



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  

---

**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**  
**Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

# **Elektromobilita ve složkách IZS**

## **Electromobility in IRS Services**

Diplomová práce

Studijní program: Civilní nouzové plánování

Autor diplomové práce: Bc. Petr Ďuračka

Vedoucí diplomové práce: Ing. Oldřich Volf, Ph.D.

---

**Kladno 2023**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Ďuračka** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **487462**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**  
Studijní program: **Civilní nouzové plánování**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Elektromobilita ve složkách IZS**

Název diplomové práce anglicky:

**Electromobility in IRS Services**

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude problematika elektromobility a její aplikace ve složkách IZS. V teoretické části bude popsán současný stav elektromobility u nás i ve světě s cílem komparovat možná pozitiva a negativa používání tohoto způsobu mobility. Následně budou tyto informace vztaženy na samotný systém IZS a budou uvedeny příklady užívání elektrických dopravních prostředků v dnešní praxi. Data získaná v rámci teoretické části budou posléze v části praktické vyhodnocena prostřednictvím SWOT analýzy. Sběr dat poskytne přehled uplatňování této technologie ve složkách IZS. Nedílnou součástí analýzy je také ekonomická rozvaha jak z pohledu investičního, tak následně i provozního financování. Výsledky této analýzy se stanou podkladem pro možné návrhy na zlepšení systému elektromobility v blízké budoucnosti ve složkách IZS u nás.

Seznam doporučené literatury:

- [1] FRIVALDSKÝ, Michal, PRAŽENICA, Michal, KOŇARIK, Roman, ŠPÁNIK, Pavol, ČUBOŇ, Peter, RADVAN, Roman, RÁČEK, Vladimír, Elektromobilita, Žilina: EDIS, 2019, ISBN 9788055415987
- [2] MIAO, Yu, Multidisciplinary Perspectives on Green Electromobility and Charging Stations, USA: IGI Global, 2021, ISBN 9781799839972
- [3] AJANOVIC, Amela, Prospects for Electric Mobility, Austria: MDPI, 2021, ISBN 3036514201
- [4] GROS, Ivan, DYNTAR, Jakub, Matematické modely pro manažerské rozhodování, ed. 2., Praha: ČVUT, 2015, 303 s., ISBN 978-80-7080-910-5

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Oldřich Volf, Ph.D.**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **19.09.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA  
děkan

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Elektromobilita ve složkách IZS vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 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.

V Kladně dne 14.05.2023

.....  
Bc. Petr Ďuračka

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval všem lidem, kteří se podíleli na vzniku této práce, obzvláště pak členům jednotlivých složek IZS zmíněných v ní, jenž mi poskytli podklady nezbytné pro její zpracování. Na závěr bych rád poděkoval sobě za tvrdě odvedenou práci.

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zaměřuje na elektromobilitu obecně a její přesah do struktur složek IZS.

V první části práce je od základů probrána problematika elektromobility. Jsou vysvětleny důležité pojmy, technické specifikace pohonných systémů elektromobilů a také alternativy k, dnes nejrozsáhleji využívané, bateriové technologii.

Práce se poté zabývá historií elektromobility, jejímu nástupu, postupnému úpadku a její renesanci posledních let. Následně je rozebrán současný stav elektrických vozů ve světě i u nás s ohledem na legislativní rámce jednotlivých států. Dále přichází klíčová pasáž celé teoretické části, kde je hloubky prozkoumán ekologický dopad elektromobilů v porovnání s vozy s konvenčními spalovacími motory. Následuje kapitola, která řeší ekonomické aspekty elektromobility, jak výhodné či ne investice do ní jsou. Poslední téma teoretické části se zaměřuje na využití elektrických vozů záchrannými a bezpečnostními sbory po celém světě.

Navazující praktická část se skládá ze SWOT analýzy, cílené pouze na elektromobilitu u složek IZS. Její nelichotivé výsledky jsou vysvětleny v souvislostech vzhledem k současnému stavu a je nahlédnuto také do možností budoucího vývoje. Práce dochází k závěru, že dnešní elektromobilita není připravena u složek IZS plně konkurovat vozům se spalovacími motory.

## **Klíčová slova**

Elektromobilita; elektromobil; ekologie; složky IZS; SWOT analýza

## **ABSTRACT**

This diploma thesis targets electromobility in general and its overreach into the structures of IRS services.

In first part of the thesis, the problematics of electromobility is discussed from the fundamentals up. Important concepts are explained, also technological specifications of drivetrains and alternatives to nowadays most widely used battery technology.

The thesis the focuses on history of electromobility, its rise, fall and renaissance in the last few years. Afterwards today's state of electric vehicles in the world is looked at with legislatives of mentioned countries considered. Then comes a crucial passage of the theoretical part where the ecological impact of electric vehicles is deeply explored and compared to vehicles with conventional combustion engines. Follows a chapter which deals with economical aspects of electromobility, how profitable or not investments into it are. Last theme of theoretical part focuses on employment of electric vehicles by rescue and security forces around the globe.

Subsequent practical part consists of SWOT analysis which targets electromobility solely for IRS purposes. Its non-flattering results are then explained in context, considering the current state of things and the possibility of future development is investigated. The thesis finishes with a conclusion that electromobility is not ready to compete with internal combustion engine vehicles.

## **Keywords**

Electromobility; electric cars; ecology; IRS services; SWOT analysis

## Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce a hypotézy .....	10
3	Přehled současného stavu .....	11
3.1	Základní pojmy .....	11
3.1.1	Elektromobilita.....	11
3.1.2	Elektromotor .....	11
3.1.3	Elektromobil.....	12
3.1.4	Baterie.....	14
3.1.5	Další alternativní druhy pohonu.....	17
3.2	Vlastnosti elektromobilů .....	20
3.2.1	Klady.....	20
3.2.2	Zápory .....	21
3.3	Historie elektromobilu .....	22
3.4	Elektromobilita ve světě .....	23
3.4.1	Legislativa spojená s elektromobilitou.....	24
3.5	Elektromobilita v České republice .....	26
3.6	Ekologický dopad elektromobilů .....	29
3.6.1	Ekologie výroby elektromobilu .....	34
3.6.2	Recyklace elektromobilu.....	35
3.7	Ekonomická stránka elektromobilů .....	37
3.8	Elektromobilita u složek IZS .....	39
3.8.1	Složky IZS.....	39
3.8.2	Hasičských záchranný sbor České republiky .....	39
3.8.3	Policie České republiky.....	40
3.8.4	Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby .....	41

3.8.5	Zahraniční bezpečnostní a záchranné sbory.....	43
3.8.6	Elektromobily z pohledu zásahu složek IZS .....	44
4	Metodika .....	49
4.1	SWOT analýza .....	49
5	Výsledky.....	50
6	Diskuze .....	53
6.1	Diskuze výsledků SWOT analýzy.....	53
6.1.1	Silné stránky .....	53
6.1.2	Slabé stránky .....	54
6.1.3	Příležitosti .....	56
6.1.4	Hrozby.....	59
6.2	Relevantní výzkum.....	62
6.3	Budoucnost elektromobility u složek IZS .....	63
7	Závěr.....	66
8	Seznam použitých zkratk .....	67
9	Seznam použité literatury.....	68
10	Seznam použitých obrázků.....	75
11	Seznam použitých tabulek.....	76
12	Seznam Příloh.....	77



# 1 ÚVOD

Už od mala jsem měl kladný vztah k automobilům a udržel jsem si ho až do dnes, proto jsem s výběrem z vypsanych témat neměl problém a automaticky sáhl po tomto. Elektromobilita je středobod všeho současného motoristického dění a nahlédnout pod její pomyslnou kapotu bylo lákavou nabídkou. V práci se pokusím rozšířit obzory v rámci elektromobility. Prozkoumat její dnešní využití z různých druhů pohledu, ale také nastítnit podmínky jejího vzestupu. V závěru pak zodpovědět klíčovou otázku, jestli jsou elektromobily použitelné u složek IZS.

Následující práce by mohla najít uplatnění v rámci strojních oddělení jednotlivých složek IZS a pomoci při rozhodovacích procesech v oblasti použití elektromobilů.

## **2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY**

Účelem této diplomové práce je analyzovat současný stav elektromobility v České republice i v okolním světě. Analyzovat její historii, ekologické dopady, ale i finanční aspekty. Poté se zaměřit na využití elektromobilů ve strukturách složek IZS a za použití SWOT analýzy vyhodnotit jejich aplikovatelnost.

Cílem potom je, zodpovědět otázku, zdali jsou soudobé elektromobily vhodné pro službu u složek IZS.

Myšlenka, že elektromobilita je v současných podmínkách vhodnou alternativou ke stávajícím vozidlům se spalovacími motory používanými základními složkami IZS, je hypotézou pro tuto práci.

## 3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

### 3.1 Základní pojmy

#### 3.1.1 Elektromobilita

Elektromobilita znamená použití elektřiny k pohonu dopravních prostředků jako jsou například automobily, motocykly, kola, autobusy, nákladní vozy a další. [1]

#### 3.1.2 Elektromotor



Obrázek 1 – Schéma elektromotoru Volkswagen (zleva doprava: inverter a obal motoru, rotor, stator, chlazení, převodovka) [2]

Elektrický motor funguje na základě elektromagnetické indukce. Po dodání počátečního napětí se rotor začne otáčet a díky přitažlivým a odpuzivým vlastnostem magnetů statoru a vinutí rotoru se přeměňuje elektromagnetická energie na mechanickou, která je pomocí hřídele přenesena na nápravy kol. Dnes se již používají bezkartáčové motory, které nemají pohyblivé části, tím se zdatelně snižuje poruchovost a nutnost údržby. [1,3,4]

Základní veličiny pro elektromotor:

- Výkon v kilowattech (kW);
- otáčky za minutu ( $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$ );
- točivý moment v Newton metrech (Nm). [3]

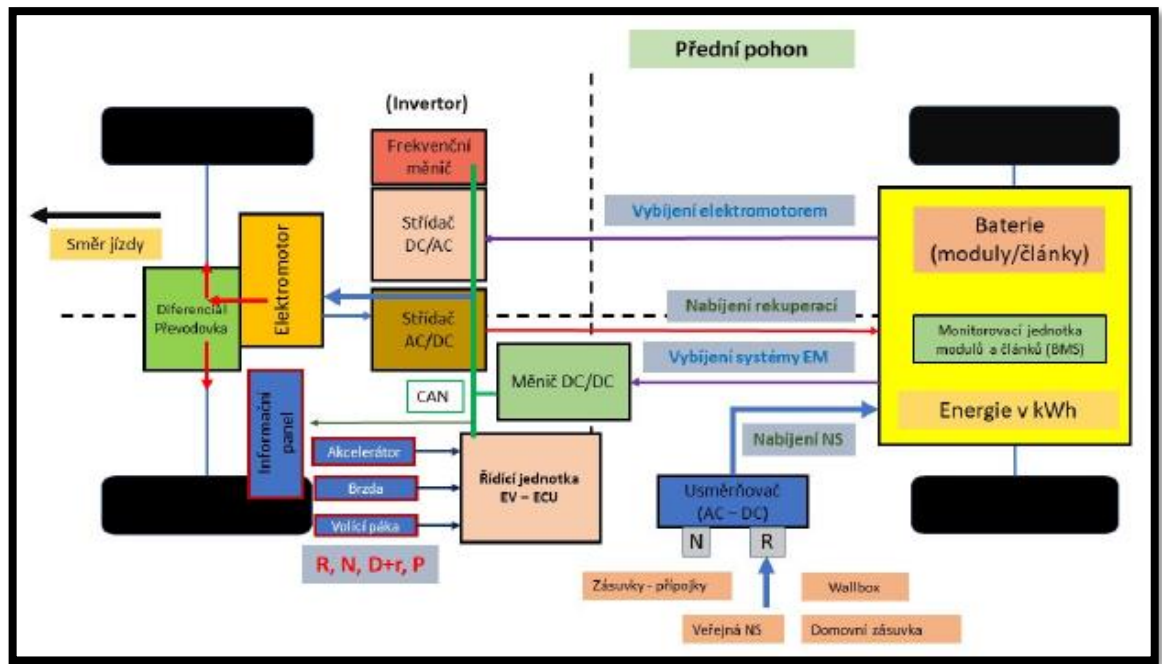
Elektromotor poskytuje maximální točivý moment v nízkých otáčkách a jeho výkon postupně klesá. Tento proces je energeticky náročný a dochází k zahřátí motoru, proto jsou elektromotory vybaveny chlazením. To se v elektromobilu sestává ze tří samostatných okruhů, pro baterie, invertory a elektromotory, jelikož každý mají jinou teplotní hranici. [3,5]

### 3.1.3 Elektromobil

*„Vozidlo kategorie bateriového elektrického vozidla, anebo plug-in hybridního elektrického vozidla splňující aktuální definici nízkoemisního vozidla v legislativě EU, kdy jako „nízkoemisní“ či „čisté“ osobní vozidlo je chápáno vozidlo s emisemi CO<sub>2</sub> do 50 g/km.“ [6 s.18]*

Elektrické dopravní prostředky mají elektromotor, akumulátorové baterie na uchování elektrické energie, kterou získávají převážně z elektrické rozvodné sítě. Součástky zvané invertory konvertují stejnosměrný proud z baterie na střídavý pro pohon elektromotoru. Čím efektivnější je tento proces, tím větší je dojezd elektromobilu. [1,4,5]

Tento typ automobilu se vyznačuje tichostí a nízkými emisemi, což z nich dělá ideální způsob dopravy ve městech. [1] Jsou směřovány primárně na osobní městskou a příměstskou dopravu. Na dojíždění do práce, městskou hromadnou dopravu, kurýrní služby, rozvoj jídel, údržbové a úklidové služby a podobně. [3]



Obrázek 2 – Schéma pohonného systému elektromobilu [3]

### 3.1.3.1 Druhy elektromobilů

#### Bateriový elektromobil (BEV)

Bateriemi poháněný elektromobil. Elektrická energie pro jeden či více elektromotorů je získávána pouze z baterií, které se napájejí ze sítě. [1,7,8]

#### Hybridní automobil (HEV)

Využívá kombinaci klasického spalovacího motoru a elektromotoru, někdy je mezi nimi možno, dle potřeby přepínat. Elektrická energie se získává z chodu spalovacího motoru. Tento druh vozů není možné dobít ze sítě. U těchto vozů existuje různá míra hybridizace (micro, mild, soft, smart), ta označuje míru zapojení elektrického motoru v pohonném procesu vozidla. Elektromotor a spalovací motor navzájem doplňují a zlepšují jízdní vlastnosti vozů. Například elektromotor je zodpovědný za akceleraci a nízké otáčky, poté se přidává spalovací motor a dodává vozů potřebný výkon. [1,3,6,7,8]

Elektromotor také dokáže rekuperovat (znovuzískávat) vyzářenou energii například při brždění. Tímto se nejen zvyšuje efektivita automobilu, ale i jeho úspornost. Plně hybridní vozy nesplňují emisní limity Evropské unie, a proto jsou

z dlouhodobého hlediska pro čistou dopravu nežádoucí. V současnosti považovány za důležitý most mezi konvenčními pohony a bezemisní dopravou. [1,3,6,7,8]

### **Plug-in Hybrid (PHEV)**

Principiálně stejný jako hybrid, jen je možné ho napájet i ze sítě a dostat se pod limitní množství emisí udávané EU. [1,7,8]

### **Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV)**

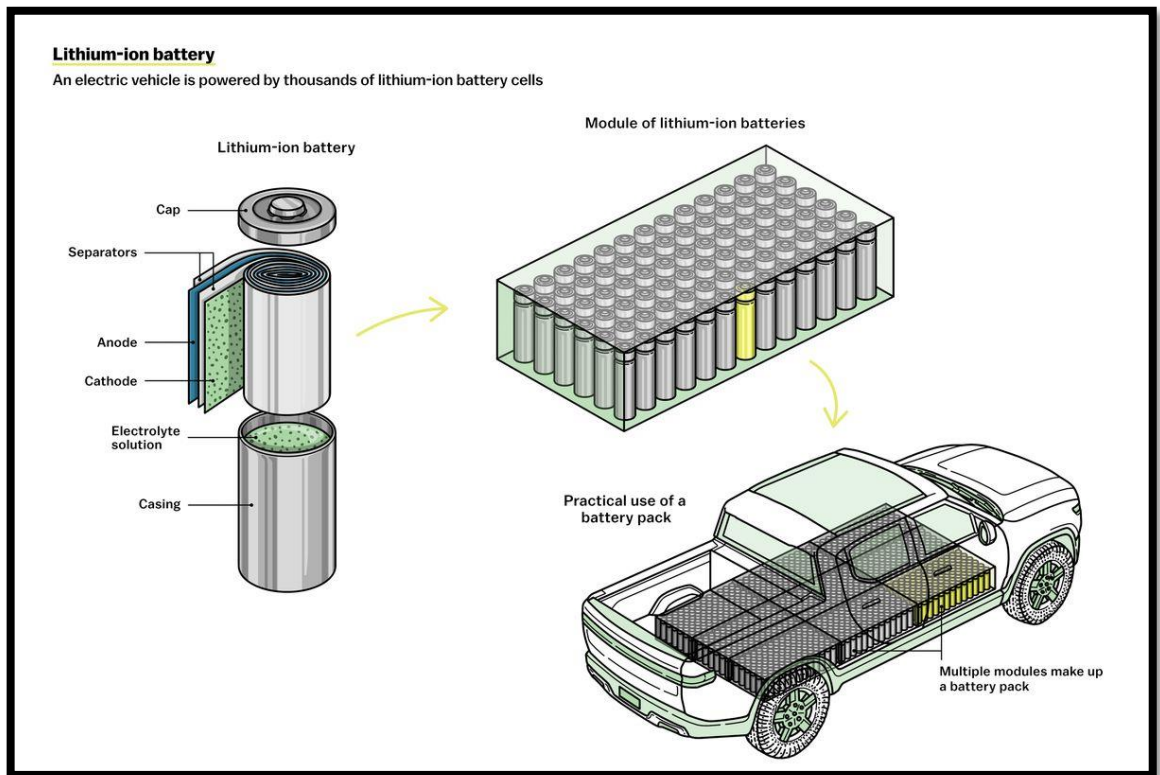
Využívá stejný systém jako bateriemi poháněný elektromobil, akorát je část baterie nahrazena nádrží s vodíkem a soustavou palivových článků, kde dochází k reakci, při níž vzniká elektřina a voda v plynném skupenství. Ačkoliv se toto řešení jeví jako ideální, zůstává v současnosti z důvodu vysokých produkčních nákladů a nedostatečné podpůrné infrastruktury mimo masovou výrobu. [6,7,8]

#### **3.1.4 Baterie**

Baterie v sobě udržují elektrickou energii, která je nezbytná pro fungování elektromobilu. Skládají se ze článků, které převádí chemickou energii na elektrickou na bázi chemické reakce mezi elektrodami, katodou a anodou, a ionty elektrolytu. Mezi elektrodami a elektrolytem se nachází separátory, které zamezují jejich nechtěnému mísení. Na elektrodách panuje rovnovážný stav, jsou-li ale připojeny do obvodu, tak elektrony putují z jedné elektrody na druhou, rovnovážný stav je narušen a proudí elektrický proud. [3,9,10,11]

Články se postupně vybíjí, u většiny jejich typů je tento proces nezvratný a jsou tedy jen na jedno použití. Elektromobily využívají akumulátory, které se dají znovu nabíjet. Jejich životnost se udává v cyklech, které se pohybují v řádech stovek až tisíců. Akumulátory se nabíjí procesem elektrolýzy, která probíhá při připojení baterie ke zdroji stejnosměrného proudu. Elektrolyt rozkládá na jednotlivé dílčí části, které putují zpět na jednotlivé elektrody a z elektrické energie se stává chemická. Baterie není možné takto nabíjet do nekonečna. Elektrody se postupně opotřebovávají až do stavu, kdy není možné, aby chemická reakce proběhla. [3, 9,10,11]

Pro potřeby elektromobility se články skládají do modulů a ty do battery packů, které obsahují několik tisíc článků. [12]



Obrázek 3 – Použití baterií v elektromobilu [12]

Obrázek výše ukazuje schéma složení standardně používané Lithium-iontové baterie, jejich následné složení v modulu a finální pozici packů v elektromobilu.

Zajímavou myšlenkou je technologie strukturálních baterií, kde jsou články uspořádány nikoliv válcovitě, ale do archů, kterými je pokryto šasi vozu. To nejen že snižuje váhu, ale zároveň posiluje rám elektromobilu. [12] Příkladem této technologie je elektromobil Sion německé značky Sono. Sion je pokryt celkem 7,5 metry křemíkových poločlánků a pouze na sluneční energii najede za středoevropských podmínek denně až 35 kilometrů, akumulovanou elektřinou ze sítě je to pak až 305 kilometrů. Cena se měla pohybovat okolo 600 tisíc korun, a ačkoliv už byl vůz úspěšně v testovacím provozu, výrobce musel z finančních důvodů sériovou výrobu zrušit. Idea elektromobilů na solární energii ale přetrvává u ostatních výrobců. [13]

#### 3.1.4.1 Druhy baterií

##### **Olověný akumulátor**

Je standardní pro většinu dnešních automobilů se spalovacími motory. Používán pro nízkou cenu, pomalé samovybití, dobré vlastnosti při teplotních extrémech. Problémem je malá hustota energie, což je poměr vytvářeného proudu a váhy baterie. Podobné vlastnosti mají i Nikl-kadmiové baterie. [9,14]

##### **Sodíkovo-sírový akumulátor**

Má provozní teplotu mezi 300 a 350 °C a aby si ji udržel, je zabalen ve vakuovém boxu. Má šestkrát vyšší hustotu energie než olověný akumulátor, ale při nepoužívání delší než jeden den, je třeba udržovat ho v teple. [9]

##### **Lithium-iontový akumulátor**

V současnosti nejběžnější baterie ve všech odvětvích elektrotechniky. Hustota energie je zde třikrát větší než u olověných akumulátorů a do roku 2030 se očekává stoprocentní nárůst. Vydrží až 2 000 nabíjecích cyklů, ale při nabíjení vyžadují přesné napětí, jinak hrozí jejich poškození. [9,11]

#### 3.1.4.2 Nabíjení baterií

Mimo hybridních automobilů je nutné či možné (plug-in hybrid) nabíjet baterie z elektrické sítě, což podle Německé federální asociace pro eMobilitu dělá 80 % všech řidičů doma. To zabere přibližně osm hodin v závislosti na baterii, avšak ne každý domácí okruh zvládne takové napětí. Tento problém řeší takzvané wallboxy, což jsou chytré dobíjecí stanice, které jsou pro účely uzpůsobeny trvalého odběru vysokého napětí uzpůsobeny. Nabíjení na běžných veřejných nabíjecích stanicích zabere přibližně stejný čas jako doma, kdežto rychlonabíjecí stanice tento proces zvládnou i za hodinu. Důvodem je, že proud v běžné síti je střídavý, ale baterie pro elektromobily potřebují proud stejnosměrný. Invertory vozů tudíž musí nejdříve změnit druh proudu, který do baterie putuje. Rychlonabíjecí stanice do vozu posílají, již upravený, stejnosměrný proud a jelikož není třeba ho invertovat, doba nabíjení je radikálně zkrácena. [1,11]



V České republice je terminologie dobíjecích stanic udána v zákoně o pohonných hmotách. Dobíjecí bod umožňuje nabíjet pouze jedno vozidlo v danou chvíli. Dobíjecí stanice je místo s jedním či více dobíjecími body. Dobíjecí lokalita je prostor, kde se nachází jedna nebo více dobíjecích stanic. Z hlediska výkonu se dělí na běžné, které mají výkon do 22 kW. Dále vysoce výkonné s rozpětím 22–120 kW a ultra výkonné, které mají nad 120 kW výkonu. [6,15]

### **3.1.5 Další alternativní druhy pohonu**

#### **3.1.5.1 Plyná paliva**

Dnes se jedná hlavně o zemní plyn ve dvou formách, a to CNG (compressed natural gas) a LNG (liquified natural gas), čili jeho stlačenou plynnou formu a formu kapalnou. Plyný zemní plyn se využívá hlavně v osobní dopravě. LNG je nutné udržovat ve velmi nízkých teplotách a při delším odstavení vozidla se vypařuje, proto v současnosti nachází využití hlavně v silniční a lodní nákladní dopravě, kde se využívá jeho malý objem, a tudíž velký dojezd na jednu nádrž. Česká republika se na evropském poli řadí na přední příčky v používání plyných paliv v dopravě. Navíc došlo k podpisu dlouhodobé smlouvy o spolupráci mezi vládou a plynárenskými společnostmi, čímž se utvrdila budoucnost využití zemního plynu v českém silničním provozu. Za zmínku stojí také LPG (liquified petroleum gas), což je směs plyných uhlovodíků, primárně propanu a butanu, získaná jako vedlejší produkt při těžbě zemního plynu a rafinaci ropy. V současnosti LPG pohání hlavně osobní vozy starších ročníků výroby. Ačkoliv jeho používání snižuje celkové emise z dopravy, u Evropské unie je v nemilosti, kvůli špatně nastavené politice na měření emisí z paliv, což vede ke stagnaci jeho rozvoje i přes nově se rozvíjející variantu bioLPG. [6]

Biopaliva navazují na ideu plyných paliv a posouvají ji dále, když využívají plyn vzniklý při zpracování odpadních materiálů nebo vedlejších produktů při výrobě. Jednou z variant je biometan, který je vytvářen z odpadu, zbytků jídel, mrvy anebo plodin využívaných zvláště pro tento účel, jako je kukuřice či seno. Na rozdíl od CNG, LNG a LPG, které již momentálně nesplňují požadavky Evropské unie na čisté palivo, tak biometan ano a neprodukuje ani žádné další potenciálně zdraví nebezpečné látky. Jako u většiny emisně čistých řešení dopravy je bohužel nedostatečně

legislativně podporováno a také pořizovací cena vozů na plyn je znatelně vyšší než u konvenčních pohonů. Další překážkou, která brání masovému rozvoji je nedostatečný výběr podporovaných modelů osobních vozů. Automobily na plyn jsou také v České republice stále neopodstatněně ostrakizovány z veřejných garáží, kvůli, dnes již vyvrácené, nebezpečnosti tohoto druhu pohonu. [6]

### 3.1.5.2 Vodíkové palivové články

Vodík se uchovává a přepravuje stlačený a zchlazený na  $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Z čehož vyplývá, že jeho skladování a manipulace s ním je riziková a finančně náročná. Vodíku je momentálně dostatek, ale jedná se o vodík získávaný ze zemního plynu, což není emisně čisté řešení. Bezemisní vodík se vyrábí hydrolyzou vody s použitím elektřiny. Je tedy nutné, aby byl tento proces co nejefektivnější, abychom v něm neztráceli více energie, než získáme, jen za účelem úspory emisí. [4,6,8,16]

Palivové články jsou elektrochemická zařízení vyrábějící elektrickou energii na základě reakce mezi palivem, v tomto případě vodíkem, a vzdušným kyslíkem. Tato bezbateriová technologie se dle současných výzkumů, do budoucna jeví jako nejslibnější ve velkém počtu dopravních typů. Primárně jde o nákladní dopravu, užitkové vozy, autobusy, ale také větší osobní automobily. Testy dokonce ukazují, že se pro nákladní vozy s trasami nad 100 km finančně vyplatí využití vodíku více než standardní bateriový pohon, a navíc naplnění nádrže nákladního vozu vodíkem zabere přibližně 10 minut, což je více než 10krát rychlejší oproti nabíjení adekvátní baterie. V České republice prozatím brání rozvoji tohoto druhu pohonu prakticky neexistující podpůrná infrastruktura. [6,8,16]

### 3.1.5.3 Paliva na bázi čpavku

Čpavek je na vyrobený objem druhá nejrozšířenější chemická sloučenina. Více než tři čtvrtiny jsou využívány v zemědělství jako hnojivo. Jeho využití v dopravě není nic nového, přes začátek 20. století byl využit poprvé a ve velkém byl používán za druhé světové války. Po jejím konci byl další vývoj opuštěn pro dostatek fosilních paliv. Dnes se čpavek získává převážně ze zemního plynu. Pro získání emisně čistého

čpavku je opět využívána elektrolyza vody, kde je vzniklý vodík společně se vzdušným dusíkem pomocí Haber-Boschovy syntézy spojen ve čpavek. [6]

Jeho využití v dopravě má dnes dva způsoby. První je jeho přímé spalování v motoru, kde se používá společně s druhým palivem, aby se vykryly jeho nevýhody. Druhou možností je jako uložení energie. Čpavek se dá snadno a dlouhodobě uchovávat a není k tomu potřeba žádných kritických surovin, tak jako u lithium-iontových baterií. Zároveň je možné jednoduše ze čpavku získat vodík přímo v automobilu, ten pak může být využit v palivových článcích. Tato metoda má logicky nižší energetickou účinnost než přímé použití vodíku, ale jeho průmyslová rozšířenost, jednoduchost přepravy a skladování ji více než vynahradí. [6]

#### 3.1.5.4 Syntetická paliva

Jsou náhradou za fosilní paliva pro spalovací motory, a to bez jakýchkoliv zásahů do funkce motoru a zároveň produkují minimální množství škodlivých plynů. Elektrolyzou vody a následnou syntézou vodíku s oxidem uhličitým je získán metan, který je Fischer-Tropschovým reaktorem přeměněn na komplikovanější uhlovodík, a ten může být podle nastavení stroje e-LPG, e-benzín nebo e-nafta. Bohužel tato technologie je, stejně jako všechny ostatní nové směry, relativně drahá, takže ačkoliv by tento způsob pohonu byl ideálním řešením pro okamžité zkrácení emisí vyprodukovaných všemi druhy dopravy, a to bez nutnosti větších zásahů do systému pohonů, tak její potenciál zůstává nevyužitý. Je tomu tak, protože výrobci ani investoři momentálně nejsou Evropskou unií nijak motivováni k dalšímu vývoji a investicím, tak jako je tomu u bateriových vozů. [6]

## 3.2 Vlastnosti elektromobilů

### 3.2.1 Klady

Elektromobily díky absenci převodového systému akcelarovat plynule a rychleji než fosilními palivy poháněné vozy, a to díky vysokému točivému momentu poskytnutému elektromotorem. [1,17]

Údržba elektromobilů je značně jednodušší a levnější z důvodu absence spojky, oleje, olejových filtrů, výfukového potrubí, katalyzátorů a dalších součástí. Spalovací motor je složen z přibližně 2 500 součástí, kdežto elektromotor z pouhých 250. Elektromotor také pracuje s mnohem větší efektivitou, kolem 90 %, zatímco efektivita spalovacího motoru se pohybuje kolem 35 % u benzínových motorů a 45 % u dieselových. Zbytková energie je vyzářena ve formě tepla. Elektromobily zbytkové teplo, například z brzdění, sbírají a pomocí invertorů vracejí zpět do baterií v procesu zvaném rekuperace. [1,9,18]

Elektromobily jsou velice tiché, při nižších rychlostech prakticky až neslyšné. Ačkoliv je to z hlediska zvukového smogu pozitivní, tak pro chodce a cyklisty se to může stát až nebezpečným. Proto se elektromobily v Evropské unii od roku 2021 povinně vybavují výstražným systémem AVAS, který při rychlostech pod 20 km/h uměle vytváří zvuky podobné spalovacím motorům, aby upozornil ostatní účastníky silničního provozu na přítomnost vozu. Pokud se vozidlo pohybuje rychleji než tato hranice, je dostatečně hlasitě slyšet zvuk pneumatik. [1,18,19]

Elektromobily jsou také relativně bezpečné. Mezinárodní bezpečnostní agentura Dekra provedla výzkum na téma bezpečnosti osobních elektromobilů. Spočíval v crash testu čtyř vozů proti ocelovému sloupu a pozorování chování baterií. Všechny případy se obešly bez požáru a battery packy se samy odpojily od sítě. [10] V odlišném výzkumu byl porovnán poměr počtu ujetých kilometrů a vzniklých požárů u elektromobilů oproti automobilům na fosilní paliva. Společnost Tesla uvedla, že jejich 300 000 elektromobilů ujelo přibližně 7,5 miliardy mil a utrpělo 40 požárů. Národní asociace požární ochrany spočetla tuto hodnotu pro automobily se

spalovacími motory a vyšlo jí přibližně 55 požárů na 1 miliardu mil, což je 11x větší hodnota než u elektromobilů. [10]

### 3.2.2 Zápory

Průměrná dojezdová vzdálenost elektromobilů je mezi 100 a 300 kilometry na jedno nabití. Navíc je tato hodnota ovlivněna externími faktory, jako například nízké či vysoké teploty, používání funkcí interiéru vozu (klimatizace, navigace...). [1] V České republice, ale podle dvouletého výzkumu od 22 tisíc osob, bylo zjištěno, že za den průměrný český řidič ujede vzdálenost 23,75 km a 55 % všech jízd nepřekročilo hranici 10 km. Pouze 3,9 % všech cest bylo delších než 100 km. [30] Otázka relativně malého dojezdu elektromobilů je podle této statistiky zbytečná, dojezd je však řidiči uváděn jako jedno z hlavních negativ proti pořízení elektromobilů.

I když opomeneme dojezd, tak ani dobíjení není ideální. Standardně trvá až 8 hodin a pokud bychom uvažovali ideální prostředí, kde většinu naší energie získáváme z čistých zdrojů (vítr, voda, slunce), tak může docházet k poklesům zásoby elektrické energie. Tento problém by však měl být vyřešen technologií takzvaných chytrých sítí (smart grids), kde automobil v dobách nadbytku přebytečnou energii do sítě ukládá a později si ji opět vyzvedává. [1]

Elektromobily jsou také nákladnější na pořízení, než běžné automobily a mohou za to výhradně náklady na baterie. Ty jsou rovněž velmi těžké, což zvyšuje celkovou spotřebu energie vozu. Dnes používané lithium-iontové baterie vydrží 8–10 let, než začnou ztrácet maximální kapacitu a cena nových baterií leží okolo půl milionu korun. [1,11,18,20]

### 3.3 Historie elektromobilu

Vynález elektromobility se datuje už do roku 1867, kdy Werner von Siemens předvedl svůj elektrický, dynamem poháněný, generátor na Světové přehlídce v Paříži a položil tak základ nejen elektromobilitě, ale celosvětové elektrifikaci. První elektromobil přišel čtrnáct let poté, v roce 1881, kdy francouzský konstruktér Gustave Trouvé sestrojil tricykl s elektrickým motorem a baterií. Tento vynález o pět let předběhl spalovací motor Carla Benze. Od té doby elektromobilita vládla světu, a to díky napájecímu vedení, po kterém jezdily automobily, vlaky i tramvaje. [1]

Nově vyrobené elektromobily byly dražší a pomalejší ve srovnání s konkurencí, ale postrádaly její negativa. Špatná infrastruktura mimo velká města neumožňovala využití vozů mimo ně, a tak nebyl malý dojezd elektromobilů problémem. Parní stroje byly levnější, rychlejší, nicméně vyžadovaly dlouhou nahřívací proceduru před startem a časté zastávky na doplnění vody. Vozy se spalovacími motory sice dokázaly urazit velké vzdálenosti, ale musely se v té době pracně startovat klikou, byly hlučné a produkovaly velké množství zplodin, což snižovalo jejich oblibu. [21] V roce 1911 se nutnost startování klikou nahradila použitím nově vynalezeného elektrického startéru. [1] S rostoucími požadavky na dojezd automobilů byly vynalezeny první systémy rekuperace, vyměnitelné baterie, dokonce i hybridní pohon, ten však kvůli své finanční náročnosti zůstal pouze výsadou bohatých. [1]

Historický vrchol elektromobilů nastal z počátku druhé dekády dvacátého století, kdy silnice světa brázdilo přibližně 30 000 elektromobilů, pak ale přišel strmý pád v důsledku zahájení sériové výroby automobilů se spalovacím motorem, Fordů Model T, Henrym Fordem v roce 1910. [22] Přispívajícími faktory k úpadku elektromobility patřily i rostoucí ceny elektřiny, a naopak klesající ceny fosilních pohonných hmot v důsledku nálezů ropných ložisek v Texasu. Od té doby elektromobily zmizely ze světa, až do první ropné krize v 70. letech 20. století, kdy se opět začaly dostávat do světového povědomí. [21]

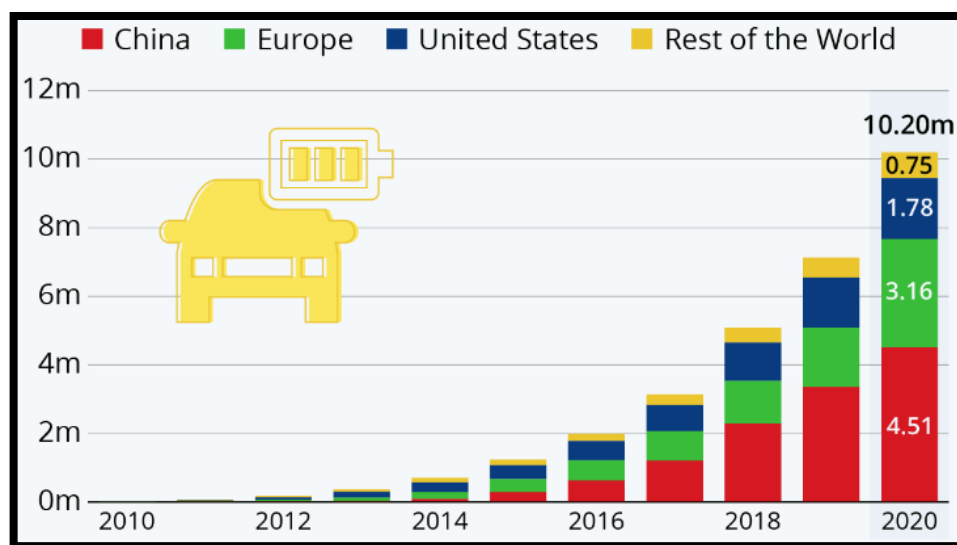
### 3.4 Elektromobilita ve světě

Celosvětově platí cíle redukce skleníkových plynů, snížení emisí CO<sub>2</sub>, zlepšení efektivity paliv a další. Zatímco ve většině evropských států probíhá stále fáze přímých dotací, které se pohybují v rozmezí 5 000 až 1 0000 euro na vůz, tak v Číně už díky velkému počtu elektromobilů používá nepřímou dotaci v podobě budování a zlepšování nabíjecí infrastruktury. Evropská unie v rámci své legislativy o snižování emisí zvýhodňuje osobní automobily, které produkují maximálně 50 g CO<sub>2</sub>/km. [15,21]

Světovou jedničkou v počtu elektromobilů je tedy Čína, kde bylo za rok 2020 prodáno 1,25 milionů elektromobilů, následuje Německo s necelými 400 000, dále Spojené státy americké a Francie [1] Průkopníkem v oblasti elektromobility je však Norsko, kde už v roce 2017 jezdilo na silnicích více elektricky poháněných automobilů než těch se spalovacím motorem. Klíčovou roli zde hraje stát, který těžce znevýhodnil nákup tradičních automobilů a zároveň ulevil uživatelům elektromobilů od silničních daní a trajektů. Od roku 2025 by měly být v Norsku ke koupi pouze automobily na elektřinu. [1]

Mezi nejčastěji používané nástroje nepřímé podpory ve zbytku Evropy patří osvobození od registrační daně, osvobození od daně z vlastnictví či provozu motorového vozidla anebo nižší daň z provozu firemního vozidla. [6] Přímou formu podpory, tedy přímou dotaci na koupi elektromobilu, volí ve stále více zemích. V sousedním Slovensku byl již několikrát spuštěn dotační program, do kterého se mohli přihlásit občané, podnikatelé i prvky samosprávy a finanční podpora na koupi BEV byla 8000 euro. Nejvyšší podporu nákupu bateriových elektromobilů nabízí Rumunsko, a to 10 000 euro. Slovinsko z takzvaného ekologického fondu dotuje 7 500 euro na koupi BEV a zároveň je možné využít bezúročných půjček na 10 let, při koupi elektromobilu na splátky. Podobnou mechaniku využívá i Polsko, které finance pro tento fond odklání část daně z konvenčních pohonných hmot. Peníze z fondu putují na podporu zavádění elektromobility formou rozvoje infrastruktury, propagace a výzkumu. [6]

Státy, které elektromobilitu propagují už delší dobu, jako Německo a Rakousko už snižují svoji iniciativu v přímých dotacích a místo toho investují do budování infrastruktury. Ve Francii a Švédsku funguje systém přímých dotací nákupu, ale s možností odkupu starého dieselového automobilu, za který majitelé dostanou další 4 000 euro k nákupu BEV. Irsko a Velká Británie věnují velkou pozornost elektrifikaci městské hromadné dopravy, přičemž Irsko mělo do roku 2023 vyměnit 50 % všech dieselových autobusů za elektrické. Velká Británie Fondem na podporu zelených autobusů pokrývá firmám 75 % dodatečných nákladů na nákup nízkoemisních autobusů. Státy západní Evropy také přímo i nepřímo podporují budování dobíjecích stanic v obytných budovách. Řada zemí, včetně Polska, Německa, Maďarska a Velké Británie, už schválila samostatný zákon o elektromobilitě, který shrnuje klíčové aspekty. Jasně definuje benefity pro stávající a nové majitele elektromobilů a povinnosti provozovatelů dobíjecích stanic. [6]



Obrázek 4 – Počet elektromobilů ve světě mezi lety 2010 a 2020 (zahrnuje i hybridní vozy) [23]

### 3.4.1 Legislativa spojená s elektromobilitou

Samostatné zákony na regulaci problematiky elektromobility již zavedla řada evropských států včetně Polska, Německa, Velké Británie a například Maďarska. Tato legislativa upravuje jak výhody pro řidiče elektromobilů, tak i požadavky na provozovatele dobíjecích stanic.



Na oblast Evropské unie se vztahuje například:

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/631, kterým se stanoví výkonnostní normy pro emise CO<sub>2</sub> pro nové osobní automobily a pro nová lehká užitková vozidla; [24]
- Evropský klimatický a energetický rámec do roku 2030 od Evropské komise; [25]
- Evropská strategie pro nízkoemisní dopravu; [6]
- Bílá kniha – plán jednotného evropského dopravního prostoru od EU; [26]
- Zelená dohoda pro Evropu od Evropské komise. [27]

Příkladem celosvětového závazku je Pařížská dohoda o změně klimatu OSN, ta byla v roce 2015 podepsána všemi 195 zeměmi včetně USA, Číny a Indie, které jsou dohromady zodpovědné za cca 40 % celosvětových emisí skleníkových plynů. Tato dohoda navazuje na Kjótský protokol a má stanoveny tři cíle: [6]

1. Udržet nárůst globální teploty pod 2 °C v porovnání s hodnotami před průmyslovou revolucí.
2. Zlepšit připravenost na nepříznivé dopady způsobené změnou klimatu a podpořit nízkoemisní rozvoj, aniž by byla ohrožena produkce potravin.
3. Sladit finanční tok s myšlenkou nízkoemisního rozvoje, odolného vůči změně klimatu. [6]

### 3.5 Elektromobilita v České republice

V Evropské unii bylo 12 % všech nově registrovaných vozů BEV. U nás pouze 2 %, což je hned po Slovensku nejhorší procentuální zastoupení z celé EU. [28] V roce 2020 měl počet BEV v ČR dosáhnout 6000, po odečtení motocyklů, se kterými predikce nepracuje, zůstává přibližně 3 300 bateriových elektromobilů, což je významně méně než předpoklad. Přesto se dá hovořit o jistém úspěchu, jelikož počty registrovaných BEV meziročně stále rostou. [6]

Centrum dopravního výzkumu ve spolupráci s Ministerstvem dopravy provedlo v roce 2019 průzkum postoje českých firem, podnikatelů a běžných řidičů k elektromobilům. Vzorek se skládal z 1 007 řidičů a 406 organizací. 89 % firem uvedlo, že nemají v nejbližší budoucnosti zájem o nákup jakéhokoliv typu elektromobilu. Budovat dobíjecí stanice u svých objektů neplánuje dokonce 92 % organizací. Hlavními argumenty pro pořízení elektromobilů do firem byly nízké provozní náklady (40 %) a nulové lokální emise (38 %). Tato pozitiva jsou očividně převážena negativy, kde tím hlavním je vysoká pořizovací cena (35 %), dále nevhodnost do typu provozu firmy (24 %) a nezájem o pořízení jakéhokoliv vozidla (24 %). Zástupci organizací byli dotázáni také na argumenty, které by je přiměly pořídit do firmy elektromobil. Necelých 39 % uvedlo, že je ke koupi takového typu vozu nepřiměřeně vůbec nic. 31 % dotazovaných by přesvědčily dotace, 24% úlevy na daních a stejný počet uvedl vybudování dostačující sítě dobíjecích stanic. [29]

Mezi řidiči problematika elektromobility zajímala přibližně třetinu. Hlavními přednostmi byly nulové emise a nižší provozní náklady než u konvenčních automobilů. Největšími negativy byly, stejně jako u organizací, vysoká pořizovací cena, nízký dojezd a nedostatek dobíjecích stanic. Pro zakoupení elektromobilů by se řidiči nechali přesvědčit nejčastěji dotacemi, a to ve výši 40–50 % ceny vozu. Dalšími důvody pro koupi byly finanční úlevy administrativního charakteru, jako zvýhodněné povinné ručení, úlevy na daních anebo bezplatné využívání dálniční sítě. [29]

Podle statistik získaných z výzkumu výše, může za malou oblibu elektromobilů fakt, že jsou v současnosti výrazně dražší než vozy se spalovacími motory, a to hlavně

kvůli vysoké ceně baterií. Akumulátorová technologie prochází neustálým vývojem, dá se však předpokládat, že v nejbližší době ceny baterií výrazně neklesnou. Je proto potřeba nákup elektromobilů občany dotovat za cílem zlepšit ovzduší obecně a naplňovat mezinárodní závazky na snížení emisí CO<sub>2</sub>. [15,29,30]

Metodou podpory elektromobilů, která v současnosti funguje v okolním světě, a kterou by preferovala většina Čechů, je přímá podpora nákupu, tu však v rámci daňového práva EU nelze provádět jakoukoliv úlevou na dani z přidané hodnoty. V České republice se zatím uplatňuje osvobození od silniční daně pro elektromobily do 12 tun. Silniční daň je u nás však selektivní a platí ji pouze podnikající subjekty, kdežto ve 23 státech EU je silniční daň všeobecná, osvobození od ní tedy představuje značnou výhodu. [6] Ministerstvo dopravy provádí analýzu plošného zpoplatnění silniční dopravy. [15] Investici do elektromobilu lze také podpořit umožněním kombinace státní dotace a operativního leasingu, což ale v současné době u nás není možné. Osvobození elektromobilů od registračního poplatku 800 Kč je sice spíše symbolické, ale ukazuje snahu státní správy podpořit elektromobilitu. [15]

Přínos by také znamenalo zavedení nízkoemisních zón v centrech měst. Přestože to legislativa umožňuje, tak k žádnému pokroku v tomto směru nedošlo. Zavedení je totiž závislé primárně na iniciativě samotných měst a stát nemá dostatečné způsoby, jak je k tomu motivovat. Toto opatření je navíc užitečné pouze v počátečních fázích elektromobility. S rostoucím počtem vozů v privilegovaných jízdnicích pružích postupně přestane být výsadou a stane se standardem, který bude později potřeba zrušit, aby tyto pruhy znovu plnily svoji primární roli. [15,29]

Pokud počítáme s faktem, že k očekávanému rozvoji v této oblasti dojde a elektromobily budou ve větších počtech využívat cesty centry měst či pruhy pro autobusy a IZS, je také třeba sjednotit způsob jejich identifikace. Nabízí se jednotné státní poznávací značky, ale to by mohl být z dlouhodobého hlediska problém pro celou Evropskou unii, jelikož neexistuje žádný jednotný postup a každý stát by mohl využívat pro identifikaci elektromobilů naprosto odlišný způsob, což by ve výsledku mohlo způsobovat chaos v přeshraniční dopravě. [15]

Předpokladem při rozvoji elektromobilů je, že nabíjení bude z většiny probíhat doma, tedy v místě bydliště motoristy. To však znamená značný nárůst spotřeby elektřiny a nezbytnou investici do rozvodné sítě, z důvodu zvýšení zátěže. Tento problém se dá vyřešit wallboxy, ty ale vedle samotného nákupu automobilu představují další investici nutnou k provozu elektromobilu. Počet dobíjecích stanic v České republice v současnosti převyšuje poptávku trhu, i přesto řidiči uvádějí nedostatečnost sítě dobíjecích stanic, jako jedno z klíčových negativ pořízení elektromobilu. Nízké využití stanic způsobuje, že se investice od nich finančně nevrací, a to odpuzuje potenciální investory. Je tedy vhodné, aby do doby, než bude návratnost těchto stanic kladná, stát podporoval jejich výstavbu, proto Ministerstvo dopravy v příštích letech do infrastruktury pro alternativní paliva investuje okolo 850 milionů korun. V současnosti také neexistuje ucelený přehled všech dobíjecích bodů v ČR. Největší provozovatelé, ČEZ, PRE a E.ON dohromady vlastní přes 71 % všech stanic [30], ale každý na svých webech uvádí lokace pouze vlastních dobíjecích bodů. Ředitelství silnic a dálnic pracuje na uceleném přehledu. [6,15,28,30]

Překážku představuje servis elektromobilů. Ten k dnešku provádí klasicky vzdělaní automechanici. Kvůli napětí baterie elektromobilu mohou provádět jen standardní opravy, a ještě jen podle přesných instrukcí. Jakákoliv specifická situace musí být řešena pracovníkem s elektrotechnickým vzděláním. Žádoucí by bylo, aby si automechanici mohli snadnou cestou doplnit elektrotechnickou kvalifikaci a nedocházelo k podstavu vyškoleného personálu. Ministerstvo školství mládeže a tělovýchovy již za tímto účelem provedlo revizi stávajících rámcových vzdělávacích programů. [6,31]

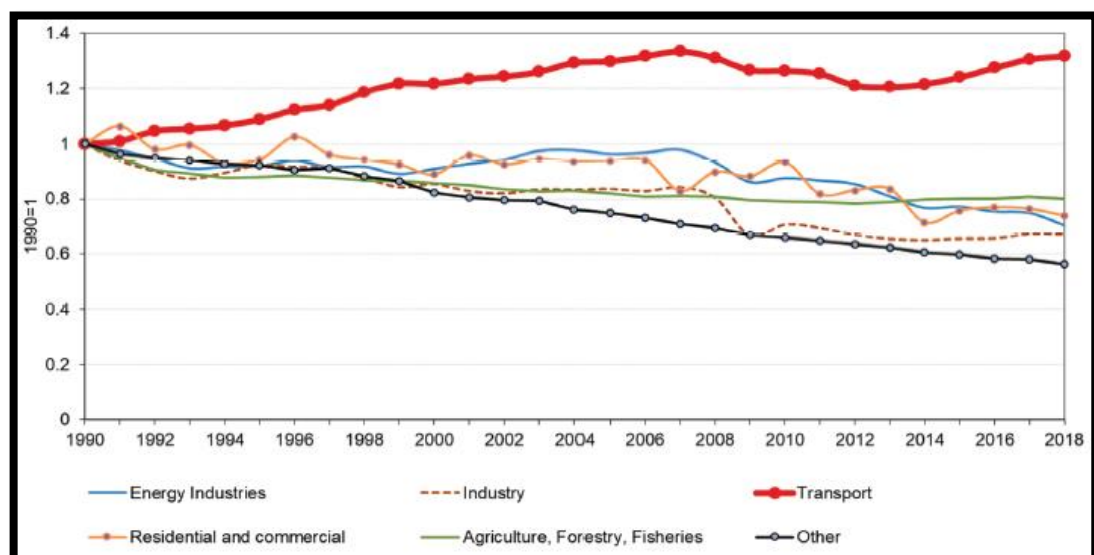
#### Legislativní dokumenty pro ČR

- Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu;
- Národní akční plán čisté mobility;
- Státní politika životního prostředí;
- Zákon č.311/2006 Sb., o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot upravuje definice dobíjecích stanic;

- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší zavádí termín nízkoemisní zóna a nutí výrobce pohonných hmot snižovat emise skleníkových plynů svých paliv. [6]

### 3.6 Ekologický dopad elektromobilů

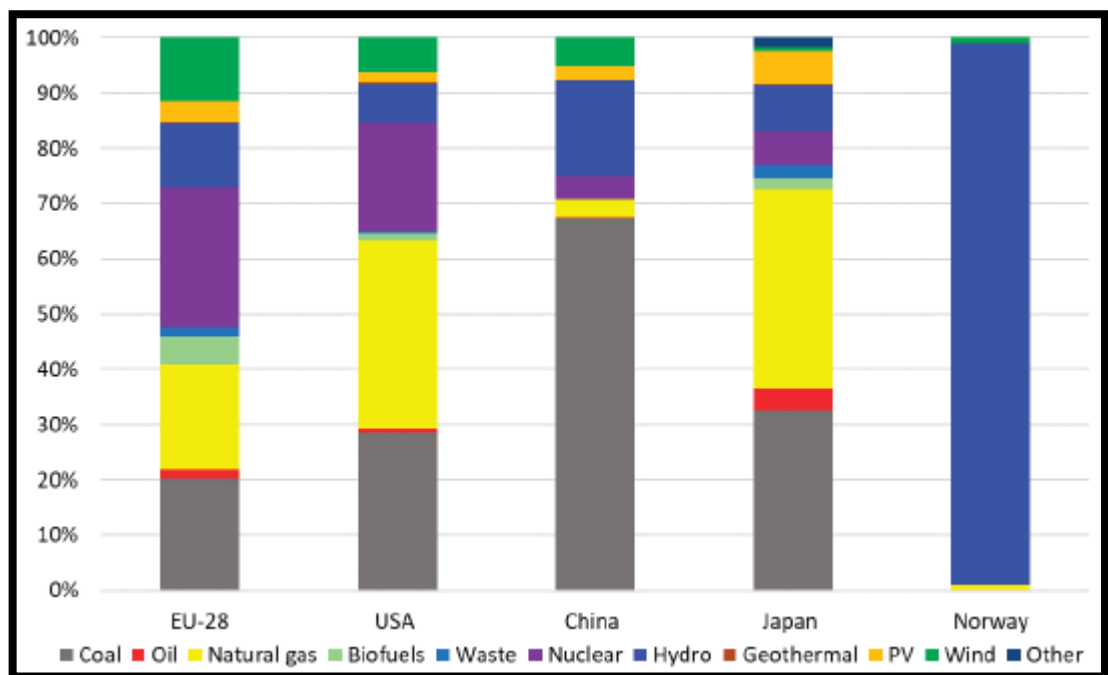
Emise CO<sub>2</sub> mají negativní dopad na životní prostředí a globální klima a doprava je po energetickém odvětví největším z jejich tvůrců. Zatímco ve většina průmyslových odvětví jsou emise redukovány, tak doprava je jediná, která generuje více škodlivých plynů než v roce 1980 [obr dole] V Evropské unii je zodpovědná za čtvrtinu všech skleníkových plynů vypuštěných do ovzduší a z této hodnoty je největší část připisována dopravě osobní. Elektrifikace transportních prostředků by tedy měla znatelné pozitivní účinky na kvalitu ovzduší a zdraví osob, a to hlavně ve velkých městech. [21] Elektromobily by měly tuto situaci zlepšit. Jednou z možností je strategie Avoid-Shift-Improve, kde avoid (vyhnout se) znamená nepodnikat zbytečné cesty a zkrátit vzdálenost dojíždění, je-li to možné. Shift (vyměnit) myšleno ve smyslu, vyměnit automobil za hromadnou dopravu nebo využít spolujízd na pravidelně podnikaných cestách. Improve (vylepšit) se vztahuje na zlepšení současných technologií získávání a skladování elektrické energie. [21,32]



Obrázek 5 – Vývoj skleníkových plynů v EU v jednotlivých odvětvích za roky 1990–2018 (Doprava červeně) [21]

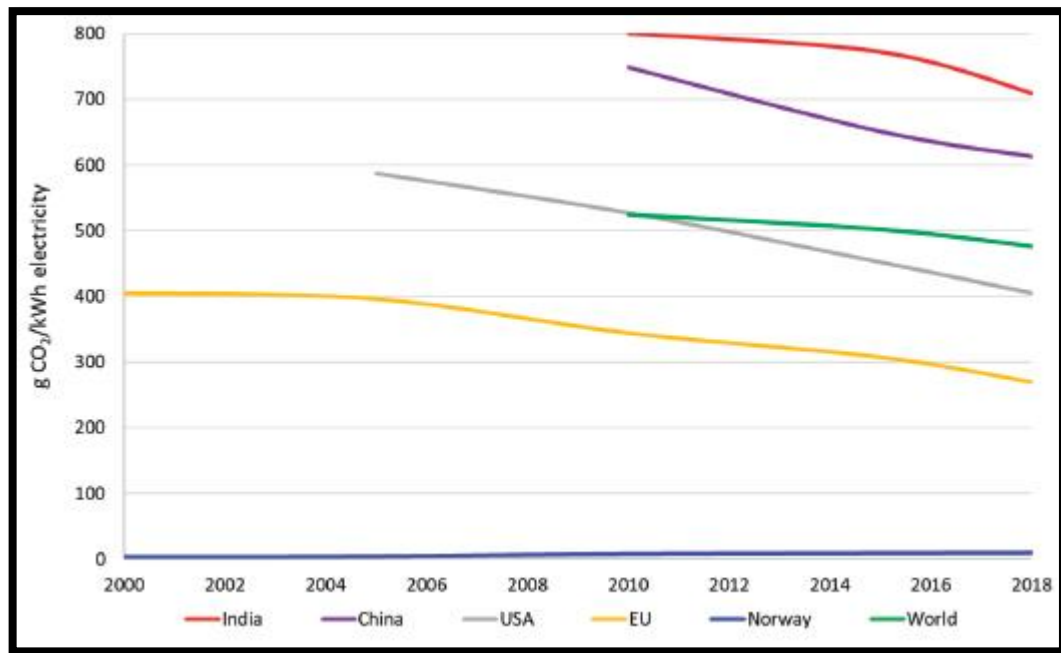
Oproti spalovacím motorům mají bateriové elektrické vozy nulové a hybridní vozy minimální emise škodlivých plynů. [1]

Elektromobily jsou jen tak „zelené“, jako je zdroj energie, která se k jejich chodu používá. Tím je myšleno, pokud je vůz poháněn elektrickou energií získávanou převážně z uhelných elektráren, jako je tomu třeba v Číně, upadá jeho ekologická hodnota, kdežto jezdí-li na energii hydroelektrickou, příkladem je Norsko, tak je tím nejlepším možným příkladem pro emisně čistou dopravu. [21]



Obrázek 6 –Energetický mix jednotlivých regionů [21]

Zajímavou statistikou je, jak čistá je jednotka vyprodukované elektřiny v jednotlivých státech. Respektive poměr mezi gramy CO<sub>2</sub> a kilowatthodinami, to ukazuje následující graf.



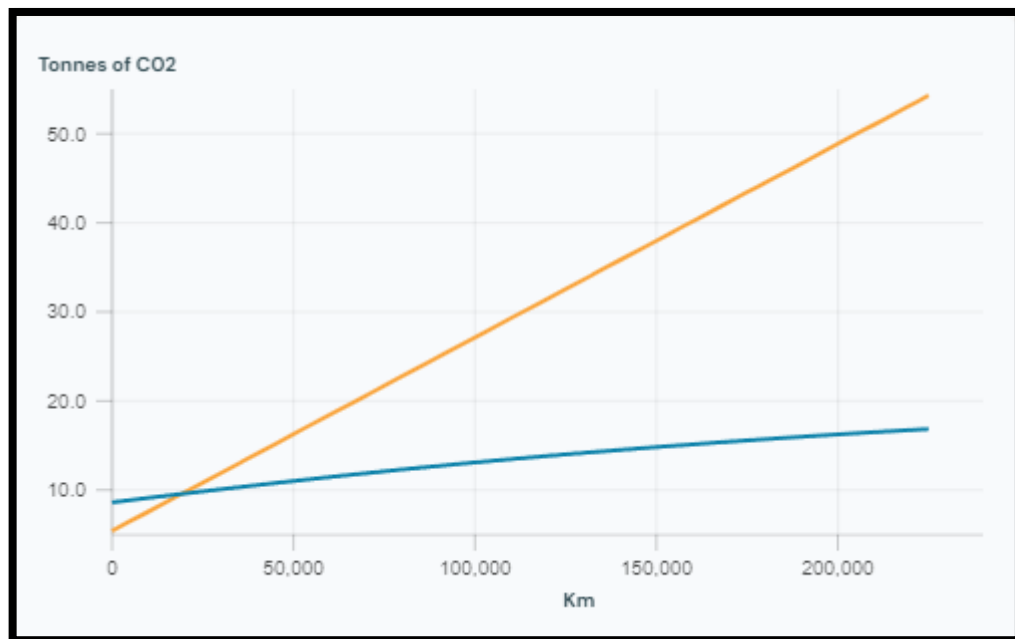
Obrázek 7 –Vývoj emisí CO<sub>2</sub> v poměru na vygenerovanou elektrickou energii [21]

Pokud pak vezmeme v úvahu, kolik gramů oxidu uhličitého se vyprodukuje pro získání jedné kilowatthodiny energie při použití fosilních paliv, tak se dá zjistit, ve kterých státech se dá elektromobilita považovat za přínosnou. Na jednu kWh energie získanou z benzínu či nafty připadá 300 g CO<sub>2</sub>. [21] Při pohledu na předchozí graf by šlo vyvodit, že ve většině světa, a zvláště pak v Číně a Indii, nelze elektromobilitu považovat za emisně čisté řešení, jelikož způsob, jakým tyto země generují elektrickou energii emisně převáží benefity používání elektromobilů. Vzhledem k rozdílné efektivitě konverze energie však musí tato hodnota být přepočítána na ujeté kilometry. Po tomto převodu vychází používání elektromobilu v zemích primárně závislých na fosilních palivech emisně přibližně na stejno, jako řízení automobilu se spalovacím motorem. [21]

Evropská federace pro transport a životní prostředí má pro výpočet ekologičnosti elektromobilu speciálně sestavenou kalkulačku se zadatelnými proměnnými hodnotami. Proměnné jsou země, odkud pochází baterie, a stát, ve kterém je elektromobil provozován. Pokud budeme počítat středně velký automobil vyrobený v roce 2022, například Volkswagen Golf, tak s benzínovým motorem, jeho provoz na kilometr vygeneruje 241 g CO<sub>2</sub>. Nejhorší scénář pro elektrickou verzi Golfu je s baterií vyrobenou v Číně a provozovaný v Polsku, které je závislé primárně na uhelných elektrárnách. I tak vygeneruje na ujetý kilometr jen 151 g CO<sub>2</sub>. Pro porovnání, stejný

elektromobil fungující v České republice vypouští 106 g CO<sub>2</sub>/km. Celá EU se se všemi hodnotami zadanými na průměr dostane na 75 g CO<sub>2</sub>/km. Ideálním scénářem je elektromobil s baterií vyrobenou ve Švédsku a provozovaný tamtéž, v tomto případě jsou emise CO<sub>2</sub> pouhých 41 g na kilometr. [33]

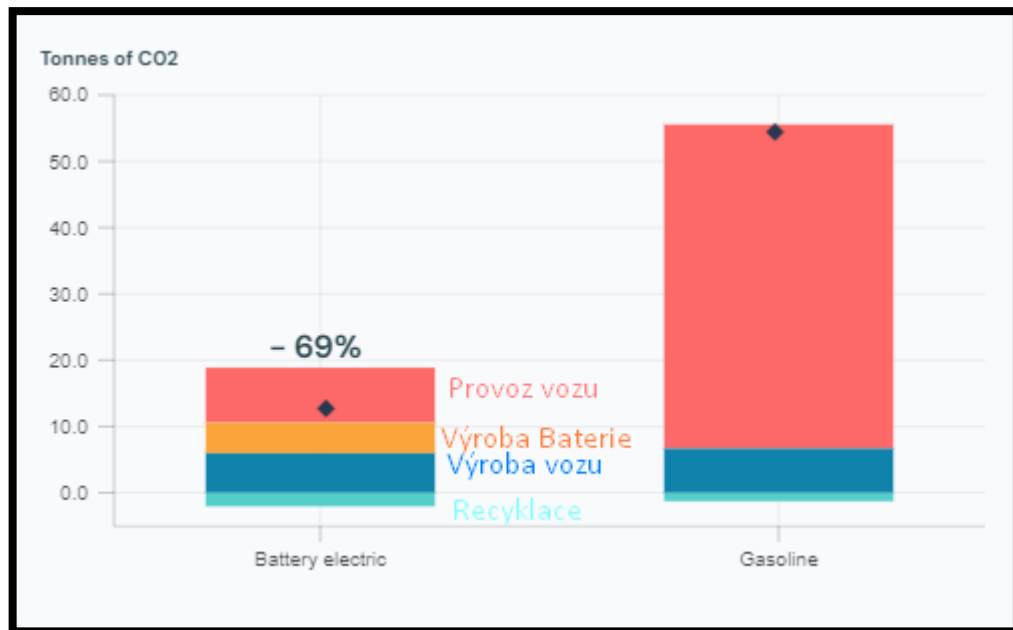
S hodnotami zadanými na průměr pro Evropskou unii jsou uvedeny následující dva grafy.



Obrázek 8 – Tuny CO<sub>2</sub> vyprodukované automobily ku ujetým kilometrům [33]

Graf obrázku výše ukazuje tonáž oxidu uhličitého vyprodukovaného v přepočtu na ujeté kilometry. Elektromobily jsou vyznačeny modře a při 200 000 kilometrech je jejich totální emise jsou na přibližně 16 tunách, kdežto konvenční automobily se při stejné kilometrůžce dostanou skoro na 55 tun.

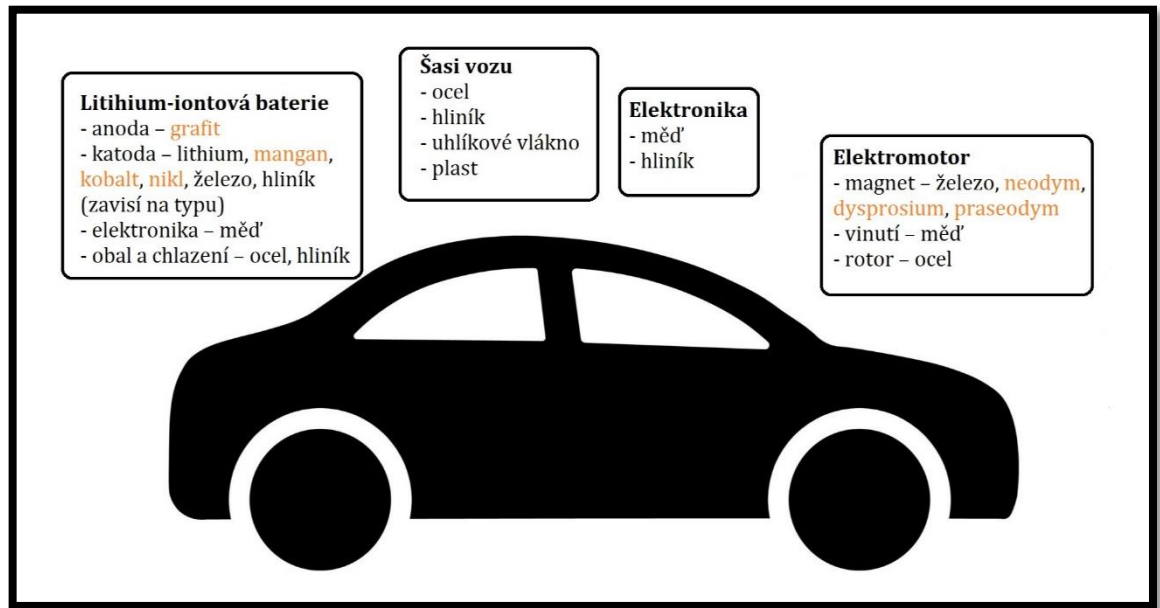




Obrázek 9 – Emise vyprodukované za životní cyklus vozu (v tunách) [33]

Tento graf znázorňuje celkové emise vyprodukované za životní cyklus automobilu. Bateriový elektromobil představuje sloupec vlevo a vpravo jsou spalovací motory (ICE). Recyklace z celkové hodnoty CO<sub>2</sub> ubírá. U BEV 2 tuny a u ICE 1,3 tuny k dobru. Proces výroby vozu je v obou sloupcích přibližně stejný, mezi 6 a 7 tunami. Výroba baterie je specifická pouze pro BEV a produkuje okolo 5 tun CO<sub>2</sub>. Poslední a hlavní rozdílovou položkou jsou emise způsobené provozem vozu. Zatímco u elektromobilů znamenají pouhých 8 tun, tak u automobilů se spalovacím motorem je to 49 tun. Výsledný rozdíl činí 37,5 tuny ve prospěch elektromobilů. V průběhu následujících let se bude rozdíl ve vyprodukovaných emisích stále zvyšovat a v roce 2030 by elektromobily mohly být až čtyřikrát šetrnější k životnímu prostředí než jejich spalovací verze. [33]

### 3.6.1 Ekologie výroby elektromobilu



Obrázek 10 – Materiály potřebné na výrobu elektromobilu [autor+34]

Ve většině případů se šasi dnešních elektromobilů materiálově shoduje s konvenčními automobily. Baterie však přidávají automobilu značně na váze, a tak je trendem snižovat váhu skeletu vozu použitím lehčích materiálů, jako je uhlíkové vlákno, hliník nebo plastové kompozity. [34]

Hlavním rozdílem mezi konstrukcí konvenčního automobilu a elektromobilu je baterie, s ní spojené elektrické rozvody a magnety elektromotoru. Množství mědi, spotřebované na výrobu elektromobilu je v průměru až čtyřikrát vyšší než u automobilů se spalovacím motorem. Baterie a elektromotor jsou velmi náročné také na kritické suroviny. Ty Evropská unie definuje jako materiály zásadní pro strategicky důležité sektory, jejichž dodávka se pojí s určitými riziky. Těžba a rafinace těchto surovin je vysoce energeticky náročná. Na obrázku výše jsou označeny oranžovou barvou. [34]

Zvýšená spotřeba kritických surovin potřebných pro výrobu elektromobilů má neblahé dopady na životní prostředí, a to hned z několika důvodů. Těžba a rafinace produkuje skleníkové plyny a jiné ovzduší škodlivé látky, poškozují reliéf, kazí kvalitu vody a narušují ekosystémy. Extrakce kritických surovin se provádí primárně v zemích střední Afriky a Číně, kde nejsou dodržovány nebo jsou

obcházeny zásady bezpečnosti práce a ochrany zdraví dělníků. Bylo by tedy rozumným krokem zajistit se vzrůstající poptávkou po surovinách také vzrůstající těžební standardy. Lithium, jehož dovozcem do EU je z 98% Čína, je klíčové pro všechny dnešní bateriové systémy, a i tak se zatím na seznamu kritických surovin nenachází, vzhledem k nevyhnutelnému zvýšení poptávky po něm, bude nejspíš v budoucnosti cílem regulací a časem se dostane i na seznam kritických surovin. [34]

### 3.6.2 Recyklace elektromobilu

Po odhlášení vozu dojde k jeho rozebrání a všechny recyklovatelné či nebezpečné materiály, jako baterie, chladící kapalina, plasty a motory jsou vytríděny. Téměř holé šasi je poté rozdrčeno a různé druhy kovů odděleny od sebe. Proces zpracování šasi je od počátku existence automobilů dohnán k takřka dokonalosti, problémem jsou baterie. Recyklace olověných baterií, standardně používaných u vozů se spalovacími motory, je také velmi efektivní proces, lithium-iontové baterie, pohánějící elektromobily jsou však překážkou, kterou bude v blízké době potřeba vyřešit. Evropská unie v současnosti nemá nijak přísná nařízení na recyklaci těchto baterií, aby nebrzdila rozvoj výroby elektromobilů. S rostoucím počtem nových elektromobilů bude samozřejmě růst i počet vozů na odpis a potřeba řádné recyklace lithiových baterií značně stoupne. Zásoby kovů nejsou nevyčerpatelné a baterie navíc obsahují vzácné kovy jako kobalt, nikl a mangan. [34]

První postup v řadě, jak zvýšit efektivitu recyklace baterií, je jejich opětovné použití. Elektromobilové battery packy mají životnost 8-10 let a poté jsou vyřazovány, jejich kapacita je ale většinou stále vyšší než 75 % počátečního stavu. Je proto rozumné, aby takové baterie našly další využití například k úschově elektrické energie v odlehlejších dobíjecích stanicích. Další možností v řetězci je oprava baterií, výměna opotřebovaných částí za nové a zachování funkčních, a jejich opětovné použití. Tento přístup volí například automobilka Nissan u svých elektrických vozů. [34]

Koncovým řešením pro baterie je recyklace, v současnosti probíhá čtyřmi postupy. Většina recyklačních technologií, jako pyrolýza či pyrometalurgie,

probíhá na bázi nadržení a roztavení baterií, do mixu je poté přidán vápenec, který vytvoří strusku. Výsledkem je velmi čistá slitina niklu, kobaltu a mědi, která se následně odděluje hydrometalurgií. Toxické směsi jsou v procesu vypáleny. Jediným nedostatkem je, že lithium a mangan zůstávají ve strusce a jejich extrakce je problematická. Efektivita těchto metod se pohybuje od 30 do 70 %, produkuje však také poměrně velké množství CO<sub>2</sub>. [34, 35]

Velmi efektivním řešením, až 91 %, je Duesenfeldova mechanická recyklace. Spočívá v nadržení baterií ve vakuu. Drť je vytríděna přes síta a magnety, kde se vyloučí hliník, měď a plasty. Bateriový elektrolyt vypařen, opětovně zkondenzován a znovu použit. Zůstatkem je černý prach, který obsahuje všechny cenné kovy. Ty jsou poté hydrometalurgicky odděleny jako u předchozích metod. Tento proces nejen že není energeticky náročný, jelikož je celá linka poháněna zbytkovou energií z baterií, ale také neprodukuje žádné zplodiny. [35,36]

### 3.7 Ekonomická stránka elektromobilů

Ekonomická výhodnost elektromobilů je po nízkých emisích hned druhým největším lákadlem pro jejich pořízení. Hlavním argumentem je nízká cena za ujetý kilometr, která časem převáží vysokou pořizovací cenu. Pokud ale vezmeme v potaz všechny údaje, tak celkový výsledek nemusí pro elektromobily být tak přívětivý.

Porovnání cen životních cyklů policejních vozů. Elektrického Hyundai Ioniq a jeho benzínové alternativy Hyundai i30. Jelikož jsou tyto vozy používány pouze pro ekonomickou, nikoliv zásahovou činnost, je přijatelné počítat s průměrným ročním nájezdem 20 000 km a jednou servisní kontrolou. Ceny vozů a ceny servisu jsou dané podle údajů poskytnutých samotnou Policií ČR, spotřeba je brána podle technických průkazů vozů, takže bude ve skutečnosti vyšší.

Ceny pohonných hmot a elektřiny jsou aktuální k 23. 4. 2023. Tento model také počítá s cenou elektřiny při 100% nabíjení v domácnosti. Nabíjení u běžné veřejné dobíjecí stanice skupiny ČEZ vyjde na 8 Kč/kWh, rychlodobíjecí pak 13 Kč/kWh a ultrarychlé dokonce 18 Kč/kWh. Tyto údaje navíc platí jen pokud jste registrovaným členem, pro ty neregistrované je cena o dvě koruny na kilowatthodinu vyšší. [37]

Osmiletá hranice pro náklady je vybrána z důvodu, že po jejich uplynutí začíná rapidně slábnout baterie elektromobilu a je nutná její výměna. Podle informací PČR je cena nové baterie do Hyundai Ioniq 600 000 korun. Normálně by se po osmi letech dal považovat životní cyklus služebního vozu za ukončený, ale benzínové vozy běžně slouží Policii více jak 10 let, některé pak dokonce i 15, je třeba toto vzít v potaz. [20]

Tabulka 1 – Porovnání cen životního cyklu policejních vozů [autor, údaje: 20,38,39]

Vozy	Ioniq (BEV)	i30 (ICE)
Pořizovací cena	735 269	353 340
Cena servisu za 1 rok	1 600	4 400
Výrobce daná spotřeba	13,8 kWh/100 km	5,8 l/100 km
Ceny pohonné substance	5 Kč/kWh	38 Kč/l
Náklady na 1 rok provozu	15 400	48 480
Náklady na 8 let provozu	123 200	387 840
Náklady na 12 let provozu	784 800	581 760

Celkové náklady na elektromobil Hyundai Ioniq za 8 let provozu (pořizovací cena+provoz) dělají 858 469, benzínová i30 vyjde na 741 180. Pro to, aby se tedy koupě elektromobilu alespoň trochu vyplatila, je třeba udržet ho v provozu 11 let, což je kvůli opotřebování baterie prakticky nemožné. Jakákoliv investice do vozu po 8. roce života vozu už bude pouze prohlubovat finanční nepoměr z důvodu nutnosti pořízení nové baterie za cca půl milionu korun.

## 3.8 Elektromobilita u složek IZS

### 3.8.1 Složky IZS

Základními složkami integrovaného záchranného systému jsou:

- Hasičský záchranný sbor České republiky;
- jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany;
- poskytovatelé zdravotnické záchranné služby;
- Policie České republiky. [40]

Ostatními složkami IZS jsou:

- vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil;
- ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory;
- ostatní záchranné sbory;
- orgány ochrany veřejného zdraví;
- havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby;
- zařízení civilní ochrany;
- neziskové organizace a sdružení občanů, které lze využít k záchranným a likvidačním pracím. [40]

### 3.8.2 Hasičských záchranný sbor České republiky

Hasičský záchranný sbor České republiky provozuje k dnešku pouze dva elektromobily a v obou případech jde o Škoda Enyaq. Své využití nachází jako referentské vozy. Hasiči stejně jako Armáda České republiky využívají výjimky v legislativě a elektrifikaci zásahových vozidel v nejbližší budoucnosti neplánují. Je totiž potřeba zajistit jejich 100% účinnost i za časů krizových stavů, kdy může dojít k nedostatku elektrické energie a také aditiv do běžných pohonných hmot, proto musí být motory hasičských vozů konstruovány na provoz bez nich. Ačkoliv HZS disponuje elektrocentrálami, tak pouze za účelem zabezpečit funkci kritické infrastruktury, s provozem elektromobilů se počítat nedá. [41]

### 3.8.3 Policie České republiky

Policie hlavního města Prahy v současnosti disponuje 67 elektromobily, z toho 39 kusů je používáno na místních odděleních v barvách a s vybavením PČR. Zbýlých 28 je v civilním provedení a je používáno jen pro ekonomickou činnost. Využití elektromobilů vybavených do akce se však příliš neliší od těch civilních. Jsou využívány pouze na neurgentní případy a nikdy se do „akce“ nepodívají. Ačkoliv jsou jízdní vlastnosti vozů velmi dobré jejich prvosledovému zařazení brání malý dojezd, necelých 300 kilometrů, a dlouhá nabíjecí doba. [20]

Z finančního hlediska také elektromobily u Policie České republiky nemají velký úspěch. Hyundai Ioniq z roku 2019, který je jediný v jejích barvách, stál 825 tisíc korun. Ekvivalentní benzínová škoda Scala přijde na necelých 700 tisíc. Také elektrický Hyundai Kona z roku 2022, pouze pro civilní použití, přišel policii na 660 tisíc, jeho benzínová obdoba, Hyundai i30, vychází na pouhých 350 tisíc korun. Servisní náklady hrají ve prospěch elektromobilů, jsou přibližně třetinové. Je však třeba brát v potaz celkovou životnost automobilů, a zatímco některé benzínové Škody slouží policii i patnáct let bez větších oprav, tak jejich električtí kolegové to nemají šanci zvládnout. Elektromobilům po osmi letech začne rapidně ubývat celková kapacita baterie, a to je bráno pouze v běžném civilním provozu, to znamená, že při aktivním policejním využití, se toto číslo může ještě zmenšit. Nová baterie do Hyundai Ioniq stojí přes půl milionu korun, což jsou dvě třetiny ceny úplně nového vozu. [20,42]





Obrázek 11 – elektrický Hyundai Ioniq PČR [42]

#### 3.8.4 Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby

Pražští poskytovatelé zdravotnické záchranné služby od roku 2012 používají v létě pro zásahy v městském centru elektrokolo. To je vybaveno brašnami pro transport zdravotnického materiálu a má dojezd 60 km na jedno nabití. Pro potřeby nezbytného zvýšení dojezdu je na stanici připravena druhá nabitá baterie. Zařazení elektrokola do vozového parku bylo reakcí na vysoký počet úrazů mezi cyklisty, u kterých byl zásah sanitních vozů komplikován cyklostezkami a pěšími zónami v centru města. [43]

V dubnu roku 2022 převzala na zápůjčku Zdravotnická záchranná služba Zlínského kraje nový osobní elektromobil Volkswagen ID.4 GTX, který sloužil lékařům na výjezdy v systému rendez-vous. Zlínská záchranná služba se tak stala první v České republice, která využívala automobil poháněný pouze elektrickou energií. Vůz má dojezd v rozmezí 340 až 480 kilometry, jeho nabíjení se uskutečňuje kabelem s koncovkou na 380 V, což je standardním vybavením výjezdových základen. Nebylo tedy třeba dělat žádné úpravy pro plynulou službu. [44] Na zlínské stanici sloužil čtyři týdny a za tu dobu nebylo ani jednou třeba ho vystřídat i když byly stanoveny limity dojezdu. Při 200 zbývajících kilometrech bylo na řidiči, zda vůz

vystřídá nebo ne a při 150 kilometrech, to bylo nutností. Za to, že vozidlo nebylo ani jednou třeba odstavit, mohl hlavně fakt, že bylo mezi každým výjezdem nabíjeno. [45,46]

Po zlínské zdravotnické záchranné službě se elektrický Volkswagen stěhoval do Olomouci, kde bylo jeho vytížení mnohem větší. Nyní je na zkoušku na výjezdové základně v Hradci Králové. I přes většinově pozitivní ohlasy nemají zdravotnické záchranné služby Středočeského ani Zlínského kraje v nejbližších několika letech v plánu pořizovat jakékoliv vozy na elektrický pohon. Důvodem je primárně dlouhá doba nabíjení. [45,46]



Obrázek 12 – Volkswagen ID.4 zlínské zdravotnické záchranné služby [čn]

### 3.8.5 Zahraniční bezpečnostní a záchranné sbory

Česká republika v oblasti elektromobility zaostává za většinou západního světa, a tak není divu, že tomu tak je i u složek IZS. Elektrické vozy jsou ve velkých městech západních zemích velkým trendem a jejich počet strmě roste. Pro příklady využití elektromobilů pro službu veřejnosti však nemusíme chodit daleko.

Polská dobrovolnická záchranná služba využívá českou elektrickou Škodu Enyaq iV. Ve švýcarském kantonu St. Gallen využívali policisté v roce 2019 třináct vozů Hyundai Kona, v Basileji používali Teslu Model X. Elektrická Kona chrání pořádek také v Nizozemí, španělské Valencii, a hlavně ve Velké Británii. Tamní záchranáři používají také Kia e-Niro. V Londýně jezdí flotila policejních BMW i3, se kterým se lze také setkat v městských záchranných a bezpečnostních sborech po celé Evropské unii. Řecké ostrovy také využívají služeb policejních elektromobilů, konkrétně Volkswagenu ID.4. Oblíbený je také nový elektrický model Fordu Mustang, který krom londýnské záchranné služby využívá také New Yorkská policie, ti pomáhají a chrání ve 184 těchto vozech. Elektrický Ford pro svoji činnost používá také světoznámá FBI. [47,48,49]

Velkým specifikem jsou elektrické zásahové vozy, jejichž předním světovým výrobcem je rakouská firma Rosenbauer, která se specializuje na hasičskou techniku. Společně s automobilovou společností Volvo vyvinula zásahový vůz, zkratkou pojmenovaný RT (Revolutionary Technology), který je od základů stavěn jako elektromobil. RT má prostor pro sedmičlennou posádku, uveze 1 200 litrů vody a 100 litrů pěnidel. Vůz opravdu překypuje nejnovější technologií jako nastavitelnou světlou výškou, natáčením zadních kol, ideálním rozložením váhy, chytrým systémem kamer, dálkovým ovládním palubních funkcí a další. Cena za tento velice chytrý a environmentálně šetrný automobil je ale vysoká, milion eur, i přesto se RT v některých městech světa už chytly. Při třináctiměsíčním testovacím období v německém hlavním městě, Berlíně, se vůz účastnil bezmála 1400 zásahů a na 90 % z nich vystačila pouze kapacita baterie. Pro případy, kdy by měl vyčerpat její kapacitu, je vybaven diesellovým třílitrovým motorem od firmy BMW, který, podobně jako u některých hybridních automobilů, dobíjí baterii a je tak možné prodloužit zásah, bez dodání elektřiny a paliva, až na 8 hodin. V Berlíně si RT tak oblíbili, že

přiobjednali další kusy. Další zásahové vozy značky Rosenbauer už chrání také ulice Dubaje, Amsterdamu, Basileje, ale i Los Angeles. [50,51,52]



*Obrázek 13 – Hasičský zásahový elektromobil Rosenbauer RT [51]*

### **3.8.6 Elektromobily z pohledu zásahu složek IZS**

Aby příslušníci HZS měli pro zásah vždy u dopravních nehod potřebné informace, snaží se operátor operačního a informačního střediska mimo jiné také zjistit typ pohonu vozu již při odbavování tísňového volání. Další možností, jak získat informace o pohonu vozidel je využití služby eCall, která z palubního počítače odešle datovou zprávu operátorovi, ve které se nacházejí základní specifikace automobilu.

Na místě zásahu lze elektromobily identifikovat podle továrního označení výrobce, příkladem je Tesla, která se specializuje výhradně na automobily s elektrickým pohonem. U ostatních výrobců nelze určit druh pohonu pouze dle názvu, v těchto případech automobily mají štítky, většinou v modré barvě, obsahující písmeno „e“, či slova jako „eco“ a „hybrid“. Vzhledem k tomu, že elektromobily mají řadu benefitů, používají někteří jejich majitelé speciální státní poznávací značky s prvními dvěma písmeny EL, není to však povinností, a ne všechny hybridní

automobily splňují podmínky pro získání těchto značek. Automobilová společnost Renault je na popředí evropské elektromobility a jedním z jejích příspěvků do sféry bezpečnosti je QR kód. Ten mají všechny nově vyrobené elektromobily a po jeho naskenování záchranými složkami se zobrazí užitečné informace k zásahu, jako například přesný typ pohonu vozu, počet a umístění baterií, umístění airbagů, či místa v konstrukci vozu, kde je nejlepší řezat a stříhat při vyprošťování. [10,53]

Automobil se zdrojem vysokého napětí se dá také bezpečně poznat podle konektoru na nabíjení, ačkoliv vozy s čistě hybridním pohonem trakční baterii používají, dobíjí ji pouze provozem spalovacího motoru, takže u nich dobíjecí konektor nenalezneme. Poslední možností, jak poznat elektromobil, je při pohledu pod kapotu, kde je veškerá, potenciálně nebezpečná, vysokonapěťová kabeláž označena sytě oranžovou barvou. Termín vysoké napětí zde může být zavádějící, jelikož u elektromobilů se můžeme setkat s napětím maximálně 600 V, což by dle zákona bylo označeno jako nízké napětí. Vysoké napětí pochází z doslovného anglického překladu high voltage. [10]

### **Poškození baterií**

K poškození baterií může dojít třemi způsoby, mechanickým, elektrickým a tepelným namáháním.

- a) Mechanické poškození je takové, kde dojde k narušení struktury baterie a úniku elektrolytu následovaném velkým množstvím tepelné energie. Typickým příkladem, kdy k němu může dojít je automobilová nehoda.
- b) Elektrické poškození může nastat, použitím nabíječky s odlišným napětím, než udává výrobce.
- c) Tepelné poškození způsobí nedostatek chladicí kapaliny pro baterie nebo selhání regulátoru. [10]

I v případě, kdy při havárii nedojde k přímému poškození baterie, doporučují sami výrobci na 48 hodin odstavit vozidlo do karanténního prostoru a až poté začít opravy. Toto místo by splňovat následující podmínky:



- Pokud bude zajištěn nepřetržitý monitoring, vůz odstavit minimálně 5 metrů od hořlavých materiálů a konstrukcí budov.
- Monitoring není potřeba, je-li automobil vzdálen minimálně 15 metrů od hořlavých materiálů a konstrukcí budov. [10]

### **Požár elektromobilu**

Mezinárodní bezpečnostní agentura Dekra doporučuje při zásahu u poškozených elektromobilů využívat ochranné prostředky, a to včetně dýchacích přístrojů z důvodu látek unikajících z baterií. Je vhodné kontrolovat celý zásah pomocí termokamery. [10] I po odpojení trakční baterie a servisních odpojovačů zůstávají baterie uvnitř packu po dobu přibližně 10 minut pod napětím, proto je třeba k elektrickým rozvodům vozu přistupovat, jako by byly stále pod napětím. [10]

Zásah u hořícího elektromobilu je podobný jako u hořícího automobilu se spalovacím motorem. Je však třeba dbát zvýšené opatrnosti u některých, pro elektromobil, specifických situací. První je možnost samovznícení trakční baterie, ke kterému může dojít, pokud byla vystavena teplotě vyšší než 80 °C. Riziko samovznícení hrozí hodiny i dny po požáru vozu, je tedy nutné ho po tuto dobu monitorovat. Pokud elektromobil hoří, hrozí možnost narušení obalu battery packu a následnému úniku elektrolytu společně s velkým množstvím tepla. Při požáru baterií se mohou objevovat exploze s odletujícími částmi bateriového obalu a samotných baterií. [10]

Dále je třeba dávat pozor na úraz elektrickým proudem, největší riziko tu představují elektromobily připojené nabíječkou k síti. Hašení takových vozů je možné pouze po odpojení od sítě nebo minimálně bez použití smáčidel a pěnidel, jelikož ty zvyšují elektrickou vodivost vody a mohlo by dojít ke zranění proud přes proud hasiva. Překážku v tomto směru představují hybridní automobily, protože je třeba hasit jak baterie pod napětím, tak i unikající fosilní paliva, která se bez použití pěnidel hasí velmi obtížně. [10]

Po uhašení prvotního požáru je třeba monitorovat a případně ochlazovat baterie vozu. Mohlo by totiž dojít k opětovnému vznícení a následné řetězové reakci. Toto vznícení způsobí tepelná energie vzniklá na základě reakcí probíhajících uvnitř článků, proto je vhodné ochlazovat je vodou, která tuto energii přejímá. Ideální je chladit jednotlivé články, skrze poškozené obaly packů. Nedoporučuje se narušovat zdravé ochranné vrstvy pro účely hašení. Pro ochlazování se využívá proces střídající fáze skrápění a pozorování, které se opakuje podle potřeby. Příklady z praxe uvádějí, že je na tento proces potřeba až 30 m<sup>3</sup> vody. [10]

V případě, že není možné baterie uhasit konvenčními způsoby, je možné využít vodní lázeň v utěsnitelném kontejneru, ta je však pro provoz elektromobilu fatální. Reakce probíhající v bateriích po ponoru mohou vytvářet výbušné plyny, které při nahromadění v uzavřených částech vozu mohou dosáhnout nebezpečných koncentrací a explodovat. Je tedy potřeba před ponořením tyto prostory zprůchodnit, aby se riziko exploze eliminovalo. Ve vodní lázni by pak mělo vozidlo zůstat minimálně 48 hodin, po vytažení vozu je potřeba ekologicky zlikvidovat kontaminovanou vodu. [10]

Příslušníci hasičského záchranného sboru musí při zásahu u elektromobilu obecně počítat s výrazně vyšší spotřebou vody než u konvenčních automobilů, protože je nutné i po zásahu chladit baterie. Větší spotřeba se týká také dýchací techniky, jelikož zplodiny z požáru baterií obsahují fluorovodík a nelze vyloučit ani možnost vzniku chlorovodíku. Nezbytné je před začátkem hašení zvážit použití a nepoužití smáčedel a pěnidel z důvodu předcházení úrazu elektrickým proudem. [10]

Inovaci v oblasti hašení elektromobilů přináší automobilový výrobce Renault, který ve spolupráci s místním hasičským záchranným sborem vymyslel takzvaný Fireman Access, jenž umožňuje zasahujícím hasičům snadno zaplavit hořící bateriový pack skrze otvor pod zadními sedačkami automobilu. Doba hašení se tak zkrátí na 5 minut místo několika hodin a množství použité hasební vody se sníží o 10 000 litrů. [53]



*Obrázek 14 – Renault Fireman Access [53]*

### **Manipulace se stacionárním elektromobilem**

Pokud je elektromobil poškozen a v okolí nehrozí žádná další nebezpečí, tak je třeba ho přemístit do karanténního prostoru. Pro tuto situaci jsou příslušníci HZS vybaveni vozíky s kolečky a tažným okem, které umístí pod všechna čtyři kola za použití pneumatického heveru. Přední nápravu, trojúhelníkovým způsobem, lanem spojí s tažným vozidlem a odtáhnou je na vybrané místo. Vozíky mají každý nosnost 1 tunu, mohou se pohybovat rychlostí 5 km/h, osu lze zablokovat proti pohybu a bočnice mají postranní kolečka, která slouží k omezení oděrů o zdi a obrubníky, při manipulaci v podzemních garážích. Po ukončení přepravy elektromobilu tímto způsobem je třeba automobil zabrzdit stabilizačními klíny. [10]



## 4 METODIKA

Výzkumnou metodou pro tuto práci bude SWOT analýza, praktická cesta pro zkoumání stavu systému.

### 4.1 SWOT analýza

SWOT analýza je efektivním způsobem, jak identifikovat silné a slabé stránky, ale také příležitosti a hrozby. Samotný název tyto skupiny obsahuje:

- S – strengths (silné stránky);
- W – weaknesses (slabé stránky);
- O – opportunities (příležitosti);
- T – threats (hrozby). [54]

*Původ této metody je v letech 1970-80 na Stanfordově univerzitě, kde ji vyvinul Albert Humphrey. Dnes už je celosvětově známá a využívána pro všechny oblasti managementu. [55]*

*Samotná analýza spočívá v subjektivním definování faktorů a jejich následném ohodnocení. Jak již bylo zmíněno, metoda je subjektivní, tudíž je nutné, aby výzkumník měl dobrou znalost analyzovaného cíle. Zároveň je však důležitý i jistý objektivní nadhled, a to hlavně při analýze negativních prvků. [55]*

Pro účely této práce bude analyzován současný stav a vývoj elektromobility u složek IZS a následně numericky vyhodnocen pro získání odpovědí na stanovené cíle a otázky.

## 5 VÝSLEDKY

Tabulka 2 – SWOT analýza elektromobility u složek IZS [vlastní tvorba]

		<b>Strengths (silné stránky)</b>	<b>Opportunities (příležitosti)</b>
Přednosti		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobré jízdní vlastnosti vozů</li> <li>• Snadný a levný servis</li> <li>• Levnější provoz na ujeté kilometry než ICE</li> <li>• Tichý provoz</li> <li>• Nízké emise CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Přelomové zlepšení bateriové technologie</li> <li>• Snížení pořizovacích cen</li> <li>• Přejchod na jiný druh pohonu</li> <li>• Selektivní elektrifikace</li> <li>• Rapidně zkrácené a všude dostupné nabíjení</li> <li>• Zodolnění battery packů</li> <li>• Vlastnictví fotovoltaické elektrárny může nulovat cenu za provoz</li> </ul>
	Nedostatky		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nevhodnost konceptu bateriových vozů pro složky IZS</li> <li>• Malý dojezd</li> <li>• Dlouhá doba nabíjení a jeho nedostupnost</li> <li>• Nutnost odstavit vůz na minimálně 24 h v případě havárií</li> <li>• Vysoká pořizovací cena</li> <li>• Životnost elektromobilu je závislá výhradně na výdrži baterie</li> </ul>
		Interní	Externí

Tato SWOT analýza už se zabývá elektromobilitou pouze pro účely složek IZS, nikoliv jejím obecným využitím. Teze v tabulce jsou uvedeny na základě informací nabytých v procesu zpracovávání teoretické části této práce.

Tabulka 3 – Výpočet matice SWOT analýzy [vlastní tvorba]

	1	2	3	4	5	6	7	8	Počet	Váha	Hodnocení	Výsledek
<b>Silné stránky</b>												
1.	Dobré jízdní vlastnosti vozů		1	1	1	1			4+1=5	0.333	5	1.667
2.	Snadný a levný servis			2	2	2			3+1=4	0.267	4	1.067
3.	Levnější provoz na ujeté kilometry než ICE				3	3			2+1=3	0.200	2	0.400
4.	Tichý provoz					4			1+1=2	0.133	5	0.667
5.	Nízké emise CO2								0+1=1	0.067	3	0.200
									<i>Součet:</i>	15	<i>Součet</i>	4.000
<b>Slabé stránky</b>												
1.	Nevhodnost bateriových vozů pro složky IZS		1	1	1	1	1		5+1=6	0.286	-5	-1.429
2.	Malý dojezd			2	2	2	2		4+1=5	0.238	-4	-0.952
3.	Dlouhá doba nabíjení a jeho nedostupnost				3	4	3		2+1=3	0.143	-3	-0.429
4.	Nutnost odstavit vůz na min. 24 h v případě havárií					5	6		1+1=2	0.095	-5	-0.476
5.	Vysoká pořizovací cena						5		2+1=3	0.143	-4	-0.571
6.	Životnost elektromobilu je závislá na výdrži baterie								1+1=2	0.095	-5	-0.476
									<i>Součet:</i>	21	<i>Součet</i>	-4.333
<b>Příležitosti</b>												
1.	Přelomové zlepšení bateriové technologie		1	3	1	1	1	1	5+1=6	0.214	4	0.857
2.	Snížení pořizovacích cen			3	2	2	2	2	4+1=5	0.179	3	0.536
3.	Přechod na jiný druh pohonu				3	3	3	3	6+1=7	0.250	5	1.250
4.	Selektivní elektrifikace					5	4	4	2+1=3	0.107	2	0.214
5.	Rapidně zkrácené a všude dostupné nabíjení						5	5	3+1=4	0.143	3	0.429
6.	Zodolnění battery packů							7	0+1=1	0.04	1	0.036
7.	Vlastnictví FVE může nulovat cenu za provoz								1+1=2	0.07	2	0.143
									<i>Součet:</i>	28	<i>Součet</i>	3.464
<b>Hrozby</b>												
1.	Baterie nejsou finálním řešením zelené mobility		1	1	1	1	1	7	6+1=7	0.194	-5	-0.972
2.	Malá variabilita nabízených modelů			2	2	2	6	7	3+1=4	0.111	-3	-0.333
3.	Ekologie je závislá na energetickém mixu				4	5	6	7	0+1=1	0.028	-2	-0.056
4.	Růst cen elektřiny					4	4	7	3+1=4	0.111	-3	-0.333
5.	Rostoucí závislost na rizikové elektrotechnice						5	7	2+1=3	0.083	-4	-0.333
6.	Neměnný stav bateriové technologie a jejich recyklace							7	2+1=3	0.083	-3	-0.250
7.	Riziko blackoutu							7	7+1=8	0.222	-5	-1.111
8.	Elektromobilita cílí primárně na městský provoz								5+1=6	0.167	-4	-0.667
									<i>Součet:</i>	36	<i>Součet</i>	-4.056
<b>Interní (součet silných a slabých stránek)</b>												<b>-0.333</b>
<b>Externí (součet příležitostí a hrozeb)</b>												<b>-0.591</b>
<b>Celkem</b>												<b>-0.925</b>

V této tabulce jsou vzaty teze z matice výše, následně subjektivně porovnány mezi sebou v kategoriích na základě vztahu nadřazenosti. Počet preferencí každé z tezí je poté vydělen celkovým počtem všech preferencí v kategorii, čímž je určena jejich váha v daném kvadrantu SWOT analýzy. Po výpočtu váhy je všem tezím přiřčeno, také subjektivní, hodnocení od 1 do 5, kde 5 je nejvyšší možná hodnota. U pozitivních stránek jsou tato čísla kladná a u negativních záporná. Hodnocení vyjadřuje, jak moc přínosná či nebezpečná, pro elektromobilitu u složek IZS, tato teze je. Posléze je vynásobena váha s hodnocením každé z tezí a součtem jejich výsledků je získána celková číselná hodnota jednoho ze čtyř odvětví analýzy. Sečtením těchto finálních hodnot kvadrantů, vyjde celkový výsledek SWOT analýzy.

Ze záporného výsledku je jasně vidět, že současný stav elektromobility není nakloněn službě elektrických bateriových vozů ve složkách Integrovaného záchranného systému.

Silné stránky elektromobility jsou hlavními argumenty, proč by měla být u složek IZS zavedena. Její čísla jsou dobrá a vypovídají o faktu, že elektromobily mají potenciální využití jeho složkami.

Slabé stránky jsou hlavními argumenty proti a bohužel ty silné převažují. To značí, že aplikace elektromobilů do služeb IZS by mohla přinést více škody než užitku.

Příležitosti představují potenciál, jaký elektrické vozy do budoucna v této oblasti skýtají. Možnosti hlubšího rozvinutí vztahu mezi elektromobilitou a složkami IZS existují, bohužel však nejsou tak velké, aby překonaly její slabé stránky.

Naopak hrozby dokonce silné stránky aspektu o trochu převyšují. Jsou těmi jevy, které mohou útočit na silné stránky a negovat jejich přínos pro věc. Převaha hrozeb nad silnými stránkami nevěští nic dobrého pro budoucí vývoj.

V odstavcích výše se nalézá odpověď na otázku položenou na začátku práce. Jsou soudobé elektromobily vhodné pro službu u složek IZS? SWOT analýza poskytuje jasnou odpověď – Ne, není tomu tak.

## 6 DISKUZE

### 6.1 Diskuze výsledků SWOT analýzy

SWOT analýza, definující praktickou část této práce, a tedy i její cíl, vyšla pro elektromobilitu u IZS nepříznivě. V následující části budou kvadranty rozebrány na jednotlivé teze a vysvětleno, proč je výsledek takový, jaký je.

#### 6.1.1 Silné stránky

Jestli se některé silné stránky elektromobilů skutečně osvědčily, pak jsou tomu jejich dobré jízdní vlastnosti. Jízdní dynamika elektrických vozů je podle dnešní praxe skvělá a jízdní režimy s rekuperací umožňují brzdit a zároveň vracet energii do vytěžovaných baterií. Vzhledem k tomu, že složky IZS si bez vozů nelze představit, znamená skvělá ovladatelnost, blesková akcelerace a inteligentní brždění opravdu mnoho. [20, 45]

Elektromotor je o poznání jednodušším konceptem nežli motor spalovací a obsahuje tedy jen desetinu součástek co jeho, fosilní paliva spalující, konkurent. V důsledku absence spojky, oleje, olejových filtrů, výfukového potrubí, katalyzátorů a dalších součástí je údržba mnohem snazší a tím i levnější. Náklady na ní jsou přibližně třetinové. To členové složek IZS jistě ocení, jelikož jejich vozy musí být vždy stoprocentně připravené a správná a pravidelná údržba je pro to klíčová. Peníze zde ušetřené pak mohou být využity v jiných potřebných oblastech. [1,3]

Elektromobily jsou v přepočtu na ujeté kilometry velmi levné. Zatímco úsporné vozy se spalovacím motorem beroucím si 6 litrů benzínu na 100 kilometrů, při dnešních cenách jezdí za více než 2 koruny na kilometr, tak vozy na elektrickou energii jezdí za ani ne korunu. Tento rozdíl se může zdát nicotný, zkuste si ho však přepočítat na 150 000 ujetých kilometrů. Další bod, kde mohou být ušetřené peníze použity pro hlubší rozvoj IZS. [38,39]

Tichý provoz elektromobilů je prospěšný pro ochranu veřejného zdraví před zvukovým smogem. Elektromobily jsou až tak tiché, že je nutné do nich instalovat systémy vytvářející hluk, aby nebyly pro své okolí nebezpečné. [1] Tichost

bateriových vozů je dobrá hlavně pro hlídkové vozy policie, referentské vozy všech složek a většinu ostatních složek IZS. Jelikož jsou častými účastníky běžného silničního provozu a absence jejich hluku bude v centrech měst jistě znát. Pro zásahové vozy je však nízká hlučnost naprosto irelevantní, jelikož ty chtějí docílit naprosto opačného efektu a jsou vybaveny výstražnými systémy, aby je každý slyšel dříve, než je vidí a zasahující složky tak mohly rychle projet i hustým městským provozem.

Nyní se dostávám k hlavnímu plusu běžných elektromobilů – vypouští nízké emise škodlivých plynů. Toto je alfa i omega současné elektromobility. S nejnovějšími celosvětovými závazky na snižování emisí, jejichž velkým producentem je právě doprava, jsou elektromobily nástrojem, jak těmto závazkům dostát. Problémem je, že se emise řeší jen u samotného provozu elektromobilu, kde jsou výsledky bezchybné, ale pokud budeme brát v potaz celoživotní cyklus vozů, pak už čísla tak skvělá nejsou. Průměrný elektromobil sice za celou svoji existenci, od kovové rudy, až do stavu do krychle sešrotovaných plechů, vyprodukuje jen třetinu škodlivých plynů, co automobil se spalovacím motorem, i tak ale, při správně zvolené metodě měření, nesplní přísné emisní limity Evropské unie. Navíc tento bod, stejně jako předchozí, nijak přímo neslouží k benefitu složek IZS. Je „pouze“ vítanou změnou pro podporu veřejného zdraví na základě redukování škodlivých plynů ve městech. [6,21,33,]

### **6.1.2 Slabé stránky**

Nevhodnost konceptu bateriových vozů pro složky IZS je kritický problém momentálně podkopávající celou elektromobilitu u nich. Vozy základních složek IZS musí být připraveny k provozu 24 hodin 7 dní v týdnu a 365 dní v roce (někdy i 366). Není proto možné, aby vozy nebyly provozuschopné z důvodu vybité baterie a současná dobíjecí technologie neumožňuje dobítí dostačující rychlostí a kvalitou. S bateriovou problematikou se pojí další negativa, která budou rozvedena v následujících bodech.

Malý dojezd je Achillovou patou všech nynějších elektromobilů. Až na naprosto špičkové koncepty, které urazí i 1000 kilometrů na jedno nabití baterie, se maximální

ujetá vzdálenost elektrických vozů na nabití pohybuje mezi 200–500 kilometry. [1,20] Pro průměrného českého řidiče je i nižší z těchto dvou cifer, na den, naprosto dostačující. [30] Naopak pro potřeby složek IZS, kdy se některé vozy používají prakticky nepřetržitě, je tato vyhlídka nemožná. Například policejní hlídkové vozy se používají jednou skupinou po dobu směny, pak se pouze dotankují a pokračují ve službě s druhou skupinou po celý den. Elektromobily, které byly v ostrém provozu u poskytovatelů zdravotnické záchranné služby měly dáno pravidlo, že pokud vozu klesl dojezd pod 150 kilometrů, musel ho řidič ihned vystřídat. [45,46] Malý dojezd by se dal tolerovat možná za předpokladu, že by byla možnost elektromobily okamžitě nabít, tak jako je tomu u automobilů se spalovacím motorem, dnes však ne.

Druhý z dvojice útesů, na kterých elektromobilita troskotá – dlouhá doba nabíjení a jeho plošná nedostupnost. Zatímco vozy se spalovacími motory dotankujete na plnou nádrž do pěti minut a získáte tak s přehledem více než 1000 kilometrů dojezdu, tak i ultrarychlé dobíjecí stanice elektromobilů za 10 minut dobijí vůz pouze na dalších 200 kilometrů. [56] To je opět pro běžného uživatele naprosto dostačující a pro členy složek IZS nikoliv. Zároveň s tím je síť dobíjecích stanic nedostatečná pro uspokojení tak malého dojezdu. Problémem je, že i navzdory tomuto faktu předbíhá počet stanic počet elektromobilů v republice a v důsledku toho vážnou investice do rozvoje sítě, jelikož jim chybí finanční návratnost. [6] Kdyby byl jeden z posledních dvou bodů vyřešen, tak by se ten druhý dal odpustit. Vůz má slabý dojezd, ale nabijete ho všude a za pár minut? Není problém. Nebo naopak vůz nabijete jen na několika místech, na základně či doma a bude to trvat i několik hodin, ale na jedno nabití ujedete přes tisíc kilometrů? Také není problém. Bohužel kombinace obou těchto handicapů brání plošnému využití elektromobilů jak u složek IZS, tak u dopravy obecně.

Další slabou stránkou je nutnost karanténního opatření v případě jakékoliv havárie z důvodu možného poškození baterií uvnitř packu. Tímto opatřením se myslí odstavení i pouze potenciálně poškozeného elektromobilu do prázdného prostoru v závislosti na monitoringu. Pokud je vozidlo pod neustálým dohledem, pak stačí aby byl minimálně 5 metrů od nejbližších hořlavin a konstrukcí budov. Jestliže dohled není, tak se karanténní prostor zvětšuje na 15 metrů. [10] Takto odstavený musí vůz

zůstat po dobu 48 hodin, což je velmi nepohodlné i pro běžné řidiče, natož pak členy složek IZS, jejich vozy musí být robustní, odolné a snadno opravitelné. Těžko si lze představit, že za krizových stavů dojde k menší kolizi bez viditelného nebo citelného poškození elektromobilu a ten bude muset i tak být na 48 postaven mimo službu. Navíc prostory s 15 metry čistého prostoru na každou stranu ve městech nejsou na každém kroku.

Vysoká pořizovací cena trápí elektromobily již od počátku jejich novodobého zavedení. Automobily do zásuvky v některých případech stojí i jednou tolik co jejich, fosilní paliva spalující, kolegové. [20] To je překážkou nejen ve státních organizacích, kde jsou vypisovány veřejné soutěže a většinou v nich nevyhrává nejdražší varianta, [46] tak opět i u běžných řidičů. Na vině je výhradně vysoká cena baterií. Mnohdy představuje až 60 % ceny vozu a její životnost je navíc omezená. Čeští řidiči mají k elektromobilům obecně negativní přístup. Průzkum uvádí, že i tak by 30 % z nich ke koupi elektromobilu přiměla finanční dotace, a to ve výši 40-50 %, což jen dokazuje, jak velkou překážkou vysoká pořizovací cena je. Dotační systémy na podporu elektromobily jsou na místě a je možno z nich čerpat jak v zahraničí, tak u nás, nicméně neochota investovat do elektromobilů přetrvává. [29]

Jedním z důvodů, proč tomu tak je, může být fakt, že životnost elektromobilu je závislá výhradně na výdrži jeho baterie. Ostatní technika může fungovat bezchybně, ale za 8 let užívání vozu dojde k oslabení jeho baterie a její výdrž se bude jen zhoršovat. Průměrné stáří automobilů v České republice je 16 let [57], takže se dá předpokládat, že bude majitel nakloněn prodloužení existence vozu. Investice do nové baterie však představuje částku okolo půl milionu korun. Při spojení této částky společně s vysokou pořizovací cenou každému dojde, že ani levný servis nebo levný provoz nemohou dorovnat tuto cifru. Techničtí pracovníci složek IZS tento fakt vědí, a proto nemají motivaci zavádět elektromobily do jejich řad.

### **6.1.3 Příležitosti**

Přelomové zlepšení bateriové technologie je příležitost, na kterou elektromobilita sází prakticky vše. Její současný stav stále není schopen plně konkurovat spalovacím motorům, a to z výše uvedených důvodů, hlavně malému dojezdu, pomalému



nabíjení a vysoké ceně. Všechny tři tyto překážky vychází z baterií. Všudypřítomné lithium-iontové baterie sice prochází neustálým vývojem, ten ale není dostatečně rychlý na to, aby stačil predikcím budoucího vývoje elektromobility. Pokud se má bateriová elektromobilita stát číslem jedna v příští dekádě, bude potřeba nějakého průlomového zlepšení bateriové technologie, která by neměla (nebo alespoň redukovala) slabiny současných baterií. Jestliže k něčemu takovému dojde, pak můžou být bateriové elektromobily skutečně tím řešením, který svět hledá a najdou dalekosáhlé uplatnění i u bezpečnostních a záchranných sborů světa.

Snížení pořizovacích cen úzce souvisí s předchozím bodem. K naplnění tohoto kritéria by nejspíše došlo revolucí na trhu s bateriemi. Nebylo by nutné přicházet s baterií, která zvládne obrovské dojezdy nebo se nabije za pět minut. „Stačilo“ by najít levnější řešení, které udělá neduhy elektromobilů akceptovatelnější. Pro běžné řidiče, ale i řadu firem a organizací, včetně složek IZS, existuje možnost uplatnění elektrických vozů i za současných podmínek. Jenže kdo by si pořídil jeden elektromobil, když může za stejnou cenu mít dva konvenční automobily.

Nyní probíhající násilné změny v dopravě, se dějí z jediného důvodu – udržitelnost. Snaha redukovat škodlivé plyny způsobené transportem lidí a věcí na přijatelnou úroveň. K tomuto účelu jsou plošně, téměř po celém světě, zaváděny elektromobily, jenže ty nejsou ve všech aspektech ideálním řešením. Existují však řešení, která mohou zlepšit současnou šedě vypadající situaci již dnes. Přechodem na jiný druh pohonu, než jsou baterie, by se eliminovala řada současných problémů ihned a s minimální námahou. Bateriová technologie by mezitím mohla dospět do přijatelného stavu a poté případně doplnit zavedená paliva. Příklady možných alternativ jsou syntetická paliva, biopaliva, i dnes v některých případech vodík a čpavek. [6]

Selektivní elektrifikace je příležitostí, jak udělat elektromobilitu snesitelnou pro širší veřejnost. Nikoliv plošnými nařízeními, zakazujícími spalovací motory v příštích deseti letech, ale pouhou aplikací elektromobilů tam, kde mají skutečně potenciál zlepšit situaci. Tím je myšlena hlavně dopravní struktura velkých měst, kde malý dojezd nehraje tak velkou roli, kde je akcelerace primárním atributem

vozu, a čistější vzduch bude nejvíce znát. Příklady jsou městská hromadná doprava, rozvážkové služby a firemní vozy. Co se integrovaného záchranného systému týče, tak u Policie ČR jde o vozy mimo prvosledovou činnost, stejně tak u poskytovatelů zdravotnické záchranné služby vozy lékařské pomoci, u Hasičského záchranného sboru ČR vyšetřovatelské nebo velitelské vozy a obzvláště vozy podnikových hasičských jednotek. Ostatní složky IZS by většinou mohly plně přejít na elektromobilitu, jelikož nejsou vázány nepřetržitou pohotovostí. [6,20,41,45]

Rapidně zkrácené a všude dostupné nabíjení je dalším, s bateriemi spojeným, bodem. Toto je příležitost, jak vyřešit jednu ze základních slabých stránek elektromobility. Ačkoliv rychlé nabíjení je otázkou technologického pokroku, tudíž mimo dosah běžných osob, tak rozšíření sítě dobíjecích stanic je možné provádět již dnes. Výše zmíněným důvodem je, že budování dobíjecích stanic nepřináší žádnou finanční návratnost a organizace neoperující s elektromobily tak mají nulovou motivaci tento stav nějak měnit. [6]

Zodolnění battery packů by nejspíše nebylo tak velkým zlepšením v každodenním životě s elektromobilem, nicméně strach ze selhání baterií je stále reálný a vyžaduje řešení. Jestli mají někdy bateriové vozy být zařazeny do struktur složek IZS, tak musí být jisté, že k ničemu takovému nedojde. Přeci jen hořící bateriové packy se řeší potopením celého vozu do lázně s vodou, kde postupně všechny články vyzkratují. Nejen že tento postup nezaručuje 100% úspěšnost a dochází ke kontaminaci použité vody, ale představte si situaci, kdy začnou selhávat baterie hasičské stříkačce. Odpovídající jeřáb a dostatečná velká lázeň budou vyžadovat jisté shánění. Zlepšením této situace už se zabývá například automobilka Renault, ale tam jde pouze o řešení projevů poškození baterií. Je nezbytné, aby se poškozením začalo předcházet, ne pouze řešit jejich následky. [10]

Poslední z možných příležitostí také není žádnou převratnou změnou, je však pravda, že vlastnictví fotovoltaické elektrárny může nulovat cenu za provoz elektromobilu. Za předpokladu, že má majitel elektromobilu i solární elektrárnu, tak jeho vůz jezdí zdarma, což je do budoucna, až budou jak elektromobily, tak fotovoltaické články na denním pořádku, pozitivní vyhlídka. Nyní je ale opět potřeba

položít si otázku. Vyplatí se skutečně investice od solárních panelů natolik, aby převážila cenu elektřiny použité v elektromobilu? Za předpokladu, že bude odpovědí ano, tak výjezdové stanice složek IZS jsou pro jejich instalaci ideální.

#### **6.1.4 Hrozby**

Fakt, že baterie nejsou finálním řešením zelené mobility, podkopává veškerou současnou snahu protlačovat je do popředí světové dopravy. Už nyní se ví, že existují lepší alternativy, jen se čeká na jejich plné rozvinutí. Logicky proto není důvod pro tak masivní aplikaci bateriové elektromobility a s tímto vědomím je pochopitelné, že do ní lidé nechtějí investovat.

Malá variabilita nabízených modelů není tak vážnou hrozbou, úzce však souvisí s vysokou pořizovací cenou vozů speciálně pro složky IZS. Jelikož se na specifickou elektromobilitu moc firem nespécializuje, neexistuje široká paleta možností, a proto krom osobních automobilů, by všechny ostatní musely být dělány na speciální zakázky. To samozřejmě výrazně ovlivňuje výslednou cenu. Například jeden elektrický hasičský zásahový vůz od rakouské firmy stojí dvakrát tolik, co ten se spalovacím motorem. Proto pořídit si elektrickou variantu si mohou dovolit jen velmi dobře dotované sbory, jako například berlínský či amsterdamský hasičský sbor. [51]

Dalším rizikovým faktem je, že elektromobilita není tak zelená, jak se říká. Špatně zvolené výpočtové modely ji ukazují jako naprosto bezemisní. Při správném pohledu, který zkoumá původ úplně všeho, z čeho se elektromobil vyrábí a na co jezdí, se ukazuje, že opak je pravdou. Těžba materiálu na baterie představuje značnou emisní zátěž a zároveň vyžaduje kritické suroviny. Magnety elektromotoru jsou vyráběny z ještě vzácnějších kovů. Ekologická účinnost elektromobilu je také významně ovlivněna původem elektřiny, která dobíjí baterie. V některých zemích, jako Čína a Indie, kde je malé procento obnovitelných zdrojů a vysoké procento uhelných elektráren, je při zahrnutí emisí za jednotku elektřiny elektromobil jen o málo šetrnější k životnímu prostředí než benzínový automobil. Paradoxní je, že Čína má na svých silnicích nejvíce elektromobilů z celého světa. [23] Jestliže má být

ekologie hlavní předností elektromobilů, je potřeba vyřešit jejich neekologické aspekty. [1,34]

Růst cen elektřiny je strašákem každého rozumného majitele elektromobilu. Jednou z mála viditelných výhod oproti konvenčním pohonům je šetrnější chování k peněženke při tankování. Už za dnešních podmínek jsou elektromobily investicí s nejistou návratností a pokud bychom jim vzali i jeden ze základních plusů, tak si jen těžko lze představit někoho, kdo by po nich toužil. Růst cen elektřiny je však velmi reálný a z posledních pár let to jako Češi víme. I když pomineme válku, tak s předpovědí zvyšujícího se počtu elektromobilů se bude nutně zvyšovat i spotřeba elektřiny až do fáze, kdy se stane nedostatkovou komoditou a její cena proboří pomyslný strop. Zde budou mít velkou výhodu lidé vlastníci solární systémy, jelikož budou moci pohánět svůj elektromobil pouze na základě investice do panelů.

Každý technik ví, že čím více součástek stroj má, tím více se toho v něm může pokazit. Elektromobily mají sice jednodušší pohonné jednotky, zbytek jich ale ovládá řada počítačů, se kterými je celkový počet součástek vyšší než u většiny aut se spalovacími motory. Jejich rostoucí závislost na elektrotechnice do budoucna předvídá jak vyšší výkon, tak i vyšší náklady na údržbu a složitější servis a jakékoliv poruchy budou dražší. Poslední jmenované položky jsou jedněmi ze základních kvalit elektromobilů obecně. Dojde-li ke změně tohoto stavu, budou pro údržbu potřeba stále více školení servisní technici a úspory budou klesat. Opět třeba zmínit, že vozy pro IZS musí být robustní a není proto možné, aby vše záleželo jen na počítačích.

Žádný větší rozvoj bateriové elektromobility by se neměl konat za předpokladu, že bateriová technologie zůstane v takovém stavu, v jakém je teď. Nedostatečná kapacita pro přípustný dojezd, neadekvátně rychlé nabíjení, těžká váha battery packů, vysoká cena a nízké procento recyklace a druhotného použití. To vše jsou potíže, které dnes sužují bateriovou mobilitu. Dáno tomu, že je to volba číslo jedna v řešení udržitelné dopravy, a tudíž by počet takových elektromobilů měl raketově stoupat, tak by mělo dojít k rychlému opravení tohoto stavu, alespoň v několika bodech. [6]

Riziko blackoutu je jednou z nejstrašnějších hrozeb pro dnešní svět. Elektronika ovládá všechno a elektřina všechno pohání. I sebemenší výpadek proudu může mít dalekosáhlé následky. Pokud by došlo k rozsáhlému blackoutu, společnost by upadla do paniky a chaosu, životem by nastal návrat do temného středověku. Práce složek IZS by byla zajistit základní životní potřeby obyvatel, činnost, kterou mohou těžko vykonávat, pokud nebudou moci nabít své vozy a dojet na příslušná místa. Složky IZS jsou sice vybaveny elektrocentrálami na výrobu elektřiny, ty jsou ale určeny pro zajištění chodu kritické infrastruktury. [41] Zde opět přichází na přetřes fotovoltaická technologie, která by fungovat měla, ne ale v takovém rozsahu, aby plně uspokojila potřeby elektrifikovaného IZS. Celkově tedy vzato v bychom v dnešním světě ani o úplnou elektrifikaci usilovat neměli a už vůbec ne u sborů chránící naše bezpečí.

Elektromobilita cílí primárně na městský provoz, což je logické, jelikož tam leží většina jejích silných stránek. Při snaze o plošnou aplikaci je však potřeba počítat i s využitím mimo města či dálnice. Hasičské zásahové vozy, vozy horské služby a další musí nezbytně být schopny zdolat i náročnější terén. Nízká světlá výška sice zlepšuje jízdní vlastnosti vozů, ale ne všechny cesty, které záchranné složky podnikají jsou na asfaltu. Tento bod skvěle podporuje ideu selektivní elektrifikace, kde se hraje pouze na silné stránky elektromobilů.

## 6.2 Relevantní výzkum

Výzkum publikovaný Christianem Wankmüllerem a kol. v časopise *Energies*, se zaměřuje na využití elektromobility pro práci Horské služby. Nejdříve byla, na základě expertní diskuse, určena klíčová kritéria, která musí technika horské služby splňovat a ta následně personálem Horské služby seřazena subjektivně, podle důležitosti. [58]

Attributes	All	Columns Graph
Supports safety of MR personnel	11.51	
Applicable in every terrain	10.6	
Applicable under all weather conditions	9.33	
High application variety	8.62	
Easier access to remote locations	8.08	
Easy to transport	6.67	
Ready-to-use	5.67	
Provides speed advantage	5.59	
Light weight	5.17	
Long battery life	4.97	
Compatible with other equipment	4.8	
High range *	3.67	
Applicable under all light conditions	3.08	
Low training effort	3.01	
Long usability	2.97	
High payload	1.41	
Meets quality certification	1.29	
Enhances sustainability	1.13	
Supports mission documentation	0.95	
Conforms to legal requirements *	0.85	
Low purchase costs	0.51	
Low noise generation	0.14	
<b>Total</b>	<b>100</b>	

Obrázek 15 – Kritéria rakouské a italské Horské služby pro nákup nového vybavení [58]

**(překlad v sestupném pořadí:** podporuje bezpečnost personálu, použitelný v každém terénu, použitelný za všech povětrnostních podmínek, všestranně použitelný, snadno dosáhne odlehlých lokalit, jednoduchý k transportu, připravený k použití, představuje rychlostní výhodu, lehký, dlouhá životnost baterií, kompatibilní s ostatním vybavením, velký dojezd, použitelný za všech světelných podmínek, snadný výcvik obsluhy, dlouhá životnost, uveze velký náklad, odpovídá požadavkům na kvalitu, zlepšuje udržitelnost, podporuje dokumentaci misí, odpovídá právním normám, nízké pořizovací náklady, nevytváří hluk) [autorův překlad]

Po získání výsledků následovala další expertní diskuse, a to s vysoce postavenými členy Tyrolské Horské služby. První přišla na řadu nedůležitost pořizovací ceny nového vybavení. Jelikož jsou rakouské horské regiony velkým zdrojem příjmů, tak je udržení bezpečného prostředí velkou prioritou, lokální horské služby tedy disponují velkým rozpočtem, nabitým od státu, ale i soukromých dárců, a jak řekl jeden z tázaných expertů, „...pokud technologie podporuje bezpečnost, je všestranně použitelná v každém terénu a za každého počasí a pomáhá snáze dosahovat odlehlých lokalit, pak je její cena naprosto irelevantní.“ [58, s.363] Tento výrok prakticky potvrdil správnost výzkumu Wankmüllerova kolektivu. Rozhovor se poté přenesl na fakt, že rychlostní zlepšení není prioritou číslo jedna. Rychlost je sice důležitá, ale bezpečnost a široká škála použitelnosti toto kritérium vždy převáží. [58] Zde můžeme nalézt i odpověď na otázku udržitelnosti. Řešit udržitelnost je možné až v okamžiku, kdy je zaručeno 100% udržení efektivity záchranného vybavení.

### **6.3 Budoucnost elektromobility u složek IZS**

Pokládat si rovnou otázku, zdali má elektromobilita budoucnost u složek IZS bez předchozí otázky, zdali má elektromobilita budoucnost obecně, je zbytečné.

Elektromobily jsou bezpochyby do budoucna tou správnou cestou. Jsou přizpůsobením se očekávanému lidskému vývoji. Počet automobilů ve světě roste. Z měst se stávají obří konglomerace a na pravém venkově dnes žije mizivé procento obyvatel. Už takto většina velkých měst bojuje se smogem, ať už v jeho klasické aerosolové formě nebo zvukové. Závislost lidstva na ropě a ropných produktech je obrovská napříč celým průmyslovým spektrem, a přitom se neustále mluví o jejím vyčerpání. Jednoduchou úvahou by se dalo říct, že se situace pouze zhorší. Alespoň částečné řešení skutečně představují elektromobily. Udělají města příjemnějším místem, za pomoci nízkých emisí a tichého provozu. Také sníží závislost člověka na fosilních palivech.

Jsou to krásné vyhlídky, které však nejsou tak ideální, jak se zdá. Skutečnost je mnohem trnitější, než vypadá. Bateriová elektromobilita je v okolním světě protlačována vládami a nadnárodními organizacemi všemi možnými prostředky a idealistické výzkumy říkají, jak bezchybná je. Bohužel při správném pohledu člověk

zjistí, že má své mouchy. Ty hlavní již byly zmíněny v předchozí kapitole, nebudu se tedy zabírat jejich rozsáhlým opakováním.

Chci ale třeba říci, že elektromobily, dle mého názoru, nejsou ve stavu, kdy by mohly plně nahradit vozy se spalovacími motory a myslím si, že je velkou přezíravostí chtít je všechny do roku 2035 zakázat. Od tohoto záměru už řada států včetně Rakouska a Německa ustupuje. Samozřejmě je třeba mít cíle, ke kterým se dá aspirovat. Je však nutné je plnit rozumně a systematicky. Jsou jisté oblasti dopravy, kde, podle Paretova pravidla, elektrifikace přinese velké zlepšení za relativně malé investice a na základě dnes dostupných technologií.

Příkladem budiž dálkové nákladní vozy a městské autobusy, které mohou už dnes efektivně využívat vodíkovou technologii. Stejně tak lodě. Jejich velké rozměry také nabízí možnost využití solární energie. Samotné baterie se skvěle hodí do malých městských vozů a motocyklů. Nejvyšší zastoupení na silnicích bez debat mají ostatní osobní automobily, je tedy nutné adresovat i tento problém. [6,21]

Už dnes existuje celá řada „zelených“ alternativ k bateriové elektromobilitě, které naprosto spolehlivě fungují a jen čekají na masové využití. Jedná se o syntetická a plynná paliva. První z nich už se podle nařízení přidávají do konvenčních paliv na čerpacích stanicích, za účelem snížení emisní stopy. Plynná paliva jsou u nás využívána již pěknou řádku let, ale nikdy se nedočkala větší oblibě. Kdyby však primárním cílem zákonodárců bylo co nejrychleji snížit co nejvíce emisí za co nejméně peněz, tak tyto varianty jsou řešením. Obě vyžadují minimální úpravy dnešních spalovacích motorů a není tedy třeba pořizovat vozy nové. Zajímavá je také myšlenka využití biometanu, který je produkován prakticky na každém kroku kolem nás. Speciální zařízení ho zachytávají a v procesu chemické reakce vytváří elektrickou energii. Nejen, že se tato technologie může být použita výrobě elektřiny pro automobily, ale také pro celé domácnosti. [6]

S těmito informacemi na vědomí je potřeba se zamyslet nad důvody, proč se investují astronomické částky na vývoj bateriové elektromobility, která je podle četných výzkumů pouze mezistupněm mezi fosilními palivy a vodíkem a nepoužívají se nyní dostupné a funkční technologie, zatímco se ušetřené peníze používají na



zdokonalování zpracování a uchovávání vodíku. [6,8,11,19] Dnešní svět je rychle se měnící. Každým dnem přicházejí a odcházejí nové trendy a je třeba se ptát, jestli bateriová elektromobilita není jen trendem.

Nyní již k elektromobilitě u samotných složek IZS. Dle mého názoru je to asi poslední místo, kam by se měla elektromobilita protlačovat, a to z velmi prostých důvodů. Priority při zásazích složek IZS jsou záchrana lidského života, zdraví, majetku nebo životního prostředí. Toto pořadí slov není vybráno náhodně. Na prvním místě je záchrana lidského života, a tuto funkci současná technika plní velmi dobře. Nevidím důvod měnit současný stav, když je možné, že se tím ohrozí schopnost chránit tyto zájmy. Navíc jsou mnohem palčivější problémy, které by se s financemi použitými na elektrifikaci daly vyřešit. Ale už nyní jsou zavedeny kvóty elektromobilů, které například Policie ČR musí splňovat [21], Hasičský záchranný sbor ČR, poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a Armáda ČR jsou od nich prozatím osvobozeni. [41,46]. V tomto případě je rozumné elektrifikovat tu část flotily, která plní úkoly takzvané ekonomické či referentské činnosti, zkrátka tam, kde není ohrožena akceschopnost zasahujících jednotek.

Tuto myšlenku podporuje také rozhovor s mluvčí Generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru Pavlou Jakoubkovou pro portál Aktuálně.cz.

*Hasiči mají podle jejího vyjádření obavy z dojezdu a akceschopnosti takových vozidel: bojí se rizika, že auto k zásahu nedojeje nebo se z něj nevrátí na základnu. Navíc nemusí být možné, aby takový automobil zvládl dlouhé několikadenní zásahy. "V případě na sebe navazujících zásahů, například při povodních či vichřici, kdy hasiči přejíždějí z jednoho místa na další, by nebylo možné zajistit dobíjení těchto vozidel," upozorňuje rovněž Jakoubková. [52]*

## 7 ZÁVĚR

Tato práce pohlédla do hlubin elektromobility a shrnula údaje z výzkumů za posledních 10 let. Cíl práce byl splněn a otázka vhodnosti elektromobilů pro složky IZS zodpovězena. K tématu jsem přišel s kladným vztahem a po jeho zpracování jsem ponechán se smíšenými pocity obecně, ale s jasně negativním názorem na jeho aplikaci u složek IZS. Bateriová elektromobilita jednoduše nemůže splnit náročné požadavky kladené na techniku sborů. Hypotéza, vyřčená na začátku práce, je tímto vyvrácena. Pro její naplnění dnes neexistují adekvátní podmínky, ale s vývojem technologií elektromobilů bude nejspíše potřeba, ji za několik let přehodnotit.

Praktické využití může diplomová práce nalézt, jako protiklad k široce přijímanému názoru, že baterie jsou řešením, které svět momentálně hledá.

## **8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

- BEV – Battery electric vehicle
- PHEV – Plug-in hybrid electric vehicle
- HEV – Hybrid electric vehicle
- FCEV – Fuel cell electric vehicle
- ICE – Internal combustion engine
- IZS – Integrovaný záchranný systém
- FVE – Fotovoltaická elektrárna

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. What you need to know about electromobility. *Infineon* [online]. c1999 - 2023, July, 2021 [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://www.infineon.com/cms/en/discoveries/electromobility/>
2. VOLKSWAGEN. Volkswagen vylepšil pohon elektromobilů, bude silnější a efektivnější. *Fdrive.cz* [online]. 13. 04. 2023 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/volkswagen-vylepsil-pohon-elektromobilu-bude-silnejsi-a-efektivnejsi-10521>
3. CELJAK, Ivo. *Konstrukce, technické systémy a provoz elektricky poháněných automobilů*. České Budějovice, 2018. Učební text. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
4. MARTINEZ, Luis R. a Miguel D. PRIETO. *New Trends in Electrical Vehicle Powertrains*. IntechOpen, 2019. ISBN 978-1-83881-698-8.
5. LARMINIE, James a John LOWRY. *Electric vehicle technology explained*. 2. John Wiley & Sons, 2012. ISBN 978-1-119-94273-3.
6. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ a MINISTERSTVO DOPRAVY. *Příloha k Aktualizaci Národního akčního plánu čisté mobility*. Praha, 2019. Dostupné také z: <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Vlada-schvalila-aktualizovany-Narodni-akcni-plan-c?returl=/Media/Media-a-tiskove-zpravy>
7. Druhy elektromobilů – znáte je všechny?. *Škoda Storyboard* [online]. Škoda Auto a.s, c2023 [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita-cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny/>
8. EHSANI, Mehrdad a ET AL. *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*. Boca Raton: CRC PRESS, 2005. ISBN 0-8493-3154-4.
9. EGA MASTER. *Electric Vehicle: Engineering, maintenance and repair* [online]. Spain [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.egamaster.com/uploads/media/doc/0001/03/a9d2ce15b64f4997eb7d617f387310342d1a7bb9.pdf>
10. MALKOVSKÝ, Zdeněk, Jan KARL, Ondřej SUCHÝ a Pavel THIN. *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR*. Praha, říjen 2020. Ministerstvo

vnitř České republiky. Vedoucí práce GŘ HZS ČR – Technický ústav požární ochrany.

11. KUMAR, Hima K. A study on reliability enhancement of electric car battery. *International Research Journal of Engineering and Technology* [online]. 2020, 7(8) [cit. 2023-05-12]. ISSN 2395-0056.
12. HEILWEIL, Rebecca. *How to build a better battery*. Vox [online]. Vox Media, © 2023, Apr 18, 2022 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://www.vox.com/recode/23027110/solid-state-lithium-battery-tesla-gm-ford>
13. LÖBL, Vladimír. Velký zájem o auto „na slunce“. Sono sion zvládne až 35 km denně. *Autobible.euro.cz* [online]. 20.09.2022 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/clanky/velky-zajem-o-auto-na-slunce-sono-sion-zvladne-az-35-km-denne/>
14. CONTROL, Johnson. BU-201: How does the Lead Acid Battery Work? *Battery University* [online]. 21 – Oct-2021 [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: <https://batteryuniversity.com/article/bu-201-how-does-the-lead-acid-battery-work>
15. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, SDRUŽENÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU a SDRUŽENÍ ENERGETICKÝCH SPOLEČNOSTÍ. *Akční plán o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR*. Praha, 2017. Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/memorandum-o-budoucnosti-automobiloveho-prumyslu-v-cr-a-akcni-plan-o-budoucnosti-automobiloveho-prumyslu-v-cr---232552/>
16. SACHDEVA, Amid a Dadaso D. MOHITE. Recent Development in Green Fuel Vehicles and their Future Advancements. *International Research Journal of Engineering and Technology* [online]. 2020, 7(10) [cit. 2023-05-12]. ISSN 2395-0056. Dostupné z: [https://www.academia.edu/45075549/Recent\\_Development\\_in\\_Green\\_Fuel\\_Vehicles\\_and\\_their\\_Future\\_Advancements?email\\_work\\_card=title](https://www.academia.edu/45075549/Recent_Development_in_Green_Fuel_Vehicles_and_their_Future_Advancements?email_work_card=title)
17. MANDAL, Abhimanyu. Simulation and analysis of speed control of electricvehicle in MATLAB/SIMULINK. *International Research Journal of Engineering and Technology* [online]. 2021, 8(6) [cit. 2023-05-12]. ISSN 2395-0056. Dostupné z:

[https://www.academia.edu/50776432/IRJET\\_SIMULATION\\_AND\\_ANALYSIS\\_OF\\_SPEED\\_CONTROL\\_OF\\_ELECTRIC\\_VEHICLE\\_IN\\_MATLAB\\_SIMULINK?email\\_work\\_card=title](https://www.academia.edu/50776432/IRJET_SIMULATION_AND_ANALYSIS_OF_SPEED_CONTROL_OF_ELECTRIC_VEHICLE_IN_MATLAB_SIMULINK?email_work_card=title)

18. CHALMERS. *Systems perspectives on electromobility*. Göteborg: Chalmers University of Technology, 2013. ISBN 978-91-980973-1-3.
19. CHAU, K.T. *Pure electric vehicles*. Woodhead Publishing, 2014. ISBN 9780857095220.
20. KŮS, Miroslav, vedoucí automobilního oddělení Krajského ředitelství Policie hlavního města Prahy [ústní sdělení]. Praha, 4.4. 2023
21. AJANOVIC, Amela, Reinhard HAAS a Manfred SCHRÖDL. On the Historical Development and Future Aja of Various Types of Electric Mobility. In: *Aja for Electric Mobility: Systemic, Economic and Environmental Issues* [online]. MDPI, 2021, 18 February 2021, s. 1–26 [cit. 2023-02-12]. ISBN 978-3-0365-1419-2. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/en14041070>
22. GELDERMAN, Carol W. Henry Ford: American industrialist. *Encyclopedia Britannica* [online]. 19 Jan. 2023 [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Henry-Ford>
23. RICHTER, Felix. Global Electric Car Stock Passes 10 – Million Milestone. *Statista* [online]. May 4, 2021 [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://www.statista.com/chart/17178/global-electric-car-ownership/>
24. *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU), kterým se stanoví výkonnostní normy pro emise CO2 pro nové osobní automobily a pro nová lehká užitková vozidla*. In: Štrasburk: Evropský parlament a Rada Evropské unie, 2019, ročník 2019, 2019/631.
25. 2030 climate & energy framework. *European Commission: Climate Action* [online]. 2021 [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en)
26. *Bílá kniha – Plán jednotného evropského dopravního prostoru: vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje*. 1. Brusel: Evropská komise, 2011. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A52011DC0144>

27. *The European Green Deal*. Brussels: European Commission, 2019. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=C>
28. -
29. CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU a MINISTERSTVO DOPRAVY. *Postoje firem a řidičů k elektromobilitě v ČR: Analýza podpory nákupu a provozu elektromobilů*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.cdv.cz/tisk/postoje-firem-a-ridicu-k-elektromobilite-v-cr/>
30. V Česku provozuje veřejné dobíjecí stanice 54 subjektů: Tisková zpráva. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. 1. března 2021 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/tisk/v-cesku-provozuje-verejne-dobijeci-stanice-54-subjektu>
31. Zvyšující počet elektromobilů si žádá novou profesi. Autotronici jsou v servisech stále žádanější. *I Rozhlas* [online]. © 1997-2023 Český rozhlas, 20. března 2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: [https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/autotronik-elektromobil-obor-cesko-skoda-auto\\_2303201822\\_ula](https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/autotronik-elektromobil-obor-cesko-skoda-auto_2303201822_ula)
32. TZB HAUSTECHNIK [online]. XXIX.. JAGA GROUP, s. r. o, 2021 [cit. 2023-03-13]. ISSN 1210-356X. Dostupné z: [https://www.tzb-info.cz/docu/casopisy/0010/001029\\_tzb-haustechnik-cislo-4-2021.pdf](https://www.tzb-info.cz/docu/casopisy/0010/001029_tzb-haustechnik-cislo-4-2021.pdf)
33. GIMBERT, Yoann. How clean are electric cars? *European Federation for Transport and Environment AISBL* [online]. © 2023, MAY 30, 2022 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/>
34. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives* [online]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018 [cit. 2023-03-10]. ISBN 978-92-9213-985-8. Dostupné z: doi:10.2800/77428
35. VOMÁČKA, Petr. Podívali jsme se podrobně na recyklaci baterií z elektromobilů. *Fdrive.cz* [online]. 16. 01. 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/podivali-jsme-se-podrobne-na-recyklaci-baterii-z-elektromobilu-10099>

36. DUESENFELD. *Ecofriendly Recycling of Lithium-Ion Batteries* [online]. Wendeburg, Germany: Duesenfeld [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: [https://www.duesenfeld.com/recycling\\_en.html](https://www.duesenfeld.com/recycling_en.html)
37. ČEZ. Smlouvy, ceník a opse. *Futurego.cz* [online]. [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://www.futurego.cz/cs/smlouvy-cenik-a-opse>
38. Aktuální (průměrná) cena 1 kWh elektřiny Více zde: <https://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>. *Energie123.cz* [online]. [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>
39. Výpis cen phm na čs eurooil. *Ceskybenzin.cz* [online]. [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://www.ceskybenzin.cz/aktualni-ceny-Natural-95-na-cerpaci-stanici/>
40. ČESKO. § 4 odst. 2 zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů – znění od 1. 1. 2022. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 14. 4. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239#p4-2>
41. SCHNEIDER, Martin, MV – generální ředitelství HZS ČR, pracoviště strojní služby, odbor služeb [e-mail], 2.5.2023
42. PULTZNER, Martin. Pražská policie převzala prvních 20 elektromobilů Hyundai Ioniq. *Fdrive.cz* [online]. 19.06.2020 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/prazska-policie-prevzala-prvnich-20-elektromobilu-hyundai-ioniq-5480>
43. *Hybrid.cz: První záchranné elektrokoloblo je v Praze* [online]. Chamanne, 2012 [cit. 2023-03-14]. ISSN 1802-5323. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/prvni-zachranarske-elektrokolo-je-v-praze/>
44. *České noviny: Zlínští záchranníci budou v ostrém provozu testovat osobní elektromobil* [online]. Česká tisková kancelář, 2022 [cit. 2023-03-14]. ISSN 1213-5003. Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/zlinsti-zachranari-budou-v-ostrem-provozu-testovat-osobni-elektromobil/2191688>
45. KONEČNÝ, Martin, vedoucí dopravy ZZS Zlínského kraje, p.o. [e-mail] 21.3. 2023
46. CHOCHOLA, Roman, provozně technický náměstek ZZS Středočeského kraje, p.o. [e-mail] 7.3. 2023



47. NOVOTNÝ, Samuel. Elektrický Ford Mustang ve službách záchranářů. Jak vypadá upravený speciál?. *Elektrickévozy* [online]. 13. 3. 2022 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/elektricky-ford-mustang-ve-sluzbach-zachranaru-jak-vypada-upraveny-special>
48. HAVLÍN, Roman. New York jde elektromobilitě naproti. Tamní policie dostala 184 elektrických Mustangů. *Fdrive.cz* [online]. 04. 01. 2022 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/new-york-jde-elektromobilite-naproti-tamni-policie-dostala-184-elektricky-mustangu-8312>
49. MATOUŠEK, Jan. Elektromobily u policie či zdravotníků: V Polsku mají Škodu Enyaq, v Česku Hyundai. *Aktuálně.cz* [online]. 5. 7. 2021 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/elektricke-policejni-vozy/r~3bfda0fcdcb911eb966d0cc47ab5f122/>
50. HOCY, Iain. Berlin Fire Department orders more electric vehicles from Rosenbauer. *International Fire & Safety Journal* [online]. Centurian Media Ltd 2019-2025, December 27, 2022 [cit. 2023-04-16]. ICO: CSN0536342. Dostupné z: <https://internationalfireandsafetyjournal.com/berlin-fire-department-orders-more-electric-vehicles-from-rosenbauer/>
51. Der RT. Revolutionär in jeder Hinsicht. *Rosenbauer* [online]. Austria: 2023 Rosenbauer International [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.rosenbauer.com/en/cz/rosenbauer-world/vehicles/municipal-vehicles/rt>
52. PŘIBYL, Martin. Na baterky už mohou jezdit i hasiči. Elektrovozidlo Rosenbauer ale vyvolává otázky. *Aktuálně.cz* [online]. 2022, 16. 2. 2022 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/na-baterky-uz-mohou-jezdit-i-hasicielektrovozidlorosenbaue/r~b1b9372289be11ec9ba00cc47ab5f122/>
53. RENAULT GROUP. Fireman access: Inovativní systém přístupu k baterii pro záchranné týmy v elektrických modelech Renaultu. In: *Tisková zpráva* [online]. 26. října 2022 [cit. 2023-03-27].
54. Management a krizové řízení I [online]. Kladno, 2013 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://predmety.fbmi.cvut.cz/cs/17PBPMKR1>. Studijní opora. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Ing. Jiří Halaška, Ph.D.

55. ĎURAČKA, Petr. *Bezpečnostní zajištění velkých sportovních akcí v ČR* [online]. Kladno, 2021 [cit. 2023-05-14]. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva.
56. ČEZ. Za 10 minut nabito! ČEZ rozjíždí výstavbu ultrarychlých dobíjecích stanic pro elektromobily. *Skupina ČEZ* [online]. 24. 10. 2022 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/za-10-minut-nabito-cez-rozjizdi-vystavbu-ultrarychlych-dobijecich-panic-pro-elektromobily-165364>
57. Europ Assistance. Česko má 5. nejstarší vozový park v EU [online] 3.1. 2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: [Česko má 5. nejstarší vozový park V EU \(europ-assistance.cz\)](https://www.europ-assistance.cz)
58. WANKMÜLLER, Christian, Maximilian KUNOVJANEK, Robert Gennaro SPOSATO a Gerald REINER. Selecting E-Mobility Transport Solutions for Mountain Rescue Operations. In: *Prospects for Electric Mobility: Systemic, Economic and Environmental Issues* [online]. MDPI, 2021, 15 December 2020, s. 351–365 [cit. 2023-02-12]. ISBN 978-3-0365-1419-2. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en13246613

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Schéma elektromotoru Volkswagen.....	11
Obrázek 2 – Schéma pohonného systému elektromobilu .....	13
Obrázek 3 – Použití baterií v elektromobilu .....	15
Obrázek 4 – Počet elektromobilů ve světě mezi lety 2010 a 2020 .....	24
Obrázek 5 – Vývoj skleníkových plynů v EU v jednotlivých odvětvích za roky 1990–2018.....	29
Obrázek 6 – Energetický mix jednotlivých regionů .....	30
Obrázek 7 – Vývoj emisí CO <sub>2</sub> v poměru na vygenerovanou elektrickou energii....	31
Obrázek 8 – Tuny CO <sub>2</sub> vyprodukované automobily ku ujetým kilometrům .....	32
Obrázek 9 – Emise vyprodukované za životní cyklus vozu .....	33
Obrázek 10 – Materiály potřebné na výrobu elektromobilu .....	34
Obrázek 11 – Elektrický Hyundai Ioniq PČR .....	41
Obrázek 12 – Volkswagen ID.4 zlínské zdravotnické záchranné služby .....	42
Obrázek 13 – Hasičský zásahový elektromobil Rosenbauer RT .....	44
Obrázek 14 – Renault Fireman Access .....	48
Obrázek 15 – Kritéria rakouské a italské Horské služby pro nákup nového vybavení.....	62

## **11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK**

Tabulka 1 – Porovnání cen životního cyklu policejních vozů .....	38
Tabulka 2 – SWOT analýza elektromobility u složek IZS .....	50
Tabulka 3 – Výpočet matice SWOT analýzy.....	51

## **12 SEZNAM PŘÍLOH**