS	Acoustic Vehicle Alert Systems
EU	Evropská unie
CSR	Společenská odpovědnost organizací
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČR	Česká republika
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OA	Osobní automobil
Sb.	Sbírka zákonů
SDA	Svaz dovozců automobilů
SPŽP	Státní politika životního prostředí
ŽP	Životní prostředí

## ÚVOD

Tato práce se zabývá komparací vlivů spalovacích a elektrických motorů osobních automobilů na životní prostředí v podmínkách České republiky. Hlavním důvodem, proč jsem si toto téma pro diplomovou práci zvolila, je poukázat na vlivy spalovacích a elektrických motorů, objektivně vyvrátit domněnku společnosti, že elektrické motory jsou výhradně tzv. bezemisní, a mimo jiné také, že motorismus či doprava obecně patří mezi mé velké záliby.

Životní prostředí je rozhodně nedílnou součástí života každého člověka, a proto je důležité se o něj smysluplně starat a zajímat. Mezi negativní vlivy na životní prostředí se řadí i oblast dopravy. Životní prostředí je dopravou negativně ovlivněno skrze vlivy jako jsou znečištění ovzduší, hluk, vibrace, dopravní nehody, znečištění vod a zábor půdy. Z tohoto důvodu je důležité tyto vlivy mít stále na paměti, publikovat, vyhodnocovat a nejlépe zavádět opatření, která jim budou předcházet. Tyto i jiné funkce v České republice jsou především v kompetencích Ministerstva životního prostředí a Ministerstva dopravy. Ale i činnosti ostatních ministerstev mohou zasahovat do této problematiky. V oblasti životního prostředí stát zastává především funkci koncepční, koordinační a regulační. Tato oblast je také charakteristická velkým počtem orgánů veřejné správy, které tyto funkce mají rozdělené. Strategickým dokumentem zabývajícím se aplikací určitých opatření či strategií se nazývá Státní politika životního prostředí. V oblasti dopravy stát zastává tyto funkce: rozvoj dopravní infrastruktury, stanovení pravidel na dopravním trhu, novelizace zákonných předpisů a mnoho dalších. Tyto i jiné funkce jsou uvedeny ve strategickém dokumentu zvaném Dopravní politika České republiky.

V dnešní době termín elektromobilita je často probíraný termín zejména kvůli menšímu negativnímu vlivu na životní prostředí. Tento termín je také používán v rámci udržitelného rozvoje. Přestože již elektromobilita existuje, lze tvrdit, že je stále na začátku vývoje a do budoucna se bude muset vyrovnat s překážkami jako jsou infrastruktura, šetrnější výroba elektro baterií a zejména s omezenými zdroji elektrické energie v síti. Avšak některé evropské státy, především severské, si v této oblasti vedou lépe než ostatní. Tento trend je ovlivněn státními finančními pobídkami, které jsou majitelům elektromobilů nabízeny a také jakou úlohu stát má v oblastech dopravy, životního prostředí a dalších. Důležité je i jaké postavení doprava ve společnosti má. Tento postoj je mimo jiné ovlivněn ekonomickým rozvojem dané země. Přičemž doprava je považována za pilíř ekonomiky. Další otázkou je charakteristika vozového parku zvolené země. Mezi sledované indikátory vozového parku se řadí např. počet registrovaných osobních automobilů a jejich struktura, pod kterou si lze představit např. počet

vznětových, zážehových či elektrických motorů na celkovém počtu registrovaných osobních automobilů, průměrné stáří osobních automobilů, vývoj přepravních výkonů v různých druzích doprav i množství emisí plynů vyprodukovaných silniční dopravou. Tyto statistiky umožňují si vytvořit ucelenější pohled na danou problematiku.

Aby bylo možné dojít k cíli této práce je potřeba vymezit metody, které výpočet zvoleného indikátoru (vyprodukované emise CO<sub>2</sub> v kg/100 km) dokáží realizovat. Proto byl zvolen nástroj zvaný Petriho síť. Dále je potřeba stanovit elektrárenský mix České republiky, zohledňující parametry, které jsou pro výrobu elektrické energie v České republice charakteristické a klíčové. Díky tomuto mixu implementovaného do modelu lze dojít k výsledným vyprodukovaným emisím CO<sub>2</sub> v kg/100 km, které zahrnují emise vytvořené pouze provozem elektromobilů. Aby bylo možné provést komparaci vlivu elektromobilů a spalovacích motorů osobních automobilů, je vyžadován totožný indikátor, ale reprezentující spalovací motory osobních automobilů. Tento indikátor je vypočítán díky datům a informacím týkajících se charakteristiky vozového parku v České republice. A na závěr je provedeno vyhodnocení zjištěných výsledků.

**Cílem této práce je tedy popis a komparace vlivů spalovacích a elektrických motorů osobních automobilů na životní prostředí v podmínkách České republiky a také celkové vyhodnocení dané komparace.**

# 1. VYMEZENÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Kvalitní životní prostředí (dále jen „ŽP“) je jeden z nejdůležitějších předpokladů pro lidské zdraví a prospěšné životní podmínky (Životní prostředí a zdraví, c2008). I z těchto důvodů je důležité vymezit tento pojem. Lze si pod ním také představit prostor, ve kterém lze realizovat nejenom ekonomické aktivity lidstva. V České republice (dále jen „ČR“) je ŽP upraveno zákonem č. 17/1992 Sb., o životním prostředí ze dne 5. prosince 1991, který tento pojem definuje takto: „*Životním prostředím je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie*“ (Zákon č. 17/1992 Sb., § 2). Odborný výkladový slovník životního prostředí tento pojem definuje následovně: „*Soubor všech činitelů, se kterými přijde do styku živý subjekt a podmínek kterými je obklopen. Tedy vše, na co subjekt přímo i nepřímo působí. Subjektem může být chápán organismus, populace, člověk i celá lidská společnost. Většinou se pojem životní prostředí chápe ve smyslu životní prostředí člověka*“ (Význam slova "Životní prostředí", c2004-2019). O životním prostředí se mimo zmíněného zákona taktéž zmiňuje Ústava České republiky i Listina základních lidských práv a svobod (dále jen „Listina“). Článek 7 Ústavy České republiky uvádí, že: „Stát dbá na šetrné využívání přírodních zdrojů a ochranu přírodního bohatství“ Dále článek 35 Listiny zakotvuje tyto práva:

- „*Každý má právo na příznivé životní prostředí*“,
- „*Každý má právo na včasné a úplné informace o stavu životního prostředí a přírodních zdrojů*“ a
- „*Při výkonu svých práv nikdo nesmí ohrožovat ani poškozovat životní prostředí, přírodní zdroje, druhové bohatství přírody a kulturní památky nad míru stanovenou zákonem*“ (Listina základních práv a svobod, 1993, čl. 35.).

Pokud zákonná definice vymezuje za základní složky životního prostředí: ovzduší, vodu, horniny, půdu, organismy, ekosystémy a energie, je potřeba tyto části také chránit. Proto je zapotřebí, aby byla vytvořena organizace, která by tento úkol zabezpečovala, kontrolovala a případně regulovala. V následující podkapitole je o tomto tématu pojednáno.

## 1.1. Organizace ochrany životního prostředí

V ČR je organizace ochrany životního prostředí zakotvena ve všech třech státních mocích. Pro naše účely je nejdůležitější část výkonné moci, která představuje orgány veřejné správy.

Důležitou roli v organizaci zaujímá i zákon č. 114/1992 Sb., o ochranně přírody a krajiny, který určuje orgány ochrany přírody, specifikuje pravomoci a kompetence jednotlivých orgánů apod.

V dnešní době jsou kompetence a pravomoci v oblasti ochrany životního prostředí rozčleněny velkému počtu orgánů veřejné správy. Tyto orgány se dělí podle různých hledisek působnosti.

- Působnost územní rozlišuje orgány veřejné správy na:
  - ústřední (na úrovni celé ČR),
  - regionální (na úrovni krajů) a
  - místní (na úrovni obcí).
- Věcné hledisko rozlišuje:
  - Obecné orgány veřejné správy, pod které spadají ministerstva (zejména Ministerstvo životního prostředí), orgány krajů i obcí, a
  - Zvláštní orgány veřejné správy jako jsou např. Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Český báňský úřad, Česká inspekce životního prostředí, správy národních parků, dále Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, orgány hygienické, celní úřady a mnoho dalších (Tuháček, Jelínková a kol., 2015, s. 49).

Nicméně je také důležité vědět, že veřejná správa se dělí na:

- státní správu,
- samosprávu.

Státní správa v sobě zahrnuje stát, respektive jeho orgány jako jsou např. vláda, ministerstva, ústřední správní úřady, specializované orgány apod. Naopak samosprávu zajišťují veřejnoprávní korporace (obce, kraje), které nespádají pod stát. Tyto korporace zabezpečují tzv. samostatnou a přenesenou působnost (výkon státní správy). A právě přenesená působnost, kterou disponují orgány obcí a krajů, hraje významnou roli při praktické ochraně životního prostředí v regionu (Tuháček, Jelínková a kol., 2015).

## **1.2. Role orgánů veřejné správy v oblasti ochrany životního prostředí**

Každý orgán veřejné správy v této oblasti má svůj specifický účel. V další části textu jsou i tyto účely rozebrány.

### 1.2.1. Vláda

Vláda představuje, jak již bylo zmíněno, ústřední orgán výkonné moci. Má možnost navrhovat zákony do Poslanecké sněmovny ČR a vydávat nařízení k provedení zákonů. Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v § 25 odst. 3. stanovuje, že vláda je oprávněna vyhlášovat nařízením chráněné krajinné oblasti. Další významnými činnostmi vlády v této problematice jsou schvalování státní politiky, každoroční projednávání a schvalování zprávy o stavu životního prostředí České republiky, kterou následně předkládá Parlamentu ČR (Tuháček, Jelínková a kol., 2015). Z výše uvedeného textu vyplývá, že vláda má převážně funkci rozhodovací a funkci zákonodárné iniciativy.

### 1.2.2. Ministerstva

Nejdůležitější kompetence a pravomoci v probírané oblasti má Ministerstvo životního prostředí (dále jen „MŽP“). Připravuje návrhy zákonů, nařízení vlády, vydává vyhlášky atd., vše jen v jeho působnosti. Má tedy roli legislativní, koncepční, koordinační, metodickou i dozorovou (Tuháček, Jelínková a kol., 2015). *„MŽP bylo zřízeno jako orgán státní správy a orgán vrchního dozoru ve věcech životního prostředí. MŽP je ústředním orgánem státní správy pro:*

- *ochranu přirozené akumulace vod,*
- *ochranu vodních zdrojů a ochranu jakosti podzemních a povrchových vod,*
- *ochranu ovzduší,*
- *ochranu přírody a krajiny,*
- *ochranu zemědělského půdního fondu,*
- *výkon státní geologické služby,*
- *ochranu horninového prostředí, včetně ochrany nerostných zdrojů a podzemních vod,*
- *geologické práce a ekologický dohled nad těžbou,*
- *odpadové hospodářství,*
- *posuzování vlivů činností a jejich důsledků na životní prostředí, včetně těch, které přesahují hranice státu,*
- *myslivost, rybářství a lesní hospodářství v národních parcích,*

- *státní ekologickou politiku*“ (Historie a poslání MŽP, c2008-2019).

MŽP taktéž usměrňuje postupy všech ostatních ministerstev a dalších ústředních orgánů státní správy ve věcech životního prostředí tak, aby byla zajištěna kontrolní činnost vlády. (Historie a poslání MŽP, c2008-2019).

Tyto organizace: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR (dále jen „AOPK ČR“), CENIA, česká informační agentura životního prostředí (dále jen CENIA), Česká geologická služba, Česká inspekce životního prostředí (dále jen „ČIŽP“), Český hydrometeorologický ústav, Správa jeskyní České republiky, správy národních parků, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, jsou označovány za tzv. rezortní organizace. To znamená jediné. Jsou přímo podřízené MŽP (Tuháček, Jelínková a kol., 2015).

V ČR existují i další ministerstva, která mají určité kompetence v oblasti ochrany životního prostředí. Jsou jimi například: Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo pro místní rozvoj, Ministerstvo průmyslu a obchodu či Ministerstvo kultury (Tuháček, Jelínková a kol., 2015).

Je na místě zmínit, že ministerstva přispívají ke kvalitnějšímu ovzduší i tím, že vypisují dotační tituly týkající se elektromobility a dalších alternativních přístupů. Bohužel tyto dotační tituly mohou využívat pouze právnické osoby a s tím se pojí mizivá míra (ne)využívání elektromobilů v ČR oproti jiným převážně severským státům. Například Norsko je označováno za světovou velmoc v oblasti elektromobility. V Norsku v březnu v roce 2019 podíl elektromobilů na nově prodané automobily činil 58,4 % a dlouhodobé statistiky udávají 48% podíl. Prodej spalovacích automobilů ve stejném období (březen 2019) představoval pouze 23% podíl, zbytek byl tvořen hybridními modely. Tyto statistiky jsou ovlivněny zejména početnými výhodami, které majitelé elektromobilů mohou využívat. Jedná se především o státní finanční výpomoci jako například výjimka z dovozních cel a DPH, osvobození od mýtného a poplatků za registraci vozidla, i využívání dopravních pruhů určených pro městskou hromadnou dopravu v době dopravních kolon (Březinová, c2014-2020). Mezinárodní porovnání výhod v oblasti elektromobility je uvedeno v níže zobrazené tabulce č. 1.

**Tabulka 1:** Mezinárodní srovnání výhod v oblasti elektromobility

	podpora pro majitele elektromobilů	Podíl elektromobilů na registraci vozidel v roce 2018
Česká republika	nulová silniční daň, v Praze parkování zdarma	0,7%
Polsko	o podpoře se uvažuje	0,3%
Slovensko	dotace* od 3 000 do 5 000 eur, nulová silniční daň, nejnižší registrační sazba	0,6%
Maďarsko	sleva až 21% z ceny nového vozidla, osvobození od registrační a silniční daně, nulová daň pro firemní vozy, zvláštní registrační značka	2,5%
Slovinsko	dotace* až 7 500 eur, nižší silniční daň,	1,5%
Rakousko	nulová spotřební daň, vlastnická daň a daň ze znečištění, možnost odpočtu DPH	4,5%
Francie	dotace* až 6 000 eur, příspěvek až 4 000 eur za likvidaci starého dieselu, osvobození od silniční daně na 10 let	3,5%
Španělsko	nižší lokální daně, nižší daně pro firemní vozy	1,4%
Německo	dotace* 4 000 eur, osvobození od silniční daně na 10 let	3,1%
Nizozemí	úspora až 19 000 eur během 5 let vlastnictví, daňová osvobození (např. registrační daň)	12,7%
Velká Británie	dotace* 3 500 liber, nižší daně a poplatky v závislosti pro občany i firmy	3,2%
Norsko	nulová daň např. z nabytí nebo DPH, snížené nebo žádné místní poplatky ve městech, na dálnicích nebo trajektech	80,3%

\* dotace se týká nákupu nového vozidla

*Zdroj: Storyboard, 2020*

### 1.2.3. Orgány obcí a krajů

Z předchozích informací je již zřejmé, že obce i kraje disponují samostatnou a přenesenou působností. V samostatné působnosti si obce či kraje rozhodují samostatně v mezích zákonů. Rozhodují si mimo jiné i o všestranném rozvoji svého území prostřednictvím územního plánu, pečují o potřeby ochrany a rozvoje zdraví a majetku, o kulturní rozvoj apod. (Zákon č. 128/2000



Sb., o obcích; Zákon č. 129/2000 Sb., o krajích). K zabezpečení výše zmíněných povinností obce vydávají obecně závazné vyhlášky. V přenesené působnosti obce i kraje, jsou-li k tomu zmocněny, vydávají nařízení, o kterých samostatně nerozhodují, jelikož spadají pod výkon státní správy. Nicméně mají stejný význam jako obecně závazné vyhlášky, a to zabezpečit určitý cíl. Konkrétními příklady nařízení rady kraje mohou být: zřizování přírodního parku, přírodní rezervace a další (Tuháček, Jelínková a kol., 2015). Z výše uvedeného vyplývá, že obce mají funkci rozhodovací, a to pouze v mezích zákonů, vykonávají své kompetence k zajištění přeneseného výkonu státní správy v oblasti ochrany životního prostředí a funkci dozorovou.

Lze také pozorovat, že každá obec nemá stejný rozsah kompetencí v přenesené působnosti. Obce se podle tohoto rozsahu dělí na:

- obce se základním rozsahem přenesené působnosti,
- obce s pověřeným obecním úřadem,
- obce s rozšířenou působností (Obce, c2002-2019).

Nejvíce kompetencí v oblasti ochrany životního prostředí je svěřeno obcím s rozšířenou působností. V zákoně č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny jsou mimo jiné uvedeny tyto kompetence: vydávání závazných stanovisek k odlesňování a zalesňování pozemků nad 0,5 ha a k výstavbě lesních cest, vykonávají státní dozor v ochraně přírody a krajiny. Každopádně i obce se základním rozsahem přenesené působnosti mají určité povinnosti (např. povolují kácení dřevin, ukládají náhradní výsadbu a vedou evidenci pozemků, které jsou vhodné v náhradní výsadbě) (Zákon č. 114/1992 Sb., § 76).

#### **1.2.4. Další instituce ochrany životního prostředí**

V ČR je několik dalších institucí, které se zabývají ochranou životního prostředí. Pro účely této práce jsou zmíněny pouze ČIŽP, AOPK ČR a CENIA.

#### **Česká inspekce životního prostředí**

ČIŽP je odborný orgán, který vykonává dohled, zda jsou právní předpisy týkající se životního prostředí dodržovány. Dále také dohlíží, zda jsou respektována závazná rozhodnutí správních orgánů v oblasti ŽP (O nás, c2004-2016).

Konkrétní činnosti, které ČIŽP vykonává jsou mimo jiné: provádí kontroly (inspekce), kontroluje obchod a nakládání s ohroženými druhy živočichů, rostlin a výrobků z nich, řeší

podněty občanů i právnický osob, informuje veřejnost i sdělovací prostředky a orgány státní správy o údajích o životním prostředí (Působnosti, c2004-2016).

Kompetence ČIŽP se rozlišují podle typů činnosti, které vykonává. V oblasti dozoru provádí kontroly, revize, prověrky apod. V případě sankcí vydává pokuty právnickým i fyzickým osobám a omezení či zastavení činnosti nebo provozu. Dále vydává opatření k nápravě zjištěných nedostatků, eviduje havárie a spolupracuje při jejich řešení. Dalšími kompetencemi jsou vydávání stanovisek, vyjádření a souhlasů pro jiné orgány. V neposlední řadě se zabývá řešením podnětů (Kompetence ČIŽP, c 2004-2016).

## **Agentura ochrany přírody a krajiny ČR**

Jedná se o organizační složku státu, která byla založena zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Mezi její hlavní činnosti patří:

- získávání, poskytování informací o ochraně přírody a krajiny na úrovni státní i mezinárodní,
- vypracovávání odborných stanovisek a metodických materiálů,
- vzdělávací činnosti,
- administrace dotačních titulů v oblasti ochrany přírody a krajiny (O AOPK ČR, c2019).

## **CENIA, česká informační agentura životního prostředí**

CENIA byla zřízena zřizovací listinou, kterou vydalo MŽP. Je to tedy příspěvková organizace, jejíž hlavním úkolem je: „*shromažďování, hodnocení a interpretace informací o životním prostředí a jejich poskytování odborné a laické veřejnosti*“ (Profil organizace, c2019). CENIA také připravuje národní hodnotící, strategické a koncepční dokumenty, které vypracovalo MŽP. Dále spravuje datový portál Informační systém statistiky a reportingu životního prostředí ISSaR, který obsahuje různé druhy statistických dat z oblasti související se životním prostředím. Publikuje Zprávu o životním prostředí České republiky, zprávy o životním prostředí v krajích České republiky a taktéž Statistickou ročenku životního prostředí České republiky (Profil organizace, c2019).

## 2. POLITIKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Politika životního prostředí ČR je významně determinována Evropskou unií (dále jen „EU“). Je to převážně způsobeno povinností ČR implementovat do svého právního řádu schválená nařízení či směrnice EU týkající se otázek životního prostředí. Česká republika před vstupem do EU nedosahovala tak vysoké úrovně v oblasti ochrany životního prostředí jako tehdejší členové EU. Nedisponovala přísnější legislativou a ani její naplňování nebylo stoprocentní. Tudíž se ČR musela zavázat, že dané normy EU bude plnit. V případě, že by tak neplnila, Evropská komise by mohla dotyčný stát napomenout či dokonce proti němu zahájit řízení. V krajním případě může dojít až k žalobě u Evropského soudního dvora (Kuchyňková, c2005-2019). Většina agendy spojená se životním prostředím, která vyplývá z EU je v gesci MŽP a dalších institucích, které byly popsány v minulé kapitole.

MŽP taktéž vysvětluje, co politika životního prostředí neboli environmentální politika ČR znamená a jaké jsou její cíle. Podle MŽP základním cílem této politiky je poskytovat legislativní rámec pro rozhodování a aktivity na mezinárodní, národní, krajské i lokální úrovni. Je to zároveň nástroj, který by měl zajistit zvyšování kvality životního prostředí jak celku, tak i jeho složek a dalších souvisejících částí. Dále se politika životního prostředí soustředí na to, aby se ŽP a zejména jeho ochrana začleňovala do sektorových politik (např. dopravní politika), zvyšovala ekonomická efektivnost environmentálních programů či činností za podmínky sociální akceptace. Tato politika se řídí i principy trvale udržitelného rozvoje (Environmentální politika a nástroje, c2008-2019).

Pojem trvale udržitelný rozvoj se v dnešní době často používá v souvislosti s tím, že téměř naprostá většina hospodářských činností by měla být v souladu s tímto rozvojem. Tento trend se odvíjí od myšlenek, jak udržet stabilní tempo ekonomického růstu současně s nesnižováním kvality životního prostředí. Ekonomický růst je spojen s využíváním vzácných (omezených) přírodních zdrojů a tím i s rostoucí produkcí odpadu. Během 70. let 20. stol. Římský klub upozornil, že neustálý ekonomický růst může zkolabovat v důsledku omezených přírodních zdrojů. Aby ke kolapsu nedošlo, musí být zajištěno, aby ekonomická sféra byla v souladu s environmentální i se sociální (Meadows, Meadows, Randers a Behrens, 1972). A to je základní podstata trvale udržitelného rozvoje. Trvale udržitelný rozvoj je tedy takový rozvoj, který zabezpečí potřeby současné generaci a zároveň neohrozí plnění potřeb generacím budoucím (Udržitelný rozvoj, c2008-2019). Z toho jasně vyplývá, že základními pilíři trvale udržitelného rozvoje jsou: ekonomický pilíř, environmentální pilíř a sociální pilíř. Na obrázku níže jsou tyto pilíře zobrazeny a demonstrují i cíle tohoto rozvoje.



**Obrázek 1:** Základní pilíře trvale udržitelného rozvoje a jeho cíle

*Zdroj: Udržitelný rozvoj, c2008-2019*

Udržitelný rozvoj zaujímá významné postavení i v politice životního prostředí ČR. V následující podkapitole jsou popsány nástroje ochrany životního prostředí, které zajišťují naplňování stanovených cílů ochrany životního prostředí.

## 2.1. Nástroje ochrany životního prostředí

Tyto nástroje se rozdělují na 3 základní skupiny:

- právní nástroje,
- ekonomické nástroje,
- dobrovolné nástroje (Vitejtenazemi.cz, c2013).

### 2.1.1. Právní nástroje

Mezi tyto nástroje se řadí, jak název napovídá, zákony, vyhlášky, zákazy, příkazy, standardy, nařízení Evropského parlamentu, Rady EU, strategické dokumenty, implementační plány apod. (Vitejtenazemi.cz, c2013; Tuháček, Jelínková a kol., 2015). Dodržování některých z nich je povinné a vymahatelné. Právní nástroje se v reálném světě používají nejčastěji i přesto, že mají své největší negativum, a to je časové zpoždění. Určitý čas trvá než se legislativa či jiný nástroj připraví, projedná a schválí. A tím se může zamýšlený cíl míjet účinkem.

Jeden z důležitých plánů, které vláda ČR schvaluje se nazývá Státní politika životního prostředí České republiky (dále jen „SPŽP“). Je to střednědobý plán, který realizuje efektivní ochranu životního prostředí ČR. „*Hlavním cílem je zajistit zdravé a kvalitní životní prostředí pro občany žijící v České republice, výrazně přispět k efektivnímu využívání veškerých zdrojů a minimalizovat negativní dopady lidské činnosti na životní prostředí, včetně dopadů přesahujících hranice státu, a přispět tak ke zlepšování kvality života v Evropě i celosvětově*“ (Státní politika životního prostředí ČR, c2008-2019, s. 3). Vždy je stanovena

na určité období. Např. nynější SPŽP se realizuje od roku 2012 do roku 2020 (Strategické dokumenty, c2019). SPŽP se soustřeďuje převážně na tyto oblasti:

- ochrana a udržitelné využívání zdrojů,
- ochrana klimatu a zlepšení kvality ovzduší,
- ochrana přírody a krajiny,
- bezpečné prostředí (Státní politika životního prostředí ČR, c2008-2019).

Pro lepší kvalitu ovzduší je potřeba, aby se negativní dopady lidské činnosti, které způsobují znečišťování ovzduší, minimalizovaly. K tomu je zapotřebí snížit závislost na fosilních palivech a více podporovat a využívat alternativní pohony dopravních prostředků, jelikož doprava má významný vliv na znečišťování ovzduší. Zmíněné možnosti mohou přispívat ke splnění národních i evropských cílů týkající se ochrany klimatu.

Dalšími strategickými dokumenty mohou např. být: Národní program snižování emisí, Politika ochrany klimatu v ČR, Strategický rámec Česká republika 2030, Státní program ochrany přírody a krajiny a další (Strategické dokumenty v gesci MŽP, c2008-2019).

Zákazy jako další druh nástroje mohou mít tuto podobu:

- zákaz činností – zákaz volného táboření v národních parcích...,
- zákazy staveb – v národních přírodních rezervacích...,
- zákazy výroby (Tuháček, Jelínková a kol, 2015).

Dalším nástrojem jsou standardy reprezentující závazné ukazatele ochrany přírody a krajiny před znečišťováním nebo při využívání ŽP. Mají podobu emisních a imisních limitů (emisní limity CO<sub>2</sub>), hygienické limity, nejvyšší přípustné koncentrace či technické parametry (Tuháček, Jelínková a kol., 2015).

### **2.1.2. Ekonomické nástroje**

Ekonomické nástroje představují nejčastěji používané nástroje ochrany ŽP. Řadí se mezi ně poplatky za znečišťování životního prostředí a využívání přírodních zdrojů a ostatní poplatky. Pod prvními zmíněnými si lze představit např. poplatky za vypouštění odpadních vod do vod povrchových, poplatky za odebrané množství podzemní vody a za správu vodních toků, poplatky za komunální odpad atd. Do ostatních poplatků lze zařadit mýtné, místní poplatky za povolení vjezdu s motorovým vozidlem do vybraných míst a částí měst apod. (Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2018, 2019).

### **2.1.3. Dobrovolné nástroje**

Jako dobrovolné nástroje ochrany životního prostředí mohou být označeny ty aktivity, které vedou ke snížení negativních dopadů na ŽP a jsou vykonávány podnikatelskými a dalšími subjekty dobrovolně nad rámec zákonů. Mezi ně se např. řadí tzv. systém environmentálního řízení a auditu EMAS, environmentální značení či dobrovolné dohody mezi podnikatelským a veřejným sektorem (Dobrovolné nástroje, c2008-2019).

Systém environmentálního řízení a auditu EMAS je způsob, kterým organizace mohou doložit, že dbají na ochranu životního prostředí a že environmentální dopady jejich výrobků či služeb jsou brány v úvahu (EMAS, c2008-2019).

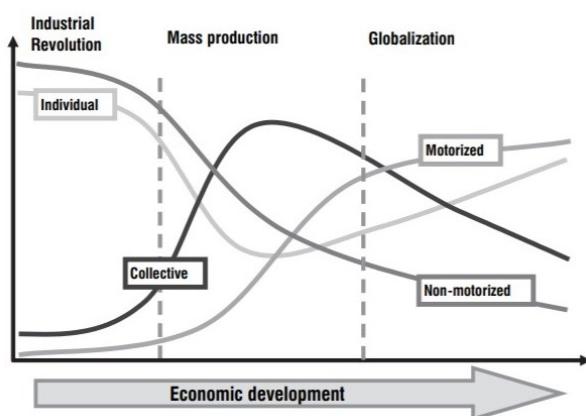
Environmentální značení reprezentuje označování produktů s cílem informovat spotřebitele o vlastnostech daného produktu. Výrobky či služby mohou být označeny značkami, které poskytují informace o nižších environmentálních dopadech než jiné srovnatelné produkty, recyklovatelnosti nebo o celkovém vlivu daného produktu na ŽP (Environmentální značení, c2008-2019).

Dobrovolné dohody představují smluvní závazky mezi veřejnými a soukromými subjekty. Mohou mít podobu jednostranných závazků, veřejných dobrovolných programů či dobrovolných environmentálních dohod (Dobrovolné dohody, c2008-2019).

### 3. DOPRAVA A JEJÍ POSTAVENÍ VE SPOLEČNOSTI

Doprava v dnešní době ve společnosti zaujímá významné postavení. Je to způsobeno potřebou uspokojovat své potřeby, především přemísťovat statky a sami sebe z místa A do místa B, ale také lidským a technologickým vývojem. Obecně lze dopravu označit za: „Záměrnou a organizovanou činnost spočívající v přemísťování věcí a osob dopravními prostředky po veřejné dopravní infrastruktuře v reálném čase“ (Žemlička, Mynářík, 2008, s. 9). Eisler, Kunst a Orava tvrdí: „Doprava patří do odvětví národního hospodářství tvořící celkovou infrastrukturu ekonomiky“ (Eisler, Kunst a Orava, 2011, s. 58).

Adamec (Adamec a kol., 2008) ve své knize dopravu přímo považuje za jeden z nejdůležitějších pilířů, na kterém celá ekonomika stojí. Příčinou toho je globalizace a rostoucí specializace regionů. Rodrigue, Comtois a Slack (2006) poukazují, že ekonomický rozvoj hraje roli v rozdílném užívání různých druhů osobní dopravy. Během průmyslové revoluce převládala chůze (nemotorové dopravní prostředky), při expanzi masové výroby dochází k růstu kolektivní osobní dopravy (autobusy, tramvaje) a vlivem technologií i globalizace roste význam motorových dopravních prostředků jako nástroj osobní dopravy.



**Obrázek 2:** Změna osobní mobility v souvislosti s ekonomickým rozvojem

*Zdroj: Rodrigue, Comtois a Slack, 2006*

Doprava sama o sobě nemá jen svá pozitivita, ale disponuje i svými negativními stránkami. Příkladem mohou být stále častěji zmiňované negativní dopady na zdraví člověka a na kvalitu životního prostředí. Proto je potřeba, aby doprava našla rovnováhu jak mezi jejím rozvojem, společenskými a ekonomickými přínosy, tak i ochranou zdraví člověka a ŽP (Adamec a kol., 2008). Tento úkol se již pozvolna realizuje. Popularizují a také se využívají alternativní pohony, které zajišťují této oblasti rozvoj, ekonomické přínosy ve formě snížení nákladů a společenské přínosy v podobě kvalitnějšího ovzduší.

Doprava má i svou celospolečenskou funkci, která se rozděluje na:

- ekonomickou,
- společenskou (Žemlička, Mynářík, 2008).

Ekonomická funkce má za cíl, co nejefektivnějším způsobem, uspokojit potřeby národního hospodářství a společnosti prostřednictvím kombinace kvality a rozsahem dopravy. Tudiž pod touto funkcí si lze představit např. rostoucí hrubý domácí produkt způsobený dopravou či zvyšování zaměstnanosti. Tím se doprava řadí mezi tzv. infrastrukturální odvětví. To znamená, že se jedná o činnost, která je předpokladem pro rozvoj společnosti i ekonomiky (Žemlička, Mynářík, 2008). Na druhou stranu doprava může i ekonomické procesy omezovat v závislosti na úrovni dopravního systému (Adamec a kol., 2008).

Společenská funkce pod sebou skrývá jednotlivé položky. Mezi ně můžeme zařadit tyto funkce: funkce ovlivňující životní úroveň a styl, obrany státu, sociální, ekologická, a kulturní (Žemlička, Mynářík, 2008). Z výše uvedených funkcí je funkce sociální velmi podstatná, z toho důvodu, že doprava umožňuje lidem navzájem mezi sebou komunikovat a setkávat se (Adamec a kol., 2008).

Doprava se člení do několik kategorií, podle toho, kde doprava probíhá:

- Pevnina – silniční, železniční, cyklistická, pěší nebo potrubní,
- Voda – vodní vnitrozemská, námořní,
- Vzduch – letecká (Adamec a kol., 2008).

V této práci bude věnována pozornost silniční dopravě, a to především té osobní (individuální). Silniční doprava je nejvíce využívána na krátké a středně dlouhé vzdálenosti a jejích primárním úkolem je přeprava osob. Od 70. letech 20. století dochází takřka stále k výraznému rozvoji, který mimo jiné s sebou nese potřebu budovat kvalitní silniční síť. Stejně jako ostatní druhy dopravy má silniční doprava své klady a zápory. Za klady jsou považovány její dostupnost a operativnost. Na druhou stranu disponuje nižší bezpečností a zejména vyšším negativním vlivem na ŽP, který bude analyzován v následující podkapitole (Adamec a kol., 2008).

### **3.1. Negativní vlivy dopravy**

Právě negativní vlivy dopravy na ŽP mohou být považovány za překážku při dosahování udržitelného rozvoje ve společnosti. Společnost tyto vlivy již více vnímá a přisuzuje jim vyšší



důležitost, než tomu bývalo dříve (Žemlička, Mynářík, 2008). Mezi negativní vlivy patří zejména:

- Znečišťování ovzduší,
- Znečištění vody,
- Hluk a vibrace,
- Dopravní nehody,
- Zábor půdy a
- Usmrcená zvířata (Žemlička, Mynářík, 2008).

Tyto vlivy jsou způsobovány jak spalovacími, tak i elektrickými motory osobních automobilů, proto jim je věnována pozornost. Avšak některé vlivy (znečišťování ovzduší či vod a hluk) elektromobilů nemusejí vykazovat tak vysoké hodnoty jako spalovací motory osobních automobilů. Komparace hodnot týkajících se znečištění ovzduší v rámci spalovacích motorů osobních automobilů a elektromobilů je předmětem praktické části této práce. V níže uvedených podkapitolách jsou negativní vlivy blíže specifikovány, přičemž je kladen důraz na znečišťování ovzduší, které se přímo dotýká stanoveného cíle práce.

### **3.1.1. Znečišťování ovzduší**

Ke znečištění ovzduší dochází mimo jiné také spalováním fosilních paliv v dopravě, v průmyslu, v domácnostech či při výrobě elektřiny (Znečištění ovzduší, 2020). Při spalování fosilních paliv dochází k uvolňování škodlivých látek jako jsou: oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), oxid uhelnatý ( $\text{CO}$ ), oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), pevné částice ( $\text{PM}$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ ) a další (Adamec a kol., 2008). Některé látky nemají vliv na lidské zdraví, ale výrazně ovlivňují ŽP jako oxid uhličitý, který způsobuje z 50 % celkové globální oteplování. Oxid uhelnatý je jedovatý plyn reagující s kyslíkem na  $\text{CO}_2$  a podporuje vznik methanu, který také patří mezi skleníkové plyny. Oxidy dusíku společně se sírou způsobují kyselý dešť a snižují odolnost lidského organismu vůči virům (Žemlička a Mynářík, 2008). V následující tabulce jsou zobrazeny celkové emise z dopravy podle škodlivých látek. Nejvyšší podíl je tvořen oxidem uhličitým následovaným oxidem uhelnatým a oxidy dusíku.

**Tabulka 2:** Celkové emise z dopravy podle škodlivých látek, v tunách

Celkové emise z dopravy	2010	2014	2015	2016	2017	2018
CO <sub>2</sub> (oxid uhličitý)	18 142 800	18 330 000	19 055 800	19 966 400	20 499 000	20 838 500
CO (oxid uhelnatý)	208 900	119 200	105 900	101 300	93 600	80 300
Nox (oxidy dusíku)	79 400	68 500	65 600	63 700	63 600	59 600
N <sub>2</sub> O (oxid dusný)	700	700	700	700	800	800
Těkavé organické látky	28 000	19 100	17 500	16 200	15 700	14 900
CH <sub>4</sub> (metan)	1 800	1 200	1 100	1 100	1 100	1 000
SO <sub>2</sub> (oxid siřičitý)	200	200	200	200	200	200
Pevné částice	5 500	4 800	4 800	4 800	4 800	4 600
Celkem	18 467 300	18 543 700	19 251 600	20 154 400	20 678 800	20 999 900

*Zdroj: Ročenka dopravy České republiky 2018, 2018*

**Tabulka 3:** Celkové emise plynů v silniční individuální dopravě, v tunách

Emise plynů v silniční individuální dopravě	2010	2014	2015	2016	2017	2018
CO <sub>2</sub> (oxid uhličitý)	10 761 000	10 987 000	11 461 000	12 068 000	12 420 000	12 751 000
CO (oxid uhelnatý)	173 970	96 649	86 480	84 085	78 186	67 437
Nox (oxidy dusíku)	32 084	29 868	29 959	30 512	30 998	30 454
N <sub>2</sub> O (oxid dusný)	339	347	354	366	374	377
Těkavé organické látky	22 349	15 035	13 829	12 763	12 322	11 704
CH <sub>4</sub> (metan)	1 246	884	842	836	803	749
SO <sub>2</sub> (oxid siřičitý)	76	79	82	85	87	89
Pevné částice	2 743	2 562	2 586	2 653	2 689	2 650
Celkem	10 993 807	11 132 424	11 595 132	12 199 300	12 545 459	12 864 460

*Zdroj: Ročenka dopravy České republiky 2018, 2018*

V případě emisí v silniční individuální dopravě (tabulka č. 3) může být konstatováno, že emise ze silniční individuální dopravy mají významný vliv na celkové emise z dopravy, jelikož po celé sledované období emise v silniční individuální dopravě téměř vždy tvoří 60% podíl k celkovým emisím v dopravě. Přičemž nejvyšší podíl i hodnota emisí je tvořena oxidem uhličitým (12 751 tis. tun v roce 2018). Nejnižší podíl zaujímá oxid siřičitý (0,089 tis. tun v roce 2018).

Detailnější výpočty emisí CO<sub>2</sub> v osobní dopravě mohou být provedeny i podle plnění norem EURO (tabulka č. 4 a 5) Tyto výpočty vychází z emisního modelu COPERT. Přehled dat je zde uveden, jelikož tato práce neobsahuje výpočet emisí spalovacích motorů podle norem EURO. Nejvíce emisí CO<sub>2</sub> benzínových vozidel ve sledovaném období (viz tabulka č. 4) bylo vyprodukováno normou EURO 4. Toto může být způsobeno nejčtenějším zastoupením vozidel s výše uvedenou normou EURO 4. Za naftová vozidla nejvíce emisí CO<sub>2</sub> bylo vyprodukováno z normy EURO 5 (2641 tis. tun) za rok 2017, viz tabulka č. 5.

**Tabulka 4:** Produkce CO<sub>2</sub> v osobní dopravě podle norem EURO pro benzínová vozidla, v tis. tunách

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Osobní doprava	Pre EURO	992	869	700	538	410	283	194	170
	EURO 1	295	242	202	166	147	101	84	62
	EURO 2	654	594	521	464	435	368	332	294
	EURO 3	1046	963	875	801	779	746	729	679
	EURO 4	1767	1582	1422	1309	1287	1244	1215	1121
	EURO 5	372	672	881	1064	1206	1204	1189	1136
	EURO 6	0	0	0	0	28	381	750	938

*Zdroj: Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2017, 2018*

**Tabulka 5:** Produkce CO<sub>2</sub> v osobní dopravě podle norem EURO pro naftová vozidla, v tis. tunách

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Osobní doprava	Pre EURO	166	148	121	103	89	50	36	37
	EURO 1	139	107	86	72	64	42	33	29
	EURO 2	289	264	236	215	201	170	150	143
	EURO 3	1005	909	837	789	758	705	674	660
	EURO 4	2241	1886	1713	1619	1570	1497	1460	1436
	EURO 5	798	1495	2088	2667	2988	2846	2731	2641
	EURO 6	0	0	0	0	72	897	1614	2035

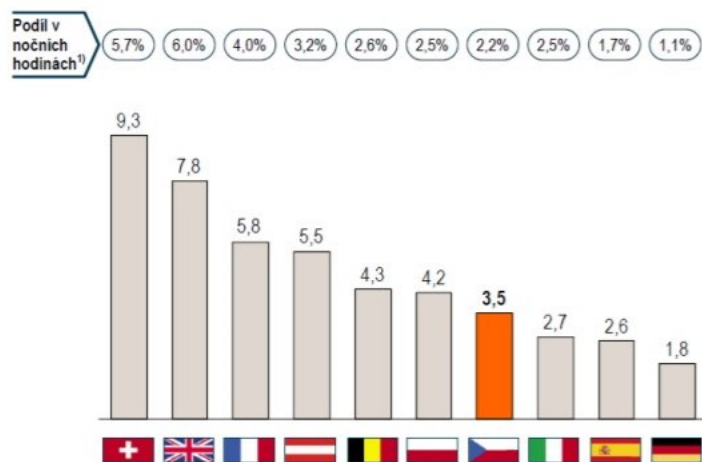
*Zdroj: Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2017, 2018*

V obou případech si lze všimnout, že vozidla s normou EURO 6 začala být v provozu od roku 2014. Dále je zde jasný trend nižších emisí CO<sub>2</sub> u starších norem (EURO 1, EURO 2). To může být způsobeno nižším počtem vozů splňující tyto normy.

Dalšími negativními vlivy, které jsou nepochybně spjaty s dopravou, jsou hluk a vibrace.

### 3.1.2. Hluk a vibrace

Hluk z dopravy vychází z motorů dopravních prostředků, z dotyku vozidel s dopravní cestou a z aerodynamických účinků karosérií. V porovnání s hlukem z výroby, hluk dopravy prochází celým územím, nikoliv jen pracovištěm a blízkým okolím (Žemlička, Mynářik, 2008). Podle Národního akčního plánu čisté mobility je v ČR vystaveno v denní době 3,5 % obyvatel hluku, který je vyšší než 55 dB. Jak lze vidět na obrázku č. 3., ČR nepatří k nejhorším vybraným evropským státům v této statistice. Největší procento obyvatel, kteří jsou vystaveni hluku vyššímu, než je 55 dB, je ve Švýcarsku. Naopak nejmenší procento dotčených obyvatel je v Německu.



<sup>1)</sup> Podíl obyvatel vystavených hluku vyššímu než 40 dB v nočních hodinách

**Obrázek 3:** Podíl obyvatel vystavených hluku vyššímu než 55 dB v denní době, (%)

*Zdroj: Národní akční plán čisté mobility, 2015, s. 43*

V případě elektromobilů je zřejmé, že jejich hlučnost je výrazně nižší než u spalovacích vozidel. To patří i mezi jejich přednosti. Nicméně kvůli nižší hlučnosti je vyšší pravděpodobnost dopravní nehody převážně s chodci. Z toho důvodu EU neřídila, aby od 1.7.2019 u všech nových elektrických i hybridních vozidel bylo doplněno zařízení vydávající vyšší hlučnost zvané Acoustic Vehicle Alert Systém (AVAS). Do června 2021 toto zařízení musí mít i starší vozidla, která jezdí bez uměle vytvořeného hluku (Mokříš, 2019). Díky tomuto opatření se tato přednost nižší hlučnosti stává méně významnou.

### 3.1.3. Dopravní nehody

I kvůli vyšší intenzitě dopravy roste pravděpodobnost nehody, při které může dojít ke kontaminaci povrchových i podzemních vod prostřednictvím úniku nebezpečných látek jako jsou pohonné hmoty, motorové oleje, provozní kapaliny či kyselina sírová (Adamec a kol., 2008). V tabulce č. 6 je zobrazen počet nehodových událostí a je zřejmé, že se počet nehod každý rok zvyšuje až na rok 2016 a 2017. V roce 2016 byl počet nehod nižší o 175 oproti předešlému roku. V roce 2017 byl počet nehod nižší o 123 nehod oproti roku 2016.

**Tabulka 6:** Počet nehodových událostí v silničním provozu

	2010	2014	2015	2016	2017	2018
Počet nehodových událostí	19 676	21 054	21 561	21 386	21 263	21 889

*Zdroj: Ročenka dopravy České republiky 2018, 2018*

Vzhledem k tomu, že důsledkem dopravních nehod může být znečištění vod, je tento vliv popsán níže.

#### **3.1.4. Znečištění vod**

Znečištění vod je zapříčiněno vypouštěním chemických a jiných škodlivých látek, a to jak přímým, tak i nepřímým způsobem. Výsledkem tohoto procesu je kontaminace či změna kvality podzemních vod, a tudíž i negativní působení na lidské zdraví, faunu a flóru. Ke znečištění, jak již bylo řečeno, může docházet prostřednictvím dopravních nehod, při kterých dochází k únikům nebezpečných látek (Žemlička, Mynářik, 2008).

#### **3.1.5. Zábor půdy**

Dalším negativním vlivem dopravy obecně je zábor půdy, kdy dochází k přeměně zemědělské nebo jiných druhů půdy na dopravní komunikace či infrastrukturu. Jednotlivé druhy dopravy se liší v rozsahu záboru půdy. Největší zábor půdy vykazuje silniční doprava, nižší hodnoty doprava železniční a nejnižší zábor půdy zaujímá letecká doprava (Žemlička, Mynářik, 2008).

## 4. DOPRAVNÍ POLITIKA ČESKÉ REPUBLIKY

Dopravní politika ČR je součástí tzv. hospodářské politiky státu, která kromě dopravní politiky obsahuje také politiku průmyslovou, energetickou a zemědělskou. Dopravní politika je ovlivněna i jinými oblastmi jako jsou např. ekologie, školství, kultura, obrana atd. Stejně jako ostatní politiky, dopravní politika odráží vliv EU např. zohledňuje emisní normy (limity) zvané EURO stanovené EU. Měla by být jednoznačně v souladu s historickým i ekonomickým rozvojem a také s geografickými specifikacemi. Dále by měla vycházet z jejího postavení ve společnosti. Hlavním účelem je stanovení pravidel na dopravním trhu a také vymezení úlohy státu v této oblasti tak, aby byla zajištěna dopravní obslužnost. Jako základní cíl je: „*Vytvářet podmínky pro rozvoj kvalitní dopravní soustavy postavené na využití technicko-ekonomicko-technologických vlastností jednotlivých druhů dopravy, na principech hospodářské soutěže s ohledem na její ekonomické a sociální vlivy a dopady na životní prostředí a veřejné zdraví*“ (Dopravní politika ČR pro období 2014-2020 s výhledem do roku 2050, 2013, s. 10). Mezi další cíle této politiky se řadí udržitelná mobilita osob i zboží, zachování účastí státu na rozvoji dopravní infrastruktury, sjednocení systému daní související s dopravou (mýto), podpora veřejné dopravy před individuální dopravou apod. (Žemlička a Mynářík, 2008). Mezi její nástroje patří právní, ekonomické a informační. Za právní nástroje jsou považovány obecně závazné právní předpisy a normy. Ekonomické nástroje obsahují např. daně, poplatky i finanční podpora z veřejných rozpočtů. Informační nástroje jsou představovány závazky vycházejících z mezinárodních smluv a členství v EU. Všechny výše uvedené druhy nástrojů dopravní politiky determinují úlohu státu v dopravě. Z právních nástrojů vyplývá povinnost státu novelizovat dopravní předpisy, a tím nést odpovědnost za minimalizaci dopadů dopravy na ŽP, vymezení kompetence státních orgánů v oblasti bezpečnosti v silniční infrastruktuře. Ekonomické nástroje vyžadují, aby stát zajistil dostatečné finanční prostředky z veřejných zdrojů na financování závazků v osobní dopravě, aby zvýšil podíl spotřebních daní z minerálních olejů odváděných do Státního fondu dopravní infrastruktury (dále jen „SFDI“) a aby zajistil zdroje pro SFDI ve výši 2,5 % HDP, které jsou doporučovány EU. Informační nástroje podněcují stát mimo jiné, aby zaváděl inovativní mechanismy elektronizace výkonu státní správy (Žemlička a Mynářík, 2008).

Strategickým dokumentem je tzv. Dopravní politika České republiky. Tento dokument se obvykle vydává na období sedmi let a obvykle predikuje vývoj i do vzdálenější budoucnosti. Jedná se o praktické ztělesnění dopravní politiky státu. Z toho důvodu obsahuje přesně vymezené předpoklady i cíle, které by měly být v daném období splněny. Tento dokument také

obsahuje přidružené oblasti jako je životní prostředí. V tomto ohledu, Dopravní politika ČR pro období 2014-2020 s výhledem do roku 2050 stanovuje opatření, která by měla snížit dopady environmentálních vlivů dopravy (vlivy na veřejné zdraví, globální klima či na životní prostředí obecně). Za základní a dnes velmi diskutované opatření se považuje omezování emisí skleníkových plynů vyprodukovaných ze spalování fosilních paliv prostřednictvím podpory nízkoemisních či bezemisních módů dopravy, zlepšování emisních parametrů dopravních prostředků užívání alternativních energií, snížit intenzitu silniční osobní i nákladní dopravy (Dopravní politika ČR pro období 2014-2020 s výhledem do roku 2050, 2013).

Stejně jako ostatní oblasti či politiky, tak i otázky týkající se dopravy jsou obsaženy ve strategických dokumentech jiných státních politik. Například otázka elektromobility je obsažena v Národním akčním plánu čisté mobility, který je vytvářen Ministerstvem průmyslu a obchodu. Úkolem čisté mobility je snížit emise z dopravy z důvodu jejich negativních dopadů zejména na lidské zdraví. Jedná se například o prachové částice PM10, benzen, oxidy dusíku, těžké kovy apod. Zároveň usiluje o popularizaci čisté mobility na veřejnosti. Vytváří podmínky pro rozvoj alternativní dopravy, podporuje implementaci elektromobility včetně rozvoje potřebné infrastruktury, navrhuje opatření pro zlepšení mobility ve městech (Čistá mobilita, c2008-2019). Otázka elektromobility je v dnešní době často diskutovaným tématem a je spatřována jako nedílná a dominující součást budoucí dopravy v následujících letech.

V následující kapitole bude představena charakteristika vozového parku v ČR se zaměřením na osobní silniční dopravu a dále zde jsou obsaženy obecné informace týkající se dopravních indikátorů.

## 5. CHARAKTERISTIKA VOZOVÉHO PARKU ČESKÉ REPUBLIKY

Počet registrovaných osobních automobilů (dále jen „OA“) v ČR roste. V roce 2018 to bylo konkrétně 5 747 913 OA. Oproti roku 2010 je to nárůst o 1 251 681 automobilů. Počty v jednotlivých letech jsou uvedeny v tabulce č. 7.

**Tabulka 7:** Počet registrovaných osobních automobilů v ČR 2010-2018

	2010	2014	2015	2016	2017	2018
Počet osobních automobilů registrovaných v ČR	4 496 232	4 833 386	5 115 316	5 307 808	5 538 222	5 747 913

*Zdroj: Ročenka dopravy České republiky 2018, 2018*

Kromě celkového počtu registrovaných automobilů nadále roste i počet OA na 1 000 obyvatel. Rok 2017 vykazoval 522 OA na 1 000 obyvatel. V porovnání s rokem 1995 je to o více než 220 OA na 1 000 obyvatel (Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2017, 2018).

V případě stáří OA lze konstatovat, že největší podíl registrovaných OA je starší deseti let, viz tabulka č. 8. V tabulce č. 9 je zobrazen kontinuální růst průměrného stáří OA. Může to být převážně způsobeno neochotou spotřebitelů nakupovat nové dopravní prostředky, které mají vysokou pořizovací cenu a rychle ztrácí svou hodnotu. Čeští spotřebitelé také preferují nákup ojetých automobilů i z důvodu vidiny získání automobilu např. s lepší výbavou (Russová, 2018).

**Tabulka 8:** Počet osobních automobilů podle věku 2010-2018

	2010	2014	2015	2016	2017	2018
Počet OA registrovaných v ČR	4 496 232	4 833 386	5 115 316	5 307 808	5 538 222	5 747 913
do 2 let	324 362	456 342	490 863	559 194	639 005	690 264
2-5	476 376	525 210	525 017	499 561	485 555	515 985
5-10	996 876	1 006 001	1 027 681	1 032 534	1 042 892	1 030 571
10+	2 698 618	2 845 833	3 071 755	3 216 519	3 370 770	3 511 093

*Zdroj: Ročenka dopravy České republiky 2018, 2018*

**Tabulka 9:** Průměrné stáří osobních automobilů 2011-2017

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Průměrné stáří OA	12,70	12,95	13,78	14,06	14,33	14,48	14,60

*Zdroj: Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2017, 2018*

V mezinárodním evropském srovnání ČR patří mezi nejhorší v této statistice. Podle zprávy Evropské asociace výrobců automobilů (dále jen „ACEA“) se Česko řadí jako šestý nejhorší stát v EU. Pouze Estonsko, Řecko, Lotyšsko, Litva a Rumunsko jsou pod ČR (ACEA Report, 2018). Tento fakt rozhodně nepřispívá ke snížení emisí skleníkových plynů tudíž ani ke zlepšení ŽP. A to z toho důvodu, že starší OA nesplňují čím dál tím striktnější emisní normy EURO



a tím pádem mohou vypouštět více škodlivých látek než novější dopravní prostředky. I proto je zde obecný trend zavádět nové technologie a podporovat alternativní pohony OA jako je například elektrický pohon, který tento problém redukuje.

I přestože elektromobilita není relativně nový pojem, tak elektrický pohon v ČR stále není populární. To dokládají i následující statistiky. Benzínové OA tvoří největší podíl v celkových registrovaných OA (61 %), následná příčka patří diesellovým OA (38,5 %). Přičemž počet elektrických OA v roce 2018 byl jen přes 2 400 kusů (0,04 %).

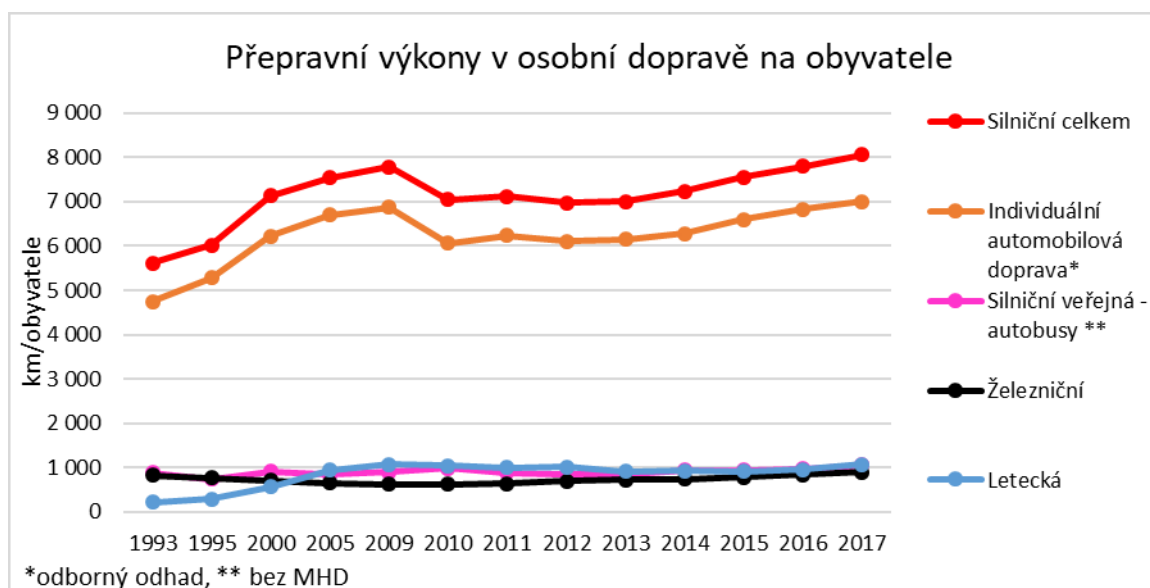
**Tabulka 10:** Počet osobních automobilů podle typu paliva

	2010	2014	2015	2016	2017	2018
Počet OA registrovaných v ČR	4 496 232	4 833 386	5 115 316	5 307 808	5 538 222	5 747 913
Benzínové	3 285 189	3 189 890	3 292 863	3 337 837	3 422 845	3 514 937
Diesellové	1 206 387	1 631 014	1 807 953	1 954 086	2 097 056	2 214 201
Elektrické	15	417	713	974	1 525	2 482
Na zkapalněný ropný plyn (LPG)	10	51	56	47	47	49
Ostatní	4 631	11 809	13 493	14 653	16 538	16 017

*Zdroj: Ročenka dopravy České republiky 2018, 2018*

Z výše uvedené tabulky lze spatřovat mírný růst registrovaných elektromobilů, ale tento trend by měl být více podporován i z toho důvodu, že přepravní výkony silniční dopravy stále dominují (Graf č. 1). Při zachování palivové struktury OA a zároveň při zachování dosavadních spalovacích technologií lze očekávat, že stanovené emisní limity EU do roku 2030 nemusí být splněny.

**Graf 1:** Přepravní výkony podle druhu dopravy na obyvatele 1993-2017



*Zdroj: Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2017, 2018*

Dále v následující kapitole budou přiblíženy metody, které jsou potřeba k následným praktickým výpočtům a znázornění environmentálních vlivů elektrických automobilů.

## 6. VÝBĚR METOD PRO MODELOVÁNÍ

Metody pro modelování jsou důležitou součástí této práce, jelikož díky nim lze zjistit i případně modelovat neboli znázorňovat konkrétní výsledky reprezentující environmentální dopady elektrických automobilů. Metody mohou být statické i dynamické. Mezi zástupce statických metod patří environmentální účetnictví, kdy materiálové a energetické toky lze bilancovat jako účetní položky (Obršálová, Kožená a Baťa, 2006). Dále pak do této kategorie jsou zařazeny nástroje, které používají ke znázornění diagramy např. jako je Sankeyův diagram (Grace's Guide, 2018). Naopak mezi dynamické metody se řadí tzv. Petriho sítě (Baťa, Obršálová, Volek a Costa Jordao, 2008).

Nyní budou jednotlivé modely konkretizovány.

### 6.1. Environmentální manažerské účetnictví

Tato metoda obsahuje jak environmentální náklady, tak i environmentální výnosy. Environmentální náklady jsou reprezentovány náklady, které jsou vynaložené na ochranu prostředí a náklady, které jsou spojené s poškozením ŽP. Pod náklady vynaložené na ochranu prostředí si lze představit náklady na dobrovolné environmentální činnosti (EMAS apod.) či náklady na integrovanou prevenci a omezování znečištění (IPPC). Pod náklady související s poškozením ŽP lze zařadit např. náklady na sankce, na nevyužitý materiál atd. Environmentální výnosy obsahují mimo jiné výnosy z recyklace, z prodeje reziduálních výstupů procesů a další. Zároveň tyto bilance jsou doplněny o definované látkové a energetické toky systému a jsou založeny na kategorizaci vstupů a výstupů. Vstupy jsou zastoupeny surovinami, provozními a pomocnými látkami, obaly a energií. Výstupy jsou tvořeny výrobky, reziduálními výstupy (odpad), emisemi nebo nevyužitou energií. Vstupy i výstupy jsou finančně vyjádřené a výkaz environmentálních výdajů a výnosů vyjadřuje poměr environmentálních relevantních nákladů a výnosů (Žaludek, 2017).

### 6.2. Sankeyův diagram

Jedná se o nástroj, který znázorňuje i modeluje látkové a energetické toky. Graficky znázorňuje složení a časový průběh stavu veličiny v daném systému. Velikost veličiny se zapisuje šířkou pásu (Grace's Guide, 2018). Sankeyův diagram je určen pro tvorbu statických modelů, které popisují daný proces. Tento nástroj lze využít pro informační podporu při vytváření veřejných politik. Avšak v některých případech může být výhodnější použít dynamický modelovací nástroj Petriho sítě.

### 6.3. Petriho síť

Tento nástroj byl poprvé představen v roce 1962 Carlem Adamem Petrim (Petri, 1966). Jedná se o nástroj, který je schopen matematicky vyjádřit i graficky zobrazit sledovaný proces. Mezi jeho výhody patří zejména jednoduchost a funkčnost (Sustainable engineering with Umberto, 1998). V průběhu času se Petriho síť aplikovaly v různých oblastech, konkrétně v sociologii, imunologii i v dopravě (Dokun, 2004; Lüde, Moldt a Valk, 2003; Genc, Lafortune, 2003).

Definici Petriho sítí uvádí Olej (1996). Definice umožňuje matematický zápis jakéhokoliv typu Petriho sítě, z toho důvodu, že obsahuje reálné možnosti. Avšak pro účely environmentálního modelování bylo zapotřebí původní (obecnou) definici modifikovat. Následné změny jsou uvedeny pod touto definicí:

Petriho síť je biparitní orientovaný graf definovaný jako uspořádaná pětice. Matematické vyjádření Petriho sítí je následovné:  $GNP = \langle P, T, QP, QT, QE \rangle$ , kde  $P$  znamená konečnou množinu míst znázorněných kroužky.  $T$  je konečná množina přechodů znázorněných čárkami nebo obdélníky, přičemž  $P \cap T = \emptyset$ .  $QP$  je uspořádaná čtveřice  $QP = \langle C, IC, M_0C, UP \rangle$ , která definuje vlastnosti  $k$  míst z množiny  $P$ .  $QT$  je uspořádaná pětice  $QT = \langle QC, \tau, PR, IF, UT \rangle$ , která definuje vlastnosti  $r$  přechodů z množiny  $T$ .  $QE$  je uspořádaná trojice  $QE = \langle IE, EE, LE \rangle$ , která definuje vlastnosti hran a je dána dopřednou a zpětnou incidenční funkcí.

Uspořádanou čtveřici, která definuje vlastnosti  $k$  míst množiny  $P$  označována jako  $QP$ , lze vyjádřit jako  $QP = \langle C, IC, M_0C, UP \rangle$ , kde  $C$  je konečná množina použitých barev, kde  $IC: P * T \rightarrow R * C$ , kde  $R$  je množina reálných čísel  $IC((n, c)_{m, i, j})$ , kde  $m \in \langle 1, h \rangle$ ,  $i \in \langle 1, k \rangle$ ,  $j \in \langle 1, r \rangle$ , je dopředná incidenční funkce. Tato funkce je pak tvořena  $m$  uspořádanými dvojicemi  $\langle n_m, c_m \rangle$ , kde  $n_m$  jsou prvky množiny reálných čísel,  $c_m \in C$ , pro každou hranu z místa  $p_i \in P$  do přechodu  $t_j \in T$ . Přes tuto hranu může přejít z místa  $p_i \in P$  do přechodu  $t_j \in T$ ,  $n_m \in R$  značek barvy  $c_m \in C$ .  $M_0C: P * R \rightarrow C$  je počáteční značení,  $M_0C((n, c)_{m, i})$ . Pro každé místo  $p_i \in P$  je tvořeno uspořádanou dvojicí  $\langle n_m, c_m \rangle$ , udávající počet značek v jedné barvě v místech  $p_i \in P$ .  $UP$  je konečná množina vlastností značky v místech  $p_i \in P$  a  $UP = \{up_1, up_2, \dots, up_k\}$ .

Vlastnosti  $r$  přechodů množiny  $T$  jsou definovány uspořádanou pětici, která může být vyjádřena jako:  $QT = \langle QC, \tau, PR, IF, UT \rangle$ ,  $QC: T * P \rightarrow R * C$ , kde  $R$  je množina reálných čísel,  $QC((n, c)_{m, i, j})$ , kde  $m \in \langle 1, h \rangle$ ,  $i \in \langle 1, k \rangle$ ,  $j \in \langle 1, r \rangle$  je zpětnou incidenční funkcí. Tato funkce je tvořena  $m$  uspořádanými dvojicemi  $\langle n_m, c_m \rangle$ ,  $n_m \in R$ ,  $c_m \in C$ , pro každou hranu jdoucí z přechodu  $t_j \in T$  do místa  $p_i \in P$ . Přes tuto hranu může projít z přechodu  $t_j \in T$  do místa  $p_i \in P$ ,  $n_m \in R$  značek barvy  $c_m \in C$ .  $\tau$  je konečná množina časů provádění  $r$  přechodů  $T$ .  $\tau = \{\tau_1, \tau_2,$

... , $\tau_r$ }.  $\mathbf{PR}$  je konečná množina predikátů,  $\mathbf{PR} = \{\mathbf{pr}_1, \mathbf{pr}_2, \dots, \mathbf{pr}_q\}$ , kde každé  $\mathbf{le} \in \langle \mathbf{l}, \mathbf{q} \rangle$ , a platí, že množina  $\mathbf{pr}_i \in \{\mathbf{TRUE}, \mathbf{FALSE}\}$ . Každý predikát  $\mathbf{pr}_i \in \mathbf{PR}$  může být spojen s libovolným přechodem  $\mathbf{t}_j \in \mathbf{T}$  hranou či inhibítozem. Toto spojení je dáno incidenční funkcí  $\mathbf{IF}$ .

$\mathbf{IF} : \mathbf{T} * \mathbf{PR} \rightarrow \{1, -1, 0\}$  je incidenční funkce a vyjadřuje:

- Pokud  $\mathbf{IF}(\mathbf{t}_j, \mathbf{pr}_i) = 1$  a existuje spojení mezi přechodem  $\mathbf{t}_j \in \mathbf{T}$  a predikátem  $\mathbf{pr}_i \in \mathbf{PR}$ , je přechod  $\mathbf{t}_j \in \mathbf{T}$  proveditelný, jestliže hodnota predikátu  $\mathbf{pr}_i \in \mathbf{PR}$  je  $\mathbf{TRUE}$ .
- Pokud  $\mathbf{IF}(\mathbf{t}_j, \mathbf{pr}_i) = -1$  a existuje spojení mezi přechodem  $\mathbf{t}_j \in \mathbf{T}$  a predikátem  $\mathbf{pr}_i \in \mathbf{PR}$ , je přechod  $\mathbf{t}_j \in \mathbf{T}$  proveditelný, jestliže hodnota predikátu  $\mathbf{pr}_i \in \mathbf{PR}$  je  $\mathbf{FALSE}$ .
- Pokud  $\mathbf{IF}(\mathbf{t}_j, \mathbf{pr}_i) = 0$  neexistuje spojení mezi přechodem  $\mathbf{t}_j \in \mathbf{T}$  a predikátem  $\mathbf{pr}_i \in \mathbf{PR}$ , není provedení přechodu  $\mathbf{t}_j \in \mathbf{T}$  ovlivněno predikátem  $\mathbf{pr}_i \in \mathbf{PR}$ .

$\mathbf{UT}$  je konečná množina vlastností přechodů  $\mathbf{t}_j \in \mathbf{T}$ ,  $\mathbf{UT} = \{\mathbf{ut}_1, \mathbf{ut}_2, \dots, \mathbf{ut}_r\}$ , které mohou být deterministické, stochastické nebo fuzzy.

Konečná množina vlastností hran, která je dána dopřednou a zpětnou incidenční funkcí lze být definována jako  $\mathbf{QE} = \langle \mathbf{IE}, \mathbf{EE}, \mathbf{LE} \rangle$ , kde  $\mathbf{IE}$  je konečná množina inhibitorů ( $\mathbf{ie}$ ),  $\mathbf{IE} = \{\mathbf{ie}_1, \mathbf{ie}_2, \dots, \mathbf{ie}_e\}$ .  $\mathbf{EE}$  je konečná množina prázdných (neexistujících) hran ( $\mathbf{ee}$ ),  $\mathbf{EE} = \{\mathbf{ee}_1, \mathbf{ee}_2, \dots, \mathbf{ee}_e\}$  a  $\mathbf{LE}$  je konečná množina logických (tedy běžných) hran ( $\mathbf{le}$ ),  $\mathbf{LE} = \{\mathbf{le}_1, \mathbf{le}_2, \dots, \mathbf{le}_e\}$ . Upraveno dle (Olej, 1996).

Grafické znázornění zobrazuje proces s jeho vstupy a výstupy (Sustainable engineering with Umberto, 1998). K tomu tento nástroj používá toto značení:

- Kružnice vyjadřující místa (places),
- Obdélníky jako přechody (transition),
- Hrany neboli šipky spojující místa s přechody a přechody s místy (Češka, 1994).

Předmětem dalších kapitol je praktická část této práce. Nejdříve bude kladen důraz na modelování environmentálních dopadů elektromobilů a následně na výpočet průměrných emisí spalovacích motorů OA v podmínkách ČR.

## 7. MODELOVÁNÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ ELEKTROMOBILŮ

K modelování environmentálních dopadů elektromobilů v rámci ČR je potřeba vytvořit matematický i grafický model přeměny elektrické energie prostřednictvím Petriho sítě. Toho lze docílit pomocí systému Umberto (ifu Hamburg). Dále je zapotřebí znát elektrárenský mix ČR, který specifikuje vstupy a výstupy při výrobě elektrické energie. Konkrétní vstupy a výstupy v různém poměru elektrárenského mixu ČR jsou uvedeny v níže uvedených tabulkách č. 11 a 12.

**Tabulka 11:** Specifikované vstupy elektrárenského mixu ČR

Vstupy				Vstupy			
Place	Material	Coefficient	B. Unit	Place	Material	Coefficient	B. Unit
P1	Vzduch	4,0456	kg	P1	Mn	1,588E-07	kg
P1	Barit	0,0000765	kg	P1	Změněné nerosty + grafit (v půdě)	7,029	kg
P1	Bazalt	0,000002273	kg	P1	Mo	2,722E-09	kg
P1	Bauxit	8,642E-07	kg	P1	Zemní plyn	616,156	kJ
P1	Hnědé uhlí	6409,825	kJ	P1	Ni	2,338E-08	kg
P1	Uhlíčan vápenatý	0,00189	kg	P1	N2	1,944E-10	kg
P1	Chlorid vápenatý	7,329E-14	kg	P1	Olivín (v půdě)	3,841E-17	kg
P1	CO2	0,00754	kg	P1	Pd	1,274E-13	kg
P1	Cr	4,104E-08	kg	P1	Rašelina	0,0003693	kJ
P1	Bentonit	0,00003203	kg	P1	P	1,959E-11	kg
P1	Jíl	0,00002763	kg	P1	Pt	1,53E-12	kg
P1	Colemanit	2,02E-09	kg	P1	Pemza (v půdě)	3,39E-10	kg
P1	Cu	1,235E-07	kg	P1	Rh	4,259E-15	kg
P1	Topný olej	100,96	kJ	P1	Písek	0,00001247	kg
P1	Dolomit	9,345E-10	kg	P1	Ag	1,375E-10	kg
P1	Geotermální energie	0,302	kJ	P1	Břidlice	6,46E-17	kg
P1	Solární energie	70,78	kJ	P1	NaCl	0,000005944	kg
P1	Vodní energie	185,118	kJ	P1	Na2SO4	4,876E-12	kg
P1	Větrná energie	0,76	kJ	P1	Půda	0,000635	kg
P1	Fluorit	3,58E-09	kg	P1	S	1,038E-10	kg
P1	Au	7,991E-13	kg	P1	Mastek (v půdě)	1,816E-10	kg
P1	Sádra	0,00001348	kg	P1	Sn	6,208E-12	kg
P1	Černé uhlí	1031,602	kJ	P1	Ti	2,816E-07	kg
P1	Fe	0,00009507	kg	P1	U	3603,675	kJ
P1	Kaolín	3,494E-09	kg	P1	H2O	1,48	kg
P1	Pb	0,000000665	kg	P1	Dřevo	0,02197	kJ
P1	Magnezit	2,997E-10	kg	P1	Zn	1,964E-07	kg
P1	MgCl2	0,000262	kg				

*Zdroj: ifu Hamburg, 1998*

Tabulka 12: Specifikované výstupy elektrárenského mixu ČR

Výstupy				Výstupy			
Place	Material	Coefficient	B. Unit	Place	Material	Coefficient	B. Unit
P3	Acenaften	9,840E-12	kg	P3	Benzo (a) antracen	2,651E-12	kg
P3	Acenaftylén	3,760E-12	kg	P3	Benzo (a) pyren	1,193E-11	kg
P3	Kyselina octová	1,350E-07	kg	P3	Benzo (ghi) perylen	4,846E-13	kg
P3	Aceton	2,419E-08	kg	P3	Benzo (k) fluoranthen	3,304E-12	kg
P3	Kyseliny nespec.	8,073E-09	kg	P3	Be	1,1225E-09	kg
P3	Acrolein	7,619E-12	kg	P3	BSK5	1,040E-07	kg
P3	Acrylonitrile	1,603E-13	kg	P3	B	5,715E-06	kg
P3	Vzduch (výstupní)	3,418E+00	kg	P3	Bromidy	5,945E-10	kg
P3	Al	4,235E-06	kg	P3	Br	2,040E-06	kg
P3	Mo (výstupní)	1,229E-07	kg	P3	Butadien	4,642E-14	kg
P3	Naftalen	4,457E-10	kg	P3	Butan	2,732E-06	kg
P3	Ni (výstupní)	2,970E-08	kg	P3	Cd	1,2042E-08	kg
P3	Dusičitany	1,150E-06	kg	P3	CaF2	7,307E-07	kg
P3	N2 (výstupní)	2,725E-08	kg	P3	Ca	9,302E-06	kg
P3	NO2 (výstupní)	1,870E-03	kg	P3	CO2 (výstupní)	7,250E-01	kg
P3	NMVOC	3,994E-06	kg	P3	Sírouhlík	3E-12	kg
P3	Čpavek	5,750E-06	kg	P3	CO	2,240E-04	kg
P3	Oktan	3,364E-09	kg	P3	Uhličitany	8,878E-07	kg
P3	Tuhý odpad	7,026E+00	kg	P3	Chloidy	1,600E-03	kg
P3	O2	1,450E-04	kg	P3	Cl	5,926E-06	kg
P3	PAH	2,336E-08	kg	P3	Cr (výstupní)	4,260E-08	kg
P3	Pd (výstupní)	2,028E-18	kg	P3	Chrysen	1,340E-11	kg
P3	Spad	2,200E-04	kg	P3	Co	4,590E-09	kg
P3	Pevné částice do vody	1,260E-04	kg	P3	CHSK	1,730E-04	kg
P3	Pentan	4,117E-06	kg	P3	Cu (výstupní)	1,110E-07	kg
P3	Fenentren	3,562E-11	kg	P3	Cresol	3,500E-13	kg
P3	Amonium + (iont)	1,258E-13	kg	P3	Kyanidy	1,2543E-10	kg
P3	Fenol	4,301E-09	kg	P3	Cyklohexan	6,880E-11	kg
P3	P (výstupní)	1,235E-06	kg	P3	Dekan	4,616E-07	kg
P3	Fosfáty	6,349E-14	kg	P3	Stavební sut' (nespec.)	2,570E-03	kg
P3	Pu	4,338E-09	kg	P3	Dibenz (a,h) antracen	3,020E-13	kg
P3	PCB	8,370E-13	kg	P3	Diethylamin	1,199E-18	kg
P3	Potaš	5,450E-07	kg	P3	N2O	2,742E-05	kg
P3	Propan	5,421E-06	kg	P3	Dioxiny	4,400E-14	kg
P3	Propan 1,2 dichloro	2,192E-18	kg	P2	Elektrická energie	3600	kJ
P3	Propen	3,853E-07	kg	P3	Ethan	8,144E-06	kg
P3	Antracen	4,340E-12	kg	P3	Ethan polyhalogenovaný	4,844E-08	kg
P3	Kyselina propionová	1,204E-12	kg	P3	Ethanol	7,459E-08	kg
P3	Rh (výstupní)	1,958E-18	kg	P3	Ethen	7,487E-10	kg
P3	Sc	1,202E-13	kg	P3	Ethen Cl	2,220E-10	kg
P3	Se	3,556E-07	kg	P3	Fluoranthen	1,724E-11	kg
P3	Ag (výstupní)	1,247E-10	kg	P3	Fluoridy	8,560E-06	kg
P3	Struska	8,243E-06	kg	P3	F	1,0736E-10	kg
P3	Na	8,500E-04	kg	P3	Formaldehyd	1,554E-06	kg
P3	Toxické látky nespec.	4,333E-04	kg	P3	Odpadní teplo	7554	kJ
P3	Sb	3,888E-09	kg	P3	He	1,155E-09	kg
P3	Sr	1,488E-06	kg	P3	Heptan	6,115E-09	kg
P3	Styren	7,617E-14	kg	P3	Hexamethylendyamin	2,730E-15	kg
P3	Sírany	2,170E-03	kg	P3	Hexan	2,155E-08	kg
P3	Sulfidy	4,908E-07	kg	P3	Radioaktivní odpad	1,290E-03	kg
P3	Siřičitany	5,460E-09	kg	P3	Hydrogenuhlíčitany	4,790E-08	kg
P3	S (výstupní)	5,832E-12	kg	P3	Kyanovodíková kyselina	5,449E-11	kg
P3	SO2	1,600E-02	kg	P3	H2	6,009E-08	kg
P3	Hexafluorid sírový	5,744E-12	kg	P3	HBr	8,117E-10	kg
P3	Te	1,397E-12	kg	P3	HCl	2,500E-04	kg
P3	Tl	1,122E-11	kg	P3	HF	1,240E-05	kg
P3	AOX	2,252E-08	kg	P3	HI	8,957E-13	kg
P3	Sn (výstupní)	1,973E-08	kg	P3	H2S	2,800E-07	kg
P3	SnO	7,33E-15	kg	P3	Hydroxidy	5,565E-10	kg
P3	Ti (výstupní)	1,42E-08	kg	P3	Indeno (1,2,3 -cd) pyren	3,607E-13	kg
P3	TOC	2,71E-07	kg	P3	Fe (výstupní)	9,390E-04	kg
P3	Toluen	1,93E-06	kg	P3	Pb (výstupní)	2,248E-07	kg
P3	V	7,59E-08	kg	P3	PbO2	8,419E-14	kg
P3	VOC	8,63E-06	kg	P3	Mg	1,197E-08	kg
P3	Vodní pára	1,882E+00	kg	P3	Mn (výstupní)	6,150E-07	kg
P3	Xylen	1,773E-05	kg	P3	Hg	5,516E-08	kg
P3	As	1,668E-08	kg	P3	CH4	1,210E-03	kg
P3	Zn (výstupní)	3,980E-07	kg	P3	HCF22	1,111E-08	kg
P3	ZnO	1,465E-14	kg	P3	CFC13	6,386E-09	kg
P3	NO	1,717E-05	kg	P3	HCC30	2,834E-17	kg
P3	AsO3	4,356E-15	kg	P3	CFC12	1,017E-08	kg
P3	Arsin	3,616E-13	kg	P3	R 40	9,325E-11	kg
P3	Ba	4,249E-06	kg	P3	R 14	1,570E-11	kg
P3	Benzen	4,040E-09	kg	P3	CFC 11	4,730E-08	kg
P3	Benzen 1,3,5 - trimethyl	7,136E-14	kg	P3	Methanol	2,877E-07	kg
P3	benzenethyl-	4,239E-06	kg				

Zdroj: ifu Hamburg, 1998

Dále je nutné zjistit průměrnou spotřebu elektromobilů. K výpočtu průměrné spotřeby elektromobilů byly použity údaje o pěti elektromobilech různých značek, které se v ČR běžně prodávají a využívají. Specifikace jsou uvedeny v tabulce č. 13.

**Tabulka 13:** Výpočet průměrné spotřeby elektromobilů dle technických specifikací

Elektromobil	Kapacita baterie (kWh)	Dojezd WLTP (km)	Spotřeba kWh/100 km
BMW i3	42,2	285	14,807
Tesla model 3	50	350	14,286
Nisan Leaf	40	270	14,815
VW e-Golf	35,8	231	15,498
Škoda Citigo <sup>e</sup> iV	36,8	252	14,603
Průměr			14,802

*Zdroj: Horčík, 2018; Horčík, 2018a; Javůrek, 2017; Bednář 2019; Nové CITIGO<sup>e</sup> iV, 2020*

Průměrná spotřeba na 100 km elektromobilu byla vypočtena následovně jako:

**Vzorec 1:** Výpočet spotřeby elektromobilu na 100 km

$$\text{Spotřeba elektromobilu} = \left( \frac{\text{kapacita baterie}}{\text{dojezd WLTP}} \right) * 100 \quad (1)$$

Kapacita baterie je zjištěna z technických specifikací konkrétního vozidla, která je následně vydělena dojezdem WLTP. Celková hodnota je násobena hodnotou 100, jelikož je potřeba zjistit spotřebu na 100 km. Dojezd WLTP je taktéž uveden v technických parametrech konkrétního vozidla. Dojezd WLTP označuje hodnotu dojezdu, která více pracuje s reálným provozem. Tím pádem by se tento údaj měl více podobat reálné hodnotě dojezdu. Dosazením do vztahu (1) lze získat jednotlivé spotřeby elektromobilů a následně z těchto hodnot provést průměrnou spotřebu elektromobilů vybraného vzorku elektromobilů.

Z tabulky je patrné, že nejvyšší spotřebou z uvedených elektromobilů disponuje model e-Golf značky Volkswagen. Naopak nejnižší spotřebu má model 3 značky Tesla. Průměrná hodnota všech spotřeb je 14,802 kWh/100 km. Tento údaj je pro matematický i grafický výpočet Petriho sítě klíčový, jelikož je dosazen do elektrárenského mixu ČR, ze kterého je následně získán potřebný matematický i grafický výsledný model environmentálních dopadů elektromobilů.

## 7.1. Matematický zápis modelu

Tento zápis obsahuje konkretizovány dopředné a zpětné incidenční funkce Petriho sítě. Obě funkce lze konkretizovat pomocí maticovým zápisem.

Dopředná incidenční funkce Petriho sítě je následující:



**P x T**

	p1	p2	p3
<i>tl</i>	1		

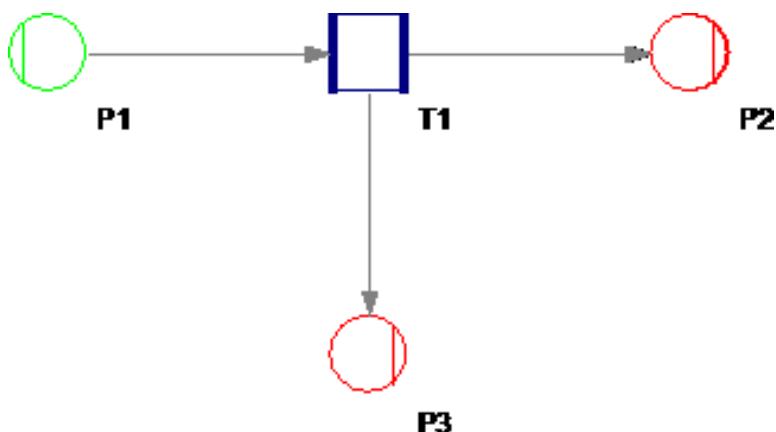
Zpětná incidenční funkce Petriho sítě je konkretizována takto:

**T x P**

	p1	p2	p3
<i>tl</i>		1	1

## 7.2. Grafický zápis modelu

Grafické znázornění modelu je zobrazeno na obrázku č. 4.



**Obrázek 4:** Grafické znázornění modelu environmentálních dopadů elektromobilů

*Zdroj: vlastní dle ifu Hamburg, 1998*

Místo **p1** představuje vstupy, **p3** výstupy a **p2** za cílové výstupy, které jsou očekávány. Označení **t1** představuje přechod mezi místy. Šipky odpovídají tzv. hranám. Vstupy konkrétně reprezentují látky, které vstupují do procesu výroby elektrické energie a výstupy na druhou stranu představují látky vycházející z procesu, které jsou z pravidla hodnoceny jako negativní z hlediska znečištění ŽP. Cílovým výstupem je v tomto případě elektrická energie. Z místa **p1** přes hranu přechází tzv. značky do přechodu **t1**. Značky obsahují různý poměr (váhy) barev (vstupů), které jsou potřeba pro sledovaný proces výroby elektrické energie. Specifický poměr všech barev je znázorněn v tabulce č. 14 vycházející z elektrárenského mixu ČR upravený o průměrnou spotřebu elektromobilů na 100 km (14,802 kWh/100 km).

**Tabulka 14:** Poměr všech barev (vstupů) přecházejících přes hranu z místa p1 do přechodu t1

Material	T	Hodnoty	Unit	Material	T	Hodnoty	Unit
Ag	C	-2,03527E-09	kg	NaCl	C	-8,8E-05	kg
Au	C	-1,18283E-11	kg	Ni	C	-3,5E-07	kg
Barit	C	-0,001132353	kg	Olivín (v půdě)	C	-5,7E-16	kg
Bauxit	C	-1,27919E-05	kg	P	C	-2,9E-10	kg
Bazalt	C	-3,36449E-05	kg	Pb	C	-9,8E-06	kg
Bentonit	C	-0,000474108	kg	Pd	C	-1,9E-12	kg
Břidlice	C	-9,56209E-16	kg	Pemza (v půdě)	C	-5E-09	kg
CO2	C	-0,11160708	kg	Pt	C	-2,3E-11	kg
Chlorid vápenatý	C	-1,08484E-12	kg	Písek	C	-0,00018	kg
Colemanit	C	-2,99E-08	kg	Půda	C	-0,0094	kg
Cr	C	-6,07474E-07	kg	Rašelina	C	-0,00547	KJ
Cu	C	-1,82805E-06	kg	Rh	C	-6,3E-14	kg
Dolomit	C	-1,38325E-08	kg	S	C	-1,5E-09	kg
Dřevo	C	-0,32519994	KJ	Sn	C	-9,2E-11	kg
Fe	C	-0,001407226	kg	Solární energie	C	-1047,69	KJ
Fluorit	C	-5,29912E-08	kg	Sádra	C	-0,0002	kg
Geotermální energie	C	-4,470204	KJ	Ti	C	-4,2E-06	kg
H2O	C	-21,90696	kg	Topný olej	C	-1494,41	KJ
Hnědé uhlí	C	-94878,22965	KJ	U	C	-53341,6	KJ
Jíl	C	-0,000408979	kg	Uhličitan vápenatý	C	-0,02798	kg
Kaolín	C	-5,17182E-08	kg	Vodní energie	C	-2740,12	KJ
Magnezit	C	-4,43616E-09	kg	Vzduch	C	-59,883	kg
Mastek (v půdě)	C	-2,68804E-09	kg	Větrná energie	C	-11,2495	KJ
MgCl2	C	-0,003878124	kg	Zemní plyn	C	-9120,34	KJ
Mn	C	-2,35056E-06	kg	Změněné nerosty + grafit (v půdě)	C	-104,043	kg
Mo	C	-4,0291E-08	kg	Zn	C	-2,9E-06	kg
N2	C	-2,87751E-09	kg	Černé uhlí	C	-15269,8	KJ
Na2SO4	C	-7,21746E-11	kg				

*Zdroj: vlastní dle ifu Hamburg, 1998*

Následně z přechodu t1 vznikají výstupy p3, které jsou uvedeny včetně jejich poměrů v tabulce č. 15.

Tabulka 15: Poměr všech výstupů p3 při přeměně elektrické energie

Material	T	Hodnoty	Unit	Material	T	Hodnoty	Unit
AOX	C	3,33341E-07	kg	Hexan	C	3,18983E-07	kg
Acenaften	C	1,45652E-10	kg	Hg	C	8,16478E-07	kg
Acenaftylén	C	5,56555E-11	kg	Hydrogenuhlíčitany	C	7,09016E-07	kg
Acetaldehyd	C	3,67534E-07	kg	Hydroxidy	C	8,23731E-09	kg
Aceton	C	3,5806E-07	kg	Indeno (1,2,3 -cd) pyren	C	5,33908E-12	kg
Acrolein	C	1,12776E-10	kg	Kyanidy	C	1,85661E-09	kg
Acrylonitrile	C	2,37276E-12	kg	Kyanovodíková kyselina	C	8,06561E-10	kg
Ag (Výstupní)	C	1,84581E-09	kg	Kyselina octová	C	1,99827E-06	kg
Al	C	6,26865E-05	kg	Kyselina propionová	C	1,78216E-11	kg
Amonium + (iont)	C	1,86209E-12	kg	Kyseliny nespec.	C	1,19497E-07	kg
Antracen	C	6,42407E-11	kg	Methanol	C	4,25854E-06	kg
Arsin	C	5,3524E-12	kg	Mg	C	1,7718E-07	kg
As	C	2,46897E-07	kg	Mn (Výstupní)	C	9,10323E-06	kg
AsO3	C	6,44775E-14	kg	Mo (výstupní)	C	1,81917E-06	kg
B	C	8,45934E-05	kg	N2 (Výstupní)	C	4,03354E-07	kg
BSK5	C	1,53941E-06	kg	N2O	C	0,000405871	kg
Ba	C	6,28937E-05	kg	NMVOG	C	5,91192E-05	kg
Be	C	1,66152E-08	kg	NO	C	0,00025415	kg
Benzen	C	5,98001E-08	kg	NO2 (Výstupní)	C	0,02767974	kg
Benzen 1,3,5 - trimethyl	C	1,05627E-12	kg	Na	C	0,0125817	kg
Benzo (a) antracen	C	3,92401E-11	kg	Naftalen	C	6,59725E-09	kg
Benzo (a) pyren	C	1,76588E-10	kg	Ni (výstupní)	C	4,39619E-07	kg
Benzo (ghi) perylen	C	7,17305E-12	kg	O2	C	0,00214629	kg
Benzo (k) fluoranthen	C	4,89058E-11	kg	Odpadní teplo	C	111814,308	kJ
Br	C	3,01961E-05	kg	Oktan	C	4,97939E-08	kg
Bromidy	C	8,79979E-09	kg	P (výstupní)	C	1,82805E-05	kg
Butadien	C	6,87109E-13	kg	PAH	C	3,45775E-07	kg
Butan	C	4,04391E-05	kg	PCB	C	1,23893E-11	kg
CFC 11	C	7,00135E-07	kg	Pb (výstup)	C	3,32749E-06	kg
CFC12	C	1,50536E-07	kg	PbO2	C	1,24618E-12	kg
CFC13	C	9,45256E-08	kg	Pd (výstupní)	C	3,00185E-17	kg
CH4	C	0,01791042	kg	Pentan	C	6,09398E-05	kg
CHSK	C	0,002560746	kg	Pevné částice do vody	C	0,001865052	kg
CO	C	0,003315648	kg	Potaš	C	8,06709E-06	kg
CO2 (Výstupní)	C	10,73145	kg	Propan	C	8,02416E-05	kg
Ca	C	0,000137688	kg	Propan 1,2 dichloro	C	3,2446E-17	kg
CaF2	C	1,08158E-05	kg	Propen	C	5,70321E-06	kg
Cd	C	1,78231E-07	kg	Pu	C	6,42111E-08	kg
Chloidy	C	0,0236832	kg	R 14	C	2,32391E-10	kg
Chrysen	C	1,98347E-10	kg	R 40	C	1,38029E-09	kg
Cl	C	8,77167E-05	kg	Radioaktivní odpad	C	0,01909458	kg
Co	C	6,79412E-08	kg	Rh (výstupní)	C	2,89823E-17	kg
Cr (výstup)	C	6,30565E-07	kg	S (výstupní)	C	8,63253E-11	kg
Cresol	C	5,1807E-12	kg	SO2	C	0,236832	kg
Cu (výstupní)	C	1,64302E-06	kg	Sb	C	5,75502E-08	kg
Cyklohexan	C	1,01838E-09	kg	Sc	C	1,7792E-12	kg
Dekan	C	6,8326E-06	kg	Se	C	5,26359E-06	kg
Dibenz (a,h) antracen	C	4,4702E-12	kg	Sírouhlík	C	4,4406E-11	kg
Diethylamin	C	1,77476E-17	kg	Sířičitany	C	8,08189E-08	kg
Dioxiny	C	6,51288E-13	kg	Sn (Výstupní)	C	2,92043E-07	kg
Dusičnany	C	1,70223E-05	kg	SnO	C	1,08425E-13	kg
Ethan	C	0,000120547	kg	Spad	C	0,00325644	kg
Ethan polyhalogenovaný	C	7,17009E-07	kg	Sr	C	2,20254E-05	kg
Ethanol	C	1,10408E-06	kg	Stavebí suť (nespec.)	C	0,03804114	kg
Ethen	C	1,10823E-08	kg	Struska	C	0,000122013	kg
Ethen Cl	C	3,28604E-09	kg	Styren	C	1,12747E-12	kg
F	C	1,58914E-09	kg	Sulfidy	C	7,26482E-06	kg
Fe (výstup)	C	0,013899078	kg	Sírany	C	0,03212034	kg
Fenentren	C	5,27247E-10	kg	TOC	C	4,01134E-06	kg
Fenol	C	6,36634E-08	kg	Te	C	2,06784E-11	kg
Fluoranthen	C	2,55186E-10	kg	Ti (Výstupní)	C	2,1078E-07	kg
Fluoridy	C	0,000126705	kg	Tl	C	1,66078E-10	kg
Formaldehyd	C	2,30023E-05	kg	Toluen	C	2,85679E-05	kg
Fosfáty	C	9,39779E-13	kg	Toxické látky nespec.	C	0,006409266	kg
H2	C	8,89452E-07	kg	Tuhý odpad	C	103,998852	kg
H2S	C	4,14456E-06	kg	Uhlíčitany	C	1,31412E-05	kg
HBr	C	1,20148E-08	kg	V	C	1,12347E-06	kg
HCC30	C	4,19489E-16	kg	VOC	C	0,000127741	kg
HCFC22	C	1,6445E-07	kg	Vodní pára	C	27,857364	kg
HCl	C	0,0037005	kg	Vzduch (výstupní)	C	50,593236	kg
HF	C	0,000183545	kg	Xylen	C	0,000262439	kg
HI	C	1,32582E-11	kg	Zn (Výstupní)	C	5,8912E-06	kg
He	C	1,70963E-08	kg	ZnO	C	2,16849E-13	kg
Heptan	C	9,05142E-08	kg	benzenethyl-	C	6,27457E-05	kg
Hexafluorid sírový	C	8,50227E-11	kg	Čpavek	C	8,51115E-05	kg
Hexamethylendyamin	C	4,04095E-14	kg				

Zdroj: vlastní dle ifu Hamburg, 1998

Z výše zobrazené tabulky je nyní zřetelné, jaké látky včetně jejich poměru neboli množství vystupují při výrobě elektrické energie, která je potřebná pro provoz elektromobilů, jejichž průměrná spotřeba elektrické energie je 14,802 kWh/100 km. Z uvedených látek je pro účel komparace se spalovacími motory nejdůležitější indikátor množství vyprodukovaného oxidu uhličitého CO<sub>2</sub>. Jeho množství při dané spotřebě elektrické energie dosahuje 10,73145 kg/100 km. Toto množství bude v dalších kapitolách porovnáváno s hodnotou průměrných emisí spalovacích motorů OA. Jako další látky negativně ovlivňující ŽP vystupující z tohoto procesu přeměny jsou například CH<sub>4</sub> (metan), SO<sub>2</sub> (oxid siřičitý), N<sub>2</sub>O (oxid dusný) a další. Hodnota vyprodukovaného metanu dosahuje 1,70223E-05 kg/100 km. Množství oxidu siřičitého je 0,236832 kg/100 km. Oxid dusný je vyprodukován v množství 0,000405871 kg/100 km.

## 8. VÝPOČET EMISÍ SPALOVACÍCH MOTORŮ OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

K samotnému výsledku emisí spalovacích motorů OA v podmínkách ČR je nezbytný výčet nejčastěji zastoupených automobilových značek v celkovém počtu registrovaných OA. Tento výčet identifikuje deset nejzastoupenějších automobilových značek na českém trhu k 31.12.2019 a byl poskytnut od Svazu Dopravců Automobilů (dále jen „SDA“). Následně byly zvoleny různé motorizace jednotlivých modelů značek tak, aby bylo pokryto delší časové období a aby obsahovaly jak vznětové, tak i zážehové motory. Automobilové značky včetně typů motorizace jsou uvedeny v prvním a čtvrtém sloupci v níže zobrazené tabulce. Za předpokladu dostupnosti konkrétnějších dat týkajících se přesných počtů registrovaných automobilů podle modelů a motorizací v budoucnosti, lze finální výsledek upravit, a tím i konkretizovat. Dále k jednotlivým motorizacím byly vyhledány a přiděleny emisní hodnoty vyjádřeny v g/km (sloupec druhý), které jsou uvedeny na webových stránkách inzertní společnosti Mobile.de. Tyto hodnoty bylo následně za potřebí převést na jednotku kg/100 km (sloupec třetí). K tomu byl použit následující vzorec, kdy hodnota emise CO<sub>2</sub> g/km je vydělena hodnotou 1000, aby se získala hodnota vyjádřená v kg/km. Tato hodnota je pak násobena hodnotou 100, jelikož je potřeba zjistit výslednou hodnotu na 100 km.

**Vzorec 2:** Převod jednotky z g/km na kg/100 km

$$\text{Emise CO}_2 \text{ kg/100 km} = \left( \frac{\text{Emise CO}_2 \text{ g/km}}{1000} \right) * 100 \quad (2)$$

Z těchto informací lze dojít k celkovému průměru emisí vybraného vzorku OA za vybranou jednotku (kg/100 km), která je uvedena na posledním řádku v posledním sloupci. Tato konečná hodnota je porovnatelná s hodnotou vyprodukovaných emisí pro provoz elektromobilů (viz kapitola č. 7). Výsledek výše popsaného postupu je uveden v tabulce č. 16.

**Tabulka 16:** Výpočet průměrných emisí spalovacích OA

Nejvíce zastoupené automobilové značky v ČR					
	Emise CO2 g/km	Emise CO2 kg/100km		Emise CO2 g/km	Emise CO2 kg/100km
<b>Škoda Octavia</b>			<b>Opel Corsa</b>		
1.9 TDI	140	14	1.7 DTI	127	12,7
1.6 TDI	119	11,9	1.3 CDTI	87	8,7
1.4 TSI	148	14,8	1.2	149	14,9
1,2 TSI	134	13,4	1.0	133	13,3
<b>VW Passat</b>			<b>Hyundai i30</b>		
1.9 TDI	149	14,9	2.0 CRDi	145	14,5
1.8	204	20,4	1.6 CRDi	102	10,2
1.6 TDI	104	10,4	1.4	135	13,5
1,4 TSI	158	15,8	1.0 T-GDI	115	11,5
<b>Ford Focus</b>			<b>Citröen C3</b>		
2.0 TDCi	134	13,4	1.6 HDI	82	8,2
1.6 TDCi	119	11,9	1.4 HDI	115	11,5
1.5 EcoBoost	138	13,8	1.2 PureTech	116	11,6
1.0 EcoBoost	121	12,1	1.1	147	14,7
<b>Renault Megane</b>			<b>Fiat Panda</b>		
1.9 dCi	144	14,4	1.4	154	15,4
1.6	168	16,8	1.3 MJT	113	11,3
1.5 dCi	117	11,7	1.2	127	12,7
1.2	120	12	1.1	135	13,5
<b>Peugeot 308</b>			<b>BMW řada 3</b>		
2.0 HDi	93	9,3	3.0d	170	17
1.6	167	16,7	2.0d	123	12,3
1.5 Hdí	98	9,8	1.8i	172	17,2
1.2	107	10,7	1.6i	140	14
Celkový průměr emisí všech typů (CO2 kg/100 km)					13,1725

*Zdroj: vlastní výpočet na základě dat SDA, 2020; Mobile.de, 1996*

## 9. KOMPARACE VÝSLEDKŮ A VYHODNOCENÍ

Předmětem této kapitoly je komparace již známých vypočtených výsledků emisí spalovacích i elektrických motorů OA a jejich vyhodnocení. Spalovací motory OA vyprodukují 13,1725 kg/100 km CO<sub>2</sub>, přičemž elektromobily vyprodukují o 2,44105 kg/100 km méně, tedy 10,73145 kg/100 km CO<sub>2</sub>, viz tabulka č. 17. Tento výpočet prokázal, že elektromobily nejsou tak úplně bezemisní, jak se veřejně prohlašuje. Dále je potřeba podotknout, že výše uvedený výpočet emisí elektromobilů zahrnuje pouze emise vytvořené samotným provozem elektromobilů nikoli další procesy jako například výroba lithium-iontových baterií, které se využívají do elektromobilů. Tudíž lze předpokládat, že po zahrnutí procesu výroby baterií budou výsledné emise ještě vyšší a svou hodnotou se mohou přibližovat hodnotě spalovacím motorům OA, ne-li možná překračovat.

**Tabulka 17:** Porovnání vyprodukovaných emisí CO<sub>2</sub> elektrickými a spalovacími motory OA

	<b>Elektrické motory OA</b>	<b>Spalovací motory OA</b>
<i>Emise CO<sub>2</sub> (kg/100 km)</i>	10,73145	13,1725

Ale pokud se bude porovnávat pouze hodnota emisí vyprodukovaná provozem automobilů, která je v této práci prezentována, tak elektromobily jednoznačně produkují méně oxidu uhličitého než spalovací motory osobních automobilů. Tudíž jejich vliv na ŽP je menší. A v případě většího využívání v rámci vozového parku (vyšší procentuální zastoupení elektromobilů) může docházet k postupnému snižování emisí skleníkových plynů a plnit tak emisní limity stanovené Evropskou unií. Bohužel situace v ČR v tomto směru (provozování elektromobilů) není stále dostatečně využívána. Tento fakt je mimo jiné ovlivněn nedokonalou infrastrukturou nabíjecích stanic, delší dobou nabíjení, vyšší pořizovací cenou a absencí státních finančních výpomocí a dalších benefitů především pro nepodnikající fyzické osoby. V případě právnických osob a fyzických osob podnikajících je situace mírně příznivější, kdy firmy více do těchto dopravních prostředků investují jak s cílem snížení (provozních) nákladů, tak i s vyšší propagací vlastní společenské odpovědnosti organizace (CSR) vůči široké veřejnosti.

## ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce byl popis a komparace vlivů spalovacích a elektrických motorů osobních automobilů na životní prostředí s následným vyhodnocením. Tento cíl byl splněn. Nejdříve byly popsány negativní vlivy dopravy na životní prostředí. Mezi tyto vlivy patří znečištění ovzduší, znečištění vod, hluk a vibrace, dopravní nehody, zábory půdy a usmrčená zvířata. Znečištění ovzduší či vod, hluk a zábory půdy jsou z těchto vlivů nejvýznamnější. Ovzduší je znečišťováno jak skleníkovými ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ...), tak i jinými plyny ( $\text{CO}$ ) či pevnými částicemi ( $\text{PM}_{10}$ ). Silniční individuální doprava má významný vliv na znečištění ovzduší, jelikož tvoří téměř 60% podíl na celkových emisích z dopravy. Přičemž nejvýznamnějším negativním plynem je  $\text{CO}_2$  následovaný  $\text{CO}$ . Na druhou stranu nejméně významným plynem je  $\text{SO}_2$ .

Následně díky získaným statistickým i dalších dat a informací bylo možné provést výpočet emisí jak elektrických, tak i spalovacích motorů osobních automobilů v podmínkách České republiky, a provést tak komparaci. Jako společný indikátor emisí byl stanoven oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) vyprodukovaný na  $\text{kg}/100 \text{ km}$ . Jako hlavní nástroj pro výpočet tohoto indikátoru byla zvolena Petriho síť, která matematicky i graficky znázorňuje zvolený proces. Poté Petriho síť byla vypočítána v programu Umberto. V případě elektromobilů byl zjištěn elektrárenský mix ČR, který definuje vstupy a výstupy v procesu přeměny elektrické energie v České republice. Tento mix umožnil zjistit hodnotu vyprodukovaného  $\text{CO}_2$  na průměrnou spotřebu elektromobilů, přičemž tato hodnota činila  $14,802 \text{ kWh}/100 \text{ km}$ . Výpočet emisí  $\text{CO}_2$  spalovacích osobních automobilů nebyl tak obtížný z důvodu lepší dostupnosti potřebných dat o nejzastoupenějších automobilových značkách na českém trhu a průměrných emisích vybraného typu OA včetně motorizace. Po získání všech dat byla provedena komparace získaných výsledků. Výsledky hovoří jasně, spalovací motory osobních aut vyprodukují  $13,1725 \text{ kg}/100 \text{ km CO}_2$  a elektrické  $10,73145 \text{ kg}/100 \text{ km CO}_2$ . Tyto výsledky však porovnávají pouze produkci  $\text{CO}_2$  při provozu automobilů, nezahrnují už tedy další procesy jako je např. výroba apod. V tomto směru lze jednoznačně označit elektromobily za ekologicky přívětivější, jelikož tolik nezatěžují ŽP, tak jako spalovací motory OA.

Tato práce mimo výše uvedeného cíle také obsahovala vymezení úlohy státu v oblastech životního prostředí a dopravy. Orgány veřejné správy mají různý účel v této problematice. Například vláda schvaluje základní strategický dokument zvaný Státní politika životního prostředí České republiky. Jeden z nejdůležitějších orgánů je MŽP, které navrhuje zákonné či podzákonné předpisy týkající se ochrany přírody a ŽP v ČR. Kromě ministerstva mají své



kompetence i orgány obcí a krajů zajišťující ochranu přírody a ŽP zejména prostřednictvím přenesené působnosti. Mezi další orgány spadající do této oblasti patří např. Česká inspekce životního prostředí či CENIA, česká informační agentura životního prostředí. Oblast dopravy patří mezi hlavní pilíře ekonomiky a základním strategickým dokumentem je Dopravní politika České republiky, jejíž účelem je stanovení pravidel na dopravním trhu, vytvářet podmínky pro rozvoj kvalitní dopravní soustavy i zavádění udržitelné mobility. Úlohou státu je tedy tuto koncepci vytvářet, dále novelizovat právní předpisy týkající se dopravy, zajišťovat dostatečné finanční prostředky na své závazky v této oblasti a mnoho dalších. Mezi cíle současné Dopravní politiky ČR na období 2014-2020 patří omezování skleníkových plynů skrz podporu nízkoemisních i bezemisních typů dopravy či snižování negativních vlivů dopravy.

Další významnou kapitolou v této práci je charakteristika vozového parku ČR. Ze zjištěných statistik vyplývá, že celkový počet registrovaných OA stále roste, roste i průměrné stáří OA, kdy ČR v této statistice patří mezi nejhorší státy v Evropě. V roce 2018 nejvíce registrovaných OA využívalo zážehový motor (61 %), následně vznětový motor (38,5 %) a elektrické motory tvořily pouze 0,04 %, je to ovšem nejvyšší podíl od roku 2010. Avšak v mezinárodním srovnání opět ČR nepatří k nejlepším. Za centrum elektromobility je označováno Norsko, kde stát umožňuje majitelům elektromobilů neplatit daň z přidané hodnoty při samostatném nákupu elektromobilů. Dále norští majitelé mohou využívat jízdní pruh pro MHD v případě kolon a další benefity. Tímto tedy můžeme říci, že čeští spotřebitelé příliš elektromobily nevyužívají. Tento trend se odráží od více faktorů jako jsou nedostatečná infrastruktura nabíjecích stanic, vysoká pořizovací cena či nedostatečné státní finanční pobídky a benefity pro majitele elektromobilů.

Na závěr lze konstatovat, že se situace s elektromobily v ČR může zlepšit. Vše však záleží na dalších okolnostech, které přímo ovlivňují nákup elektromobilů (infrastruktura nabíjecích stanic, pořizovací cena či státní finanční pobídky a benefity). Některé z těchto vlivů může přímo ovlivnit stát. V neposlední řadě, by vyšší pořizování elektromobilů přispělo ke snižování negativních vlivů na ŽP, jak bylo v této práci zjištěno.

## POUŽITÁ LITERATURA

ACEA Report: Vehicles in use Europe 2018, 2018. In: Acea.be [online]. ACEA [cit. 2020-02-21]. Dostupné z:

[https://www.acea.be/uploads/statistic\\_documents/ACEA\\_Report\\_Vehicles\\_in\\_use-Europe\\_2018.pdf](https://www.acea.be/uploads/statistic_documents/ACEA_Report_Vehicles_in_use-Europe_2018.pdf)

ADAMEC, V., a kol., 2008. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2156-9.

BAŤA, R., OBRŠÁLOVÁ, I., VOLEK, J., a COSTA JORDAO, T., 2008. Petriho Nets Application for Management of Biodegradable Components of Municipal Waste. *WSEAS Transactions on Environment and Development*. Iss. 12, vol 4, pp. 1057-1066. Print ISSN: 1790-5079, E-ISSN: 2224-3496.

BEDNÁŘ, M., 2019. Test Volkswagenu e-Golf: Drahý, ale bytelný. *Novinky.cz* [online]. Borgis, 11. březen 2019 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/clanek/test-volkswagenu-e-golf-drahy-ale-bytelny-40273844>

BŘEZINOVÁ, J., c2014-2020. V Norsku se prodává už přes 50 % elektromobilů. Jak je na tom Česko? *Elektrina.cz* [online]. Praha: Ušetřeno.cz, 5. října 2019 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/elektromobily-norsko>

ČESKO. Zákon č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1993, částka 1. Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=22427>

ČESKO. Usnesení č. 2/1993 Sb., Listina základních práv a svobod. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1993, částka 1. Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=22426>

ČESKO. Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1992, částka 4. Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2527>

ČESKO. Zákon č. 128/2000 Sb., o obcích (obecní zřízení). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 38. Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3426>

ČESKO. Zákon č. 129/2000 Sb., o krajích (krajské zřízení). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 38. Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3426>

ČEŠKA, M., 1994. Petriho síť, úvod do teorie a nástrojů pro aplikaci Petriho sítí. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství Cerm. ISBN 80-85867-35-4.

Čistá mobilita, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/cista\\_mobilita\\_seminar](https://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar)

Dobrovolné dohody, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/dobrovolne\\_dohody](https://www.mzp.cz/cz/dobrovolne_dohody)

Dobrovolné nástroje, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/dobrovolne\\_nastroje](https://www.mzp.cz/cz/dobrovolne_nastroje)

DOKUN, N., et al., 2004. *Integration of Immune Models Using Petri Nets*. In: Proceedings of Artificial Immune Systems: Third International Conference, ICARIS 2004, September 13-16, 2004 Catania, Sicily, Italy. Berlin – Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. Vol. 3239 of Lecture Notes in Computer Science. pp. 205-216.

Dopravní politika ČR pro období 2014-2020 s výhledem do roku 2050, 2013. In: *Mdcr.cz* [online]. Ministerstvo dopravy [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-a-MFDI/Dopravni-politika-CR-pro-obdobi-2014-2020-s-vyhled/Dopravni-politika-CR-2014-%E2%80%93-2020.pdf.aspx>

EISLER, J., KUNST, J. a ORAVA, F., 2011. *Ekonomika dopravního systému*. Praha: Oeconomica. ISBN 978-80-245-1759-9.

EMAS, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/emas>

Environmentální politika a nástroje, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/environmentalni\\_politika\\_nastroje](https://www.mzp.cz/cz/environmentalni_politika_nastroje)

Environmentální značení, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/environmentalni\\_znaceni](https://www.mzp.cz/cz/environmentalni_znaceni)

GENC, S., LAFORTUNE, S., 2003. Distributed Diagnosis of Discrete-Event Systems Using Petri Nets. 1. vyd. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. ISBN:3-540-40334-5.

Grace's Guide to British Industrial History, 2018. Matthew Henry Phineas Riall Sankey. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: [https://www.gracesguide.co.uk/Matthew\\_Henry\\_Phineas\\_Riall\\_Sankey](https://www.gracesguide.co.uk/Matthew_Henry_Phineas_Riall_Sankey)

- Historie a poslání MŽP, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2019-09-09]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/ministerstvo>
- HORČÍK, J., 2018. BMW i3 nově s 42,2kWh baterií, WLTP dojezd 285 km. *Hybrid.cz* [online]. Chamanne, 29. září 2018 [cit. 2020-03-11]. ISSN 1802-5323. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/bmw-i3-nove-s-422kwh-baterii-wltp-dojezd-285-km>
- HORČÍK, J., 2018a. TEST: nový Nissan Leaf 40kWh - jezdí jako blesk, ale pomalé nabíjení je problém. *Hybrid.cz* [online]. Chamanne, 5 říjen 2018 [cit. 2020-03-11]. ISSN 1802-5323. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/test-novy-nissan-leaf-40kwh-jezdi-jako-blesk-ale-pomale-nabijeni-je-problem>
- Ifu Hamburg. *Umberto* [software]. 1998. Dostupné z: <https://www.ifu.com/en/umberto/>
- JAVŮREK, K., 2017. Záhada dojezdu objasněna: Tesla Model 3 má baterie s kapacitou 50 kWh a 75 kWh. *Connect.zive.cz* [online]. CZECH NEWS CENTER, 9 srpen 2017 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://connect.zive.cz/bleskovky/zahada-dojezdu-objasnena-tesla-model-3-ma-baterie-skapacitou-50-kwh-a-75-kwh/sc-321-a-188941/default.aspx>
- Kompetence ČIŽP, 2014. In: *Cizp.cz* [online]. Praha: Česká inspekce životního prostředí [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <http://www.cizp.cz/file/Dv8/Kompetence-CIZP-tabulka.xlsx>
- KUCHYŇKOVÁ, P., c2005-2019. Životní prostředí. *Euroskop.cz* [online]. Praha: Vláda České republiky, 2018 [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/8926/sekce/zi-votni-prostredi/>
- LÜDE, R., MOLDT, D., a VALK, R., 2003. *Sozionik - Modelierung soziologischer Theorie*. 1. vyd. Münster: Lit Verlag, 2003. ISBN 3-8258-5980-0.
- MEADOWS, D. H., MEADOWS D.L., RANDERS, J. a BEHRENS III., W.W, 1972. The limits to growth [online]. New York: Universe Books [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>
- Mobile.de* [online], 1996. Kleinmachnow: mobile.de [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://www.mobile.de/>
- MOKŘÍŠ, J., 2019. EU nařídila, že všechny nové elektromobily musejí vydávat umělý hluk. *Elektrickevozy.cz* [online]. Praha: Elektrickevozy.cz [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/eu-naridila-ze-vsechny-nove-elektromobily-museji-vydavat-umely-hluk>

Národní akční plán čisté mobility, 2015. In: Mzp.cz [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, Říjen 2015 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista\\_mobilita\\_seminar/\\$FILE/SOPSPZP-NAP\\_CM-20160105.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/SOPSPZP-NAP_CM-20160105.pdf)

NOVÉ CITIGO<sup>e</sup> iV, 2020. *Skoda-auto.cz* [online]. ŠKODA AUTO [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/modely/nove-citigo/nove-citigoe-iv>

O AOPK ČR, c2019. *Ochranaprirody.cz* [online]. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/o-aopk-cr/>

Obce, c2002-2019. *Portál územního plánování* [online]. Brno: Ústav územního plánování [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <http://portal.uur.cz/spravni-usporadani-cr-organy-uzemniho-planovani/obce.asp>

OBRŠÁLOVÁ, I., KOŽENÁ, M., a BAŤA, R., 2006. *Research Report II - Environemntální účetnictví na mikro-úrovni*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice. 39 str. ISBN 80-7194850-0.

Olej, V., 1996. *Analysis of Decision Processes of Discrete Systems With Uncertainty*. 1. vyd. Košice: University Press elfa. ISBN 80-88786-30-4.

O nás, c2004-2016. *Cizp.cz* [online]. Praha: Česká inspekce životního prostředí [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <http://www.cizp.cz/O-nas>

PETRI, C. A., 1966. *Communication with automata*. 1. vyd. New York.

Profil organizace, c2019. *Cenia.cz* [online]. Praha: CENIA, česká informační agentura životního prostředí [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <https://www.cenia.cz/o-cenia/profil-organizace/>

Působnosti, 2014. In: *Cizp.cz* [online]. Praha: Česká inspekce životního prostředí [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <http://www.cizp.cz/Pusobnosti>

Ročenka dopravy České republiky 2018, 2018. In: *Sydos.cz* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: [https://www.sydos.cz/cs/rocenka\\_pdf/Rocenka\\_dopravy\\_2018.pdf](https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2018.pdf)

RODRIGUE, J-P., COMTOIS, C., a SLACK, B., 2006. *The Geography of Transport Systems* [online]. New York: Routledge [cit. 2020-02-21]. ISBN 978-0-203-00111-0. Dostupné z: [https://geonas.at.ua/\\_ld/0/34\\_The\\_Geography\\_o.pdf](https://geonas.at.ua/_ld/0/34_The_Geography_o.pdf)

RUSSOVÁ, A., 2018. Většina Čechů kupuje raději ojetiny než nová auta. *Garáž.cz* [online]. 22.12.2018 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/vetsina-cechu-kupuje-radeji-ojetiny-nez-nova-auta-21000759>

SDA. *Re: Dotaz* [e-mailová komunikace]. 03. února 2020, 13:23 CET [cit. 2020-03-13]. Osobní komunikace

*Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2018* [online], 2019. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2020-02-05]. ISBN 978-80-87770-81-8. Dostupné z: <https://www.cenia.cz/publikace/statisticka-rocenka-zivotniho-prostredi-cr/statisticka-rocenka-zivotniho-prostredi-cr-2018/>

Státní politika životního prostředí ČR, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni\\_politika\\_zivotniho\\_prostredi/\\$FILE/SOP\\_SZP-Aktualizace\\_SPZP\\_2012-2020-20161123.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi/$FILE/SOP_SZP-Aktualizace_SPZP_2012-2020-20161123.pdf)

Storyboard: Podpora prodeje elektromobilů v jednotlivých evropských státech a podíl nově registrovaných elektrických vozidel v roce 2018, c2020. *Skoda-storyboard.com* [online]. ŠKODA AUTO, 9.4.2019 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace/mobilita/dotace-na-nakup-nulova-dan-nebo-zadne-mytne-aneb-jak-podporit-emobilitu/attachment/emobility-map-europe-czech/>

Strategické dokumenty: Státní politika životního prostředí, c2019. *Ochranaprirody.cz* [online]. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/o-aopk-cr/strategicke-dokumenty/statni-politika-zivotniho-prostredi/>

Strategické dokumenty v gesci MŽP, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/strategicke\\_dokumenty\\_v\\_gesci\\_prehled](https://www.mzp.cz/cz/strategicke_dokumenty_v_gesci_prehled)

Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2017, 2018. In: *Mzp.cz* [online]. Brno: Centrum dopravního výzkumu [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/doprava/\\$FILE/OOO-Studie\\_doprava\\_2017-20190708.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/doprava/$FILE/OOO-Studie_doprava_2017-20190708.pdf)

Sustainable engineering with Umberto, 1998. IFU HAMBURG. [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.ifu.com/en/umberto/>

TUHÁČEK, M., JELÍNKOVÁ, J., a kol., 2015. *Právo životního prostředí: Praktický průvodce*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5464-2.

Udržitelný rozvoj, c2008-2019. *Mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny\\_rozvoj](https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj)

*Vitejtenazemi.cz* [online], c2013. Praha: CENIA, česká informační agentura životního prostředí [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=index&site=default>

Význam slova "Životní prostředí", c2004-2019. In: *Příroda.cz: slovník* [online]. Praha: Příroda.cz [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: <https://www.priroda.cz/slovník.php?detail=8>

Znečištění ovzduší, 2020. *Eea.europa.eu* [online]. Evropská agentura pro životní prostředí, 9.10.2017 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/cs/themes/air/intro>

ŽALUDEK, L., 2017. *Environmentální účetnictví*. MŽP. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/107979>

ŽEMLIČKA, Z., MYNÁŘÍK, J., 2008. *Doprava a přeprava*. Praha: NADATUR. ISBN 80-7270-030-8.

Životní prostředí a zdraví, c2008. *Eea.europa.eu* [online]. Kodaň: European Environment Agency [cit. 2019-09-09]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/cs/themes/human/intro>