

Způsoby a prostředky hašení dopravních prostředků s alternativním pohonem

Marie Marková

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Marie Marková
Osobní číslo: L21625
Studijní program: B1032A020002 Ochrana obyvatelstva
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Způsoby a prostředky hašení dopravních prostředků s alternativním pohonem

Zásady pro vypracování

1. Teoreticky vymezte jednotlivé typy alternativních pohonů.
2. Analyzujte možné způsoby a prostředky hašení dopravních prostředků s alternativním pohonem.
3. Navrhněte vhodné způsoby a prostředky hašení dopravních prostředků s alternativním pohonem.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. BISSCHOP, Roeland, Ola WILLSTRAND, Francine AMON a Max ROSENGREN. *Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. Borås, Sweden: RISE Research Institute of Sweden, 2019. ISBN 978-91-88907-78-3.
2. MARNIATI, Yessi, Andri SUYADI, Herman YANI a Sutan MARSUS. *Analyses of Battery Usage Characteristic in Electrical Car*. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1500(1). ISSN 1742-6588. Dostupné z: doi:10.1088/1742-6596/1500/1/012008
3. *Automobily s pohonem CNG, LPG*. Praha: Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2017.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Snopek, Ph.D.**
Ústav environmentální bezpečnosti

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. května 2024**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 4. prosince 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 3. května 2024

Jméno a příjmení studenta: Marie Marková

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá způsoby a prostředky, které jsou využívány pro hašení stále populárnějších alternativních pohonů. Jejich hašení totiž ve většině případů probíhá zcela odlišně než hašení vozidel s klasickým spalovacím motorem. Práce má za úkol vymezit jednotlivé druhy alternativních pohonů a způsoby nebo prostředky jejich hašení. V praktické části práce porovnává vymezené způsoby a prostředky hašení ve vztahu k určitému typu alternativního pohonu. Následně na nejlepší způsob či prostředek nahlíží ze čtyř různých aspektů, kterými jsou silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby. Praktická část také nastiňuje, jaký je vůbec počet vozidel s alternativním pohonem v České republice a zda a jak je Hasičský záchranný sbor České republiky na hašení alternativních pohonů za pomoci speciálních prostředků vybaven.

Klíčová slova: alternativní pohon, hašení, elektrovozidla, hybrid, vodík, plyn

ABSTRACT

This thesis examines the ways and means of extinguishing the increasingly popular alternative propulsion systems. In most cases, their extinguishing is quite different from the extinguishing of conventional internal combustion engine vehicles. The aim of this thesis is to define the different types of alternative powertrains and the methods or means of extinguishing them. In the practical part of the thesis, the defined methods and means of extinguishing are compared in relation to a specific type of alternative propulsion. It then looks at the best method or means from four different aspects, namely strengths, weaknesses, opportunities and threats. The practical part also outlines the number of alternative fuel vehicles in the Czech Republic and whether and how the fire brigade of the Czech Republic is equipped to extinguish alternative fuels with special means.

Keywords: alternative drive, extinguishing, electric vehicles, hybrid, hydrogen, gas

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce panu Ing. Lukáši Snopkovi, PhD. za pomoc a konzultaci mé bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala svojí rodině za podporu při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 DRUHY ALTERNATIVNÍCH POHONŮ	11
1.1 PLYNNÉ ALTERNATIVNÍ POHONY.....	11
1.1.1 Zkapalněný ropný plyn.....	12
1.1.2 Stlačený zemní plyn.....	12
1.2 VODÍKOVÉ ALTERNATIVNÍ POHONY.....	13
1.3 ELEKTRICKÉ, HYBRIDNÍ ALTERNATIVNÍ POHONY.....	14
1.3.1 Bezpečnost elektrovozidel.....	17
2 HAŠENÍ DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ	19
2.1 HAŠENÍ SPALOVACÍCH MOTORŮ.....	20
2.2 HAŠENÍ ALTERNATIVNÍCH MOTORŮ.....	21
2.2.1 Hybridní a elektrický pohon.....	21
2.2.2 Pohon LPG a CNG.....	26
2.2.3 Vodíkový pohon.....	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	30
3.1 AKTUÁLNÍ POČETNÍ STAV VOZIDEL S ALTERNATIVNÍM POHONEM V ČR.....	30
3.2 AKTUÁLNÍ STAV VYBAVENOSTI PROSTŘEDKŮ HZS ČR PRO HAŠENÍ VOZIDEL S ALTERNATIVNÍMI POHONY.....	32
3.3 POŽÁRY DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ S ALTERNATIVNÍM POHONEM.....	34
3.4 POŽÁRY DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ SE SPALOVACÍM MOTOREM.....	36
4 POROVNÁNÍ ZPŮSOBŮ A PROSTŘEDKŮ URČENÝCH PRO HAŠENÍ VOZIDEL S ALTERNATIVNÍM POHONEM	37
4.1 VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ – HAŠENÍ ELEKTRICKÝCH A HYBRIDNÍCH POHONŮ.....	37
4.2 VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ – HAŠENÍ PLYNOVÝCH A VODÍKOVÝCH POHONŮ.....	39
5 SWOT ANALÝZA ZPŮSOBŮ A PROSTŘEDKŮ HAŠENÍ PODLE VÝSLEDKŮ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ	42
5.1 SWOT ANALÝZA – ELEKTROVOZIDLA A HYBRIDNÍ VOZIDLA.....	42
5.2 SWOT ANALÝZA – VOZIDLA NA PLYN A VODÍKOVÁ VOZIDLA.....	49
ZÁVĚR	55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	61
SEZNAM OBRÁZKŮ	62

SEZNAM TABULEK.....	63
SEZNAM GRAFŮ	64

ÚVOD

Společností v posledních letech čím dál více rezonuje pojem klimatická krize. S rychlým rozvojem průmyslu a masivní výrobou všeho, na co si člověk vzpomene, začala být naše planeta zahlcována věcmi a ovzduší emisemi z výroby. Ty do ovzduší vypouštějí také vozidla využívající ke svému působení spalovací motor, který je poháněn spalováním nafty nebo benzínu, jenže tenhle zdroj není neomezený, a tak se zásoby fosilních paliv stále tenčí, a jednoho dne stane, že zkrátka nebudou. Tuto skutečnost si v současné době uvědomuje stále větší skupina populace, která si, nyní již téměř kritické situace, ať už kvůli vzrůstajícím cenám fosilních paliv nebo kvůli citelným změnám klimatu, všímá a snaží se podnikat kroky, které by vedly k vyřešení situace nebo zmírnění jejích následků.

Moderní doba nabízí mnohé řešení, v oblasti vozidel jsou to například alternativní pohony, jejichž počet se v posledních letech značně zvyšuje. S narůstajícím počtem vozidel je také třeba vnímat hrozby a rizika, která s sebou využívání vozidel s alternativním pohonem nese.

Jednou z nejvýraznějších hrozeb je požár takového vozidla. Postup při hašení požáru vozidla s alternativním pohonem totiž není totožný jako v případě vozidla se spalovacím motorem. Rozdíly jsou znát například v délce hašení, u toxicity kouře nebo u použitých způsobů či prostředků pro hašení, ty jsou totiž mnohdy zapotřebí využít jiné, než jaké je zvykem využívat u požárů se spalovacím motorem.

Hlavním cílem této práce je rozbor dostupných prostředků a způsobů hašení vozidel s alternativním pohonem. Dílčí cíle práce jsou pak obecné vymezení typů alternativních pohonů a návrh vhodného způsobu či prostředku hašení v dané kategorii pohonu.

K dosažení cílů práce bude provedena rešerše dostupných zdrojů k dané problematice, zejména v rovině druhů alternativních pohonů a způsobů a prostředků jejich hašení a následně za pomoci metody vícekriteriálního rozhodování budou na základě stanovených kritérií hodnoceny jednotlivé druhy nebo prostředky hašení konkrétního druhu alternativního pohonu. Způsob či prostředek, který z metody vyjde jako optimální bude popsán v metodě SWOT, aby byly znázorněny silné a slabé stránky hašení za pomoci daného prostředku, příležitosti k vývoji nebo jeho lepšímu využívání a také hrozby, které s využíváním konkrétního prostředku souvisejí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DRUHY ALTERNATIVNÍCH POHONŮ

Rozvoj automobilového průmyslu a vývoje a objevování pohonů, které by byly přívětivější k životnímu prostředí než běžné spalovací motory, způsobuje oblast alternativních pohonů velice rozsáhlou. Proto budou pro potřeby této práce vybrány jen některé druhy alternativních pohonů, a to:

- plynné pohony (LPG a CNG),
- vodíkové pohony,
- elektrické a hybridní pohony.

V této oblasti však není možné zmiňovat pouze automobily, v současné době totiž alternativním pohonem může disponovat prakticky jakýkoli druh dopravního prostředku, od těch nejmenších, jako jsou koloběžky, jízdní kola nebo různé druhy skateboardů, až po ty velké dopravní prostředky, kterými jsou letadla.

1.1 Plynné alternativní pohony

V kategorii plyných alternativních pohonů tyto pohony dělíme na vozidla s pohonem LPG a vozidla s pohonem CNG (3 základní rozdíly mezi LPG a CNG, 2020). Vozidla, využívající CNG nebo LPG paliva mají ve voze umístěny přepínače mezi jednotlivými palivovými soustavami, nebo využívají automatické přepínání. Tento přepínač se většinou nachází v kabině vozidla. Světové zásoby zemního plynu jsou natolik velké, že k jeho vyčerpání by došlo více než za století a půl (Záruba, 2008).

Hlavním rozdílem mezi LPG a CNG je jejich původ.

Zkratka LPG znamená Liquefied Petroleum Gas, čili zkapalněný ropný plyn, který vzniká při těžbě ropy jako vedlejší produkt. LPG je přepravován a tankován do nádrží automobilů v kapalném skupenství (3 základní rozdíly mezi LPG a CNG, 2020).

Zkratka CNG znamená Compressed Natural Gas, tedy stlačený zemní plyn. Navíc existuje také varianta BioCNG, což je stlačený biometan (3 základní rozdíly mezi LPG a CNG, 2020), který lze získávat také z organických materiálů nacházejících se například v čistíčkách odpadních vod nebo při živočišné výrobě, jako její vedlejší produkt (Kocián, 2021).

Dalším rozdílem mezi CNG a LPG pohonem je kvalita a výkon (3 základní rozdíly mezi LPG a CNG, 2020). Při využívání pohonu LPG je spalován zemní plyn, který tvoří součást

těžby ropy a kde samotná těžba znečišťuje životní prostředí (Kocián, 2021). Pokud je vozidlo přestavené na motor s pohonem na LPG ztratí část svého výkonu a jeho spotřeba navíc vzroste o zhruba 10 až 20 %. Výhodou je však cena přestavby auta na LPG, která může být až dvakrát levnější než v případě CNG, který může být ale klidně účinnější než benzinový motor. Z pohledu kvality paliva vyhrává CNG, které má předepsané oktanové číslo 130, na rozdíl od LPG, které dosahuje rozdílné jakosti paliva, které má v různých částech Evropy, a dokonce i České republiky, různé složení, které se liší i v různých ročních obdobích.

Výhodu u LPG představuje hustší síť čerpacích stanic, a to díky růstu popularity LPG v 90. letech minulého století. V současné době je možno LPG tankovat na více než 800 místech v České republice, u CNG je to zhruba o 600 stanic méně (3 základní rozdíly mezi LPG a CNG, 2020).

Kvůli svým vlastnostem není možné parkovat vozidla s pohonem na CNG nebo LPG v podzemních garážích, kde by případný požár nebo výbuch tlakové lahve mohl mít fatální následky.

1.1.1 Zkapalněný ropný plyn

Jeden z hojně využívaných alternativních zdrojů paliv je zkapalněný ropný plyn neboli LPG (Liquified Petroleum Gas). Hlavní složku LPG představuje směs propanu a butanu, která je těžší než vzduch (Ministerstvo vnitra – GŘ HZS ČR, 2017). Pohon ropným plynem LPG nejen, že vozidlu umožňuje uchovávat si své jízdní vlastnosti a schopnosti, ale také jeho běžný výkon, v režimu nízkých otáček má pak motor dokonce pružnější vlastnosti (Vlk, 2004). Tlakové nádoby bývají umístovány v zavazadlovém prostoru (Ministerstvo vnitra – GŘ HZS ČR, 2017).

Využívání LPG není zcela novodobou záležitostí, obliba využívání LPG k pohonu motorových vozidel se začala objevovat již ve druhé polovině 80. let minulého století. Palivo LPG totiž nabízí kvalitní vlastnosti pro vozidlové pístové spalovací motory, jako jsou například vysoká antidetonační odolnost nebo vysoká výhřevnost. Využívání LPG má také, na rozdíl od klasických spalovacích motorů, příznivější podmínky v dosahování nižších emisí výfukových škodlivin (Vlk, 2004).

1.1.2 Stlačený zemní plyn

Další z využívaných paliv je stlačený zemní plyn, tedy CNG z anglického Compressed Natural Gas. Hlavní složku CNG představuje metan, který je lehčí než vzduch. U vozidel,

využívajících tento typ pohonu bývá využíváno několika tlakových nádob, které jsou, v případě sériově vyráběných osobních a dodávkových automobilů, umístěny většinou ve spodní části podvozku, u nákladních automobilů jsou umístovány za kabinu a na střechách jsou tlakové nádoby umístovány v případě autobusů (Ministerstvo vnitra – GŘ HZS ČR, 2017).

Nádrže na stlačený zemní plyn CNG jsou vyvíjeny za přísných mezinárodních bezpečnostních požadavků s cílem, aby byla tato vozidla přinejmenším stejně bezpečná, jako vozidla s běžným spalovacím motorem (Lönnermark, Gehandler, neuvedeno).

1.2 Vodíkové alternativní pohony

V současné době nejsou dopravní prostředky, které by využívaly vodíkový pohon zatím tak rozšířené a využívané jako jiná vozidla s alternativními pohony. I přesto, že vodíkové automobily jsou zatím ve svých začátcích, jsou automobily, které vozidla s vodíkovým pohonem svým zákazníkům již běžně nabízejí, jedná se například o automobily značky Hyundai nebo Toyota (Mokříš, 2021).

Vodík při spalování na vzduchu produkuje čistou formu energie, i proto se v poslední době těší celosvětovému zájmu coby sekundární nosič energie. Energie v podobě vodíku je čistá, což vysvětluje zájem o něj do budoucna, zároveň se také jedná o nejrozšířenější prvek ve vesmíru, který je v porovnání s ostatními palivy velice lehký a lze jej, na rozdíl od elektřiny, snadno skladovat (Jain, 2009).

V mnoha ohledech představuje vodík bezpečnější palivo, než jsou ostatní, ale pravdou je, že všechna paliva jsou kvůli jejich vysoké chemické reakci nebezpečná, tudíž i vodík, ten má navíc oproti jiným palivům jedinečné vlastnosti, a tak je třeba s ním zacházet s velkou opatrností (Bisschop, 2019).

Ve své podstatě představují vozidla s vodíkovým pohonem další z variant elektromobilu, kdy ale energie není dodávána z pevných baterií, nýbrž z palivových článků, ve kterých se elektrochemicky rozkládá vodík za přítomnosti kyslíku a touto činností pak vzniká elektřina, která roztáčí kola a z výfuku vychází vodní pára (Jánský, 2019).

Vodíkový palivový článek je lidstvu znám již někdy od 60. let minulého století, zhruba od té doby byl využíván v kosmických lodích. I díky této zkušenosti je výhodou povědomí o možných rizicích nebo příležitostech jeho využívání (Mokříš, 2022).

Palivový článek tvoří desky z grafitu a vodivého kovu, mezi těmito součástkami se nachází membrána. Fungování vodíkového palivového článku probíhá tak, že z jedné strany je do článku vháněn vodík, ze kterého se na jeho aktivní vrstvě katalyzátoru oddělují protony, které následně procházejí přes membránu ke kovové desce, ke které je ventilátorem tlačěn kyslík. Při tomto procesu vzniká elektrický proud, který odvádí kovová deska, a voda, která odtéká pryč (Mokříš, 2022).

Jeden palivový článek popsaný v odstavci výše zvládne napětí 1,5 V, což se rovná jedné tužkové baterii, a tedy pro provoz automobilu je zapotřebí stovky takovýchto článků. S tím ale také souvisí nutnost ochlazování a pohon celého systému (Mokříš, 2022).

1.3 Elektrické, hybridní alternativní pohony

Vzhledem k tomu, že elektromobily nevypouštějí žádné emise, představují jedno z řešení, jak snížit míru znečištění ovzduší. Navíc díky tomu, že elektromobily neobsahují takové množství komponent jako běžná vozidla se spalovacím motorem, jsou náklady na údržbu těchto vozidel podstatně nižší (Marniati, 2020).

Stejně tak jako běžná vozidla se spalovacím motorem mají i vozidla s pohonem na elektřinu omezený dojezd množstvím paliva. V případě čistě elektromobilů však není potřeba plnit palivovou nádrž kapalinou, ale napájet baterii elektrickou energií. To lze učinit třemi způsoby, první představuje výměnu baterie za plně nabitou, další možností je bezdrátové nabíjení anebo nabíjení ze zásuvky.

V Evropě je v současné době nejrozšířenější variantou nabíjení ze zásuvky, které se řídí podle mezinárodní normy IEC 61851, která definuje čtyři režimy nabíjení.

První režim nabíjení počítá s připojením elektromobilu pomocí běžných domácích zásuvek a kabelů. Využívaný je zejména k nabíjení lehkých vozidel jako jsou například jízdní kola nebo skútry. Druhý režim představuje také nabíjení přes domácí zásuvky za pomoci speciálního kabelu s vestavěným nabíjecím zařízením. Třetí z režimů zahrnuje připojení elektromobilu k nabíjecí stanici prostřednictvím speciální zásuvky. Poslední režim je zároveň nejrychlejším režimem nabíjení a elektromobil je připojen k elektrické síti prostřednictvím nabíječky v mimopalubní nabíjecí stanici, která převádí střídavý proud na stejnosměrný uvnitř nabíjecí stanice (u ostatních způsobů je to uvnitř elektromobilu) (Bisshop, Willstrand, Amon, Rosengren, 2019).

Elektrický pohon

Elektrická vozidla disponují elektromotorem namísto spalovacího (How Do All Electric Cars Work?, neuvedeno). Automobilů, které by v současné době využívaly čistě elektrickou energii pro pohon, není až tolik, protože pořizovací cena takového vozidla je poměrně vysoká (Kocián, 2021). Jedním z největších rozdílů mezi vozidly se spalovacími motory a elektromobily je ten, že klasické automobily obsahují palivové čerpadlo, palivové vedení nebo palivovou nádrž (Částečka, 2021). Elektromobily jsou také poměrně náročné na výrobu, kde je potřeba investovat velkou energii na funkční prvky, kterými je například akumulátor, jehož výroba je tvořena na bázi lithiových baterií, a právě i těžba lithia zatěžuje životní prostředí (Kocián, 2021).

Naopak velká výhoda vozidel využívajících elektromotory je spatřována ve snadném spouštění, tichém chodu, jednoduché konstrukci a v tom, že vozidla téměř neznečišťují ovzduší (Vlk, 2004). Poslední výhoda však není až tak úplně jednoznačná, vozidla s elektrickým pohonem sice do ovzduší samy o sobě emise nevypouštějí, ale energie pro pohon těchto vozidel je tvořena v tepelných elektrárnách, jejichž provoz škodí ovzduší i životnímu prostředí (Kocián, 2021).

K napájení vozidla jsou využívány sady trakčních baterií a je potřeba, aby bylo vozidlo připojeno k zásuvce nebo nabíjecímu zařízení (How Do All Electric Cars Work?, neuvedeno). Elektromotor se umísťuje přímo do nápravy vozidla (Vlk, 2004), aby ale mohl celý elektromobil fungovat, je potřeba zkompletovat více částí. Hnací ústrojí je tvořeno z převodovky, z hnacích hřídelů a z diferenciálů s rozvodovkou.

Jednotlivé části, ze kterých je složen elektromobil:

- akumulátory, které uchovávají energii pro použití,
- přídatná baterie, která poskytuje elektřinu pro napájení příslušenství vozidla,
- elektromotor, který pohání kola vozidla za využití energie z akumulátorů,
- převodovka, která se stará o převod mechanické energie na pohon kol,
- jednotka řízení elektroniky, která reguluje tok elektrické energie, která je dodávána z akumulátorů do motoru, dále pak také řídí jednotka rychlost elektromotoru,
- nabíjecí port, který umožňuje připojení vozidla k nabíječce,

- stejnosměrný měnič, který se stará o snížení napětí stejnosměrného proudu ze sady akumulátorů, pro provoz příslušenství a pro dobití pomocné baterie vozidla.,
- palubní nabíječka, která se stará o převod střídavého proudu z nabíječky na stejnosměrný proud ukládaný v akumulátorech vozidla, dále pak palubní nabíječka sleduje hodnoty baterie, jako jsou napětí, proud nebo teplota a stav nabití,
- chladič systém, který se stará o regulaci a o udržování teploty všech částí vozidla s elektrickým pohonem (Částečka, 2021).

Typy elektromotorů

Podle různých hledisek můžeme dělit elektrické motory například na patkové, přírubové a vestavné v otázce tvaru motoru, dále je můžeme dělit podle způsobu chlazení, u motorů s nejnižším výkonem mohou být motory bez chlazení, otevřené motory pak disponují vlastní ventilací nebo mohou být motory s cizí ventilací. Další dělení je podle krytí, kde se zaměřuje na odolnost proti vlhkosti nebo prachu.

Poslední rozdělení se pak týká napájecího napětí. Tam elektrické motory rozdělujeme na:

- stejnosměrné motory,
- střídavé motory rozdělené,
- asynchronní motory,
- komutátorové motory,
- synchronní motory,
- krokové motory (SPŠ Lanškroun, neuvedeno).

Hybridní pohon

Elektrický pohon sice nabízí mnoho výhod, ale jeho výkon, dojezd a vysoká cena nepředstavují zcela ideální volbu. Alternativou, která je zároveň řešením, je hybridní pohon (Vlk, 2004). Vozidlo, které disponuje hybridním pohonem má kombinaci dvou pohonů, spalovacího a elektromotoru. Díky tomu má vozidlo palivovou nádrž a vysokonapěťové komponenty elektropohonu (Ministerstvo vnitra – GŘ HZS ČR, 2017).

Základ klasického hybridu tedy představuje nejčastěji benzinový spalovací motor ve spolupráci s elektromotorem. Při nižší rychlosti je možné využívat pouze čistě elektrinu, ale jen na velmi krátkou vzdálenost. Výhoda vozidel využívajících hybridní pohon je v tom, že

je uživatel vozidla zcela nezávislý na elektrické zásuvce, protože baterie jsou dobíjené během jízdy, a to za pomoci regenerativního brždění nebo motorem (Jánský, 2019).

Elektropohony hybridních vozidel se skládají z:

- soustavy baterií v pevném kovovém obalu,
- měniče napětí pro elektromotor,
- vysokonapěťových rozvodů, které jsou označovány oranžovou barvou a výstražným označením, které propojují elektromotor a vysokonapěťovou baterii,
- elektromotoru, na kterém je umístěný oranžový konektor s přívodem od měniče a baterie,
- soustavy elektrických kondenzátorů pro krátkodobou dávku elektrického proudu do elektromotoru (Ministerstvo vnitra – GŘ HZS ČR, 2017).

Baterie se nejčastěji nacházejí pod nebo za zadními sedačkami, v zavazadlovém prostoru, případně v podlaze pod ním nebo ve spodní části vozidla u zadní nápravy (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020).

1.3.1 Bezpečnost elektrovozidel

V otázce bezpečnosti elektrovozidel existuje velké množství protichůdných názorů. Na straně jedné panuje názor, že při hašení se musí hasiči potýkat s mnohem většími obtížemi, na straně druhé panuje názor, že jsou elektroauta bezpečnější než vozidla s běžným pohonem. Společnost Dekra provedla zkoušky elektromobilů – tzv. crash testy, kdy byly použity vozidla ve stáří 5-8 let. Testy byly provedeny u 4 vozidel pro čelní a boční náraz, přičemž byla zvolena rychlost pro čelní náraz 84 km/h a pro boční náraz 75 km/h. Při zkouškách nedošlo k požáru ani u jednoho z testovaných vozidel a také u každého z vozidel došlo k automatickému odpojení sítě s vysokým napětím.

Jiná studie hovoří o porovnání bezpečnosti v porovnání počtu požárů.

Pro tuto studii bylo zvoleno kritérium – počet požárů na 1 miliardu ujetých mil. Firma Tesla uvedla, že modely automobilky Tesla (300 tisíc vozidel) ujely celkem 7,5 miliard mil. Při tomto počtu najetých kilometrů došlo přibližně ke 40 požárům. Z této studie tedy vyplývá, že připadá cca 5 případů požáru na 1 miliardu ujetých mil vozidel společnosti Tesla. Národní asociace požární ochrany uvedla statistiku, ze které vyplývá, že u standartních motorů,

využívajících pohonné hmoty – nafta a benzín připadá 55 zaznamenaných požárů na 1 miliardu ujetých mil.

Pomocí komparace těchto dvou studií lze konstatovat, že počet požárů u běžných pohonů je větší, než u vozidel s elektrickým pohonem, a to více než desetkrát. Avšak nelze s jistotou říci, že by byly vozidla s elektrickým pohonem bezpečnější, vzhledem k tomu, že průběh hoření je odlišný a postupy pro hašení těchto vozidel jsou obtížnější (Malkovský Karl, Suchý, Thin, 2020).

2 HAŠENÍ DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ

Ročně jsou evidovány stovky případů, kdy začne hořet dopravní prostředek, povětšinou z důvodu technické závady, která je nejčastěji na elektroinstalaci nebo u výfukového potrubí. Možnou příčinou požáru může být také úmyslné zapálení (Michalíčková, neuvedeno).

V současné době je nutno rozlišovat, zda se jedná o požár prostředku se spalovacím motorem, či motorem alternativním, ty s alternativním pohonem, totiž mnohdy vyžadují jiný postup než běžné spalovací motory. Přesto, že pravděpodobnost vzniku požáru u vozidel s alternativním pohonem není nijak odlišná od pravděpodobnosti vzniku požáru vozidel se spalovacím motorem, je třeba brát v potaz, že pokud už k požáru vozidla s alternativním pohonem dojde, následky mohou být mnohem závažnější než v případě požáru vozidla se spalovacím motorem (Willstrand, Gehandler, Andersson, 2023).

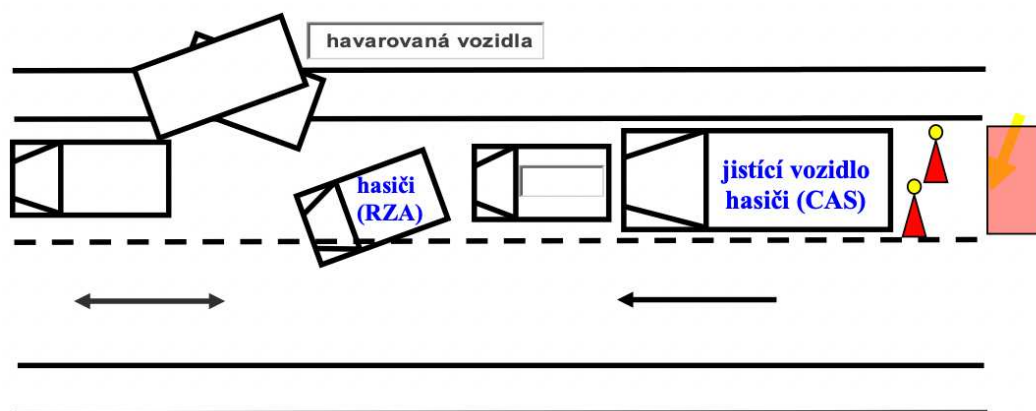
V případě požáru vozidla hrozí, a to bez ohledu na použité palivo, mnoho rizik například v podobě toxického kouře. S každým palivem jsou pak spojena zvláštní rizika (Lönnemark, Gehandler, neuvedeno).

Proto základní činností po příjezdu na místo zásahu je provést opatření, která povedou zejména k záchraně osob a zvířat, popřípadě snížení škod na majetku. Důležitou součástí je také omezení následků nehody působící na okolí. Prvotní činností, která vede k větší bezpečnosti jak zasahujících složek, tak účastníků dopravní nehody je správné ustavení techniky složek integrovaného záchranného systému. Jako nejvhodnější a nejbezpečnější řešení se jeví tzv. „nárazníkové postavení“ (viz. obrázek č. 1). Stěžejním bodem tohoto postavení je požární technika, které je vhodně ustavena, aby oddělovala místo zásahu a okolní provoz na silnici.

Prvním bezpečnostním prvkem ve směru jízdy je zvýraznění místa zásahu pomocí vizuálních prostředků, jimiž mohou být například zvláštní výstražná zařízení, výstražná oranžová světla na vozidlech, přenosné kužely, výstražné trojúhelníky. Dále je ve směru jízdy postaveno požární vozidlo, nejčastěji cisternová automobilová stříkačka – CAS. Před vozidlo CAS je možné postavit vozidlo Policie ČR.

Následovat může další vozidlo Hasičského záchranného sboru, popřípadě jednotky sboru dobrovolných hasičů, nejčastěji rychlý zásahový automobil – RZA. Toto vozidlo je možné zastavit tak, aby částečně zasahovalo i do vedlejšího jízdního pruhu pro zvýšení bezpečnosti zasahujících i pro snížení rychlosti ostatních účastníků silničního provozu. Před místo zásahu se většinou ustavuje technika Zdravotnické záchranné služby. Je tak činěno ze dvou důvodů,

jednak pro lepší a rychlejší transport pacientů a jednak pro větší bezpečnost zasahujících záchranářů.



Obrázek 1 – Nárazníkové postavení (MV GŘ – HZS ČR, 2017)

Pro zvýšení bezpečnosti zasahujících hasičů používají ti příslušníci, kteří usměrňují provoz reflexní vestu. Hasiči provádějící zásah již reflexní vestu mít nemusí, vzhledem k omezenému vstupu do pruhů s probíhajícím provozem.

Protipožární opatření prováděna pro předcházení vzniku požáru u dopravních prostředků je v první řadě odpojení akumulátoru automobilu či rozpojení elektrických obvodů. Mezi další opatření se řadí eliminace možných zdrojů, které by mohly iniciovat případný požár. Jedná se především o otevřený oheň, popřípadě zapálená cigareta. Jednotky požární ochrany pro případ vzniku požáru a možnosti rychlého zásahu připravují do dostupné vzdálenosti zavodněný útočný proud, přenosný hasicí přístroj, případně další potřebné prostředky (MV GŘ – HZS ČR, 2017).

2.1 Hašení spalovacích motorů

Vznik požáru u běžných spalovacích motorů může nastat nejčastěji v případě přehřátí nebo úniku paliva. Pro oheň jsou podstatné tři základní složky, kterými jsou palivo, které je zastoupeno naftou nebo benzinem, dále iniciační zdroj, který je poskytovaný motorem a poslední složku představuje kyslík, nacházející se v atmosféře. Pro zamezení hoření je zapotřebí jednu z těchto složek odstranit (Lear, 2020).

Při propuknutí požáru u vozidla se spalovacím motorem je zapotřebí neprodleně vozidlo zastavit, vypnout motor a opustit vozidlo, ideálně v prostoru, kde požár nezpůsobí další větší škody. Hašení před příjezdem hasičského záchranného sboru pak může zahájit sám účastník

silničního provozu za pomoci hasicího přístroje, pakliže ještě není požár příliš rozšířený, v tomto případě se pak využívá hasicí přístroj práškový (Michalíčková, neuvedeno).

U požáru osobních automobil dochází k velkému vzniku toxických zplodin, je tak způsobeno existencí syntetických materiálu v interiéru. Neméně toxickými jsou ale také pneumatiky či jinde se vyskytující gumové materiály. Pro co nejvíce efektivní hašení je zapotřebí zvolit vhodné hasební látky či přísady ke zvýšení hasebních účinků vody. Je vhodné regulovat množství použitého hasiva, aby nedocházelo k sekundárním škodám a nedocházelo ke zbytečnému plýtvání hasivem.

Mezi nejčastější příčiny vzniku požáru u automobilů se řadí závada na elektroinstalaci, kdy může k požáru dojít při jízdě nebo když je vozidlo odstaveno. Nejčastěji dochází ke vzniku požáru tam, kde je elektroinstalace vedena do kabiny vozidla. K požáru dochází například při poškození izolace, při nesprávně upevněném akumulátoru. K neméně častým požárům dochází také při dobíjení akumulátoru. Porucha na palivové soustavě může nastat v důsledku odpadnutí benzínové hadičky či při nedošroubování vstříků. V některých případech dochází ke vzniku požáru také při opravách, kdy je velká pravděpodobnost vyhoření celé garáže či autodílny. Jako další příčiny požárů jsou uváděny dopravní nehody či úmyslná zapálení (Türke, neuvedeno).

2.2 Hašení alternativních motorů

Vozidla využívající alternativních pohonů představují v otázce hašení jistou výzvu. Každé z těchto vozidel se totiž, vzhledem k jednotlivým vlastnostem, chová v případě vznícení trochu jinak a je tedy třeba k tomu tak přistupovat (Lear, 2020).

2.2.1 Hybridní a elektrický pohon

Automobil s hybridním pohonem se skládá na rozdíl od automobilů se spalovacími motory ze soustavy baterií, které mají zpravidla výstupní napětí s hodnotou 400 V, některé i více, dle modelu automobilu (GŘ MV – HZS ČR, 2017). Využívány jsou takzvané lithium-iontové baterie a v případě vzniku požáru se oheň velmi rychle šíří z jednoho článku na druhý (Lear, 2020). Hlavním problémem u lithium-iontových baterií je, že jednotlivé bateriové články, tvoří ucelený bateriový blok. Při zneužití hrozí, že se z bateriového článku může uvolňovat plyn, který se může vznítit nebo způsobit výbuch.

V případě, že budou překročeny mezní hodnoty napětí nebo teploty baterie, je zde riziko vnitřního zkratu, případně zvýšení vnitřní teploty, což bude vést k následnému selhání

akumulátorového článku v důsledku uvolnění hořlavého plynu, nebo k jeho shoření či explozi (Bisschop, 2019).

Tyto baterie jsou kryty v kovovém obalu a umístěny v zadních částech automobilů. Články jsou zapojeny sériově a elektrolyt je silně zásaditý, má vysoké pH a při kontaktu s ním hrozí nebezpečí poleptání. Druhou součástí je měnič napětí pro elektromotor. Vysokonapěťové kabely, které propojují vysokonapěťovou baterii s elektromotorem jsou barevně označeny oranžovou barvou. Součástí tohoto značení je i výstražné označení – trojúhelník s černým bleskem. V motorovém prostoru je k elektromotoru připojen oranžový konektor, který vede elektrickou energii z baterie a měniče napětí. Tyto typy automobilů jsou označovány zpravidla nápisem „Hybrid“ (viz. obrázek č. 2).

U některých automobilů je tento pohon označen specifickým znakem hybridního pohonu (viz. obrázek č. 3), nebo se používá označení písmena „h“ (viz. obrázek č. 4) u označení motoru daného automobilu. Takovéto označení se nejčastěji nachází na zadní části či boku automobilu a na motoru automobilu (GŘ MV – HZS ČR, 2017).



Obrázek 3 – Označení nápisem „Hybrid“ (GŘ HZS ČR, 2017)



Obrázek 4 – Označení znakem hybridního pohonu (GŘ HZS ČR, 2017)



Obrázek 2 – Označení písmenem „h“ (GŘ HZS ČR, 2017)

Při hašení automobilů s elektrickým pohonem neexistuje jen jeden způsob. Ve světě jsou rozšířeny tři metody, které se v praxi nejčastěji používají. Metody používané k hašení automobilů s elektrickým pohonem jsou vytvořeny tak, aby účinně vedly k omezení tepelného toku od akumulátoru elektromobilu.

Ochlazování

Hlavní princip metody ochlazování je použití mlhových proudnic, které vedou k omezení šlehajících plamenů a použití proudnic pro ochlazování akumulátoru z vnější strany akumulátoru automobilu (EVFIRESAFE.COM, neuvedeno). Cílem by mělo být ochlazení akumulátoru na teplotu okolí (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020). Výrobci automobilů je

tato metoda doporučována, avšak aplikace v praxi není tolik úspěšná (EVFIRESAFE.COM, neuvedeno), nejjednodušší variantou je totiž chladit akumulátory zevnitř, tedy aplikovat vodu rovnou mezi články akumulátoru (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020). Jako další nevýhoda je z praxe uváděna velká spotřeba vody, která může přesáhnout až 10 000 litrů na jeden automobil s elektrickým pohonem, přičemž voda, která je použita na toto hašení, může být kontaminovaná a takovou vodu je třeba zachytit a řádně dekontaminovat, což představuje zásadní problém především v blízkosti vodních toků.

S ohledem na různorodost konstrukce jednotlivých výrobců i modelů, je konstrukce jednou z komplikací při zásahu, proto je zapotřebí za pomoci termokamery zjistit, kde dochází k úniku tepla. Články jsou umístěné v obalu, který má krytí IP, tudíž je v podstatě vodotěsné. Při hašení se musí zasahující hasiči k automobilu přiblížit do nebezpečné blízkosti, což může způsobit větší riziko zranění (EVFIRESAFE.COM, neuvedeno).

Vysokotlaké hasicí zařízení Cobra

Další možností ochlazování akumulátoru automobilu je pomocí vstřikování vody do vnitřku baterie pomocí například pomocí vysokotlakého hasicího zařízení Cobra. Při tomto postupu dochází k narušení krytu akumulátoru, a tedy k lepšímu přístupu vody ke článkům akumulátoru – efektivnější ochlazování. I přes tyto pozitiva však není tato metody vždy plně účinná a hrozí zde vznik sekundárních škod, které mohou být nebezpečné pro zasahující jednotky požární ochrany. Hrozí zde poškození vodním proudem s abrazivem těch prvků, které svou funkcí zabraňují úrazu elektrickým proudem (Malkovský, Karl, Suchý, Thin). Navíc je v mnohých případech využití tohoto zařízení značně nepraktické, vzhledem k možnému nedostatku místa při manipulaci s ním (zdroj vlastní).

Sekundární škody mohou také nastat, při narušení nepoškozených článků, ze kterých jsou dále vyplavovány chemikálie. Mezi další problémy spojené s touto metodou, lze také zařadit reakci vody s alkalickými kovy v člancích akumulátoru (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020).

Vyhoření

Při tomto způsobu zdolávání požárů elektromobilů se nechá akumulátor vyhořet. Dochází ke spálení článků, které jsou pod napětím a poté vznikne bezpečnější kovový šrot. V případě vyhoření, je vyčerpána zbývající energie a tím je minimalizováno riziko sekundárního vznícení. I v tomto případě existuje nevýhoda – doba vyhoření je proměnlivá. Tato doba závisí na kapacitě akumulátoru, jeho stavu nabití, okolní teplotě a dalších faktorech. Je zde

také riziko znečištění ovzduší a je třeba hodnoty okolního ovzduší monitorovat. Z pohledu laické veřejnosti se může jevit tento zásah jako pasivní – jednotky požární ochrany nejsou tolik aktivní (EVFIRESAFE.COM, neuvedeno). Navíc tento způsob nelze využít v každém případě. Při hoření je totiž uvolňováno velké množství plynu, který je velmi toxický, není tedy možné nechat vozidlo vyhořet například v podzemní garáži nebo jakémkoli uzavřeném prostoru či v blízkosti obytné plochy (zdroj vlastní).

Hasicí plachta

Tento způsob hašení pomocí hasicí plachty (viz. obrázek č. 5) je založen na principu izolace, tedy že při zakrytí vozidla dojde k izolování hořícího vozidla od kyslíku obsaženého ve vzduchu. Ovšem při použití této metody zároveň dochází k velkému zahřátí nejen akumulátoru, ale celého vozidla. Velkou roli také hraje fakt, že akumulátory ve vozidlech obsahují také oxidační činidla, která způsobí, že použití hasicí plachty se stane neúčinné čímž dojde k ještě většímu zahřátí – termálnímu úniku, který může nadzvednout plachtu a ohrozit tím zasahující jednotky požární ochrany. Z těchto důvodů není možné tento způsob doporučit pro hašení vozidel s elektrickým pohonem (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020), a proto také není v podmínkách HZS ČR prakticky vůbec využíván (zdroj vlastní).



Obrázek 5 - Hasicí plachta (Toyota, neuvedeno)

Ponoření do kontejneru

Jedná se o metodu, kdy je elektromobil pomocí technických prostředků ponořen do speciálního kontejneru naplněného vodou (viz. obrázek č. 6) (EVFIRESAFE.COM). Využití této metody přichází v úvahu, pokud není jiná možnost chlazení akumulátoru (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020). Avšak z různých technických důvodů je zapotřebí, aby byl elektromobil ponechán v kontejneru s vodou po dobu několika dní (požary.cz, neuvedeno),

minimálně však 48 hodin (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020). Ponořením vozidla do kontejneru ale mohou vznikat výbušné plyny při elektrolýze, která vzniká průchodem stejnosměrného elektrického proudu vodou mezi elektrodami elektrické instalace vozidel, při této činnosti je pak možno pozorovat tzv. „microbubbling“, čili charakteristické šumění a bubláni, které je možno zachytit v těsné blízkosti ponořeného vozidla. Díky elektrolýze, která rozkládá molekuly na vodík a kyslík dochází k vybíjení akumulátorů a po jejich vybití k zastavení microbubblingu (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020).

Při umístění kontejneru je třeba počítat s únikem plynu z uzavřených částí vozidla a uzpůsobit tomu okolnosti. Vozidlo nemusí být v kontejneru ponořeno celé, pro uhašení stačí mít ponořeny akumulátory (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020). Velkou nevýhodou tohoto způsobu hašení je však potřeba velkého manipulačního prostoru. Kontejner je na místo přivezen prostřednictvím nosiče kontejneru, ze kterého je následně kontejner spuštěn na pevnou plochu, k naložení vozidla do kontejneru je zapotřebí vůz s hydraulickou rukou, u kterého je nutno počítat s potřebou prostoru i směrem do výšky (zdroj vlastní).



Obrázek 6 – Kontejner pro hašení elektromobilů (zdroj vlastní)

Z větší části je možno tyto kontejnery také použít na hašení pneumatik či jiného materiálu u kterého je obtížné provádět požární zásah. Tyto kontejnery jsou vybaveny úložnými prostory na nástavbě pro příslušenství. Kontejner je vybaven výklopným čelem v zadní části, které lze vyklopit ze 2/3 výšky kontejneru (požáry.cz, nevedeno). K hašení není zapotřebí speciálního kontejneru, stačí jakýkoliv kontejner, který lze utěsnit, k tomu je možno použít například nízko-expanzní pěnu, popřípadě velkou plachu (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020).

Použití CO₂

Přestože u požárů zařízení, která jsou pod elektrickým napětím je k hašení využíváno právě CO₂, u vozidel s elektrickým pohonem příliš využívaná tato metoda není, zejména kvůli její neefektivnosti. Hlavní hasební účinek CO₂ totiž spočívá v zředujícím efektu, ten se na volném prostranství může uplatnit pouze při aplikaci velkého množství. Dalším efektem CO₂ je efekt ochlazovací. Ten je sice pro zdolání požáru nejvíce potřeba, nicméně v tomto případě je zcela zanedbatelný.

K účinnému ochlazení baterie je nezbytné souvislé chlazení, a to v rádech až desítek minut, kdy ale náplň plynového hasícího automobilu nemusí být dostačující. I přes to je CO₂ pro hašení vozidel s elektrickým pohonem přijatelné (Malkovský, Karl, Suchý, Thin, 2020), nicméně ne příliš účinné, vzhledem k tomu, že dochází pouze k zamezení přístupu kyslíku, ale primární potřebou u hašení tohoto typu vozidel je ochlazování akumulátorů (zdroj vlastní).

Pojízdné vozíky

Požár vozidla s pohonem na elektřinu nebo hybridním pohonem může znamenat pro zasahující hasiče velkou komplikaci. S takovým vozidlem totiž není možné po vypnutí motoru manipulovat. Pro tyto situace byly hasiči z HZS Olomouckého kraje ve spolupráci se soukromou strojírenskou firmou vyvinuty speciální pojízdné vozíky, které umožňují manipulaci s vozidly v prostorech, kde je výškově nebo jinak omezený přístup pro větší techniku. Jedná se zejména o podzemní garáže, vícepodlažní parkovací objekty, parkovací domy nebo střešní parkoviště. Další výhodou těchto vozíků je také zamezení vzniku případných sekundárních škod při manipulaci s vozidlem (Balážová, 2021).

2.2.2 Pohon LPG a CNG

Zemní plyn obsahuje řadu složek, největší zastoupení má ale metan, který tvoří 60 až 90 % celkového objemu. Tato skutečnost je důležitá při zvažování bezpečnostních aspektů pro hasiče, kteří zasahují při požáru vozidel s pohonem na plyn.

Plán hašení by měl být předem dobře promyšlený, a ještě před samotným pokusem o zdolání požáru by měla být zvažována možnost, že se oheň nechá samovolně dohořet (Tackling Fire LNG Ships, neuvedeno).

Vozidla s pohonem LPG a CNG využívají jako označení nálepku „LPG“ nebo „CNG“ (viz. obrázky č. 7 a 8) v pravém horním nebo dolním rohu zadního skla, případně u plnicího hrdla (MV-GŘ HZS ČR, 2017).

Při zásahu u vozidel s pohonem LPG nebo CNG je zapotřebí v první řadě zjistit, o který z uvedených pohonů se jedná, zda o LPG nebo o CNG a kde a v jakém stavu jsou umístěny tlakové nádoby s plynem. Dále je nutno přesvědčit se, zda plyn uniká a kam, případně zda odhořívá a je nutno zhodnotit možnost výbuchu (GŘ MV – HZS ČR, 2017). Po celou dobu pak průběžně probíhá měření úniku plynu (zdroj vlastní).

Následně se postupuje podle toho, zda vozidlo hoří, či nikoliv.



Obrázek 8 – Značení vozidel s pohonem CNG (MV-GŘ HZS ČR, 2017)



Obrázek 7 – Značení vozidel s pohonem LPG (MV-GŘ HZS ČR, 2017)

Pokud vozidlo hoří, je potřeba:

- uzavřít přívod plynu z tlakových nádob (to lze zajistit vypnutím zapalování motoru, případně uzavřením na multifunkčního bezpečnostního ventilu, je-li to ještě možné),
- zabránit požáru dostat se k nádrži s plynem a tuto nádrž chladit,
- pakliže plyn již uniká a hoří, nechat jej vyhořet a souběžně s tím ochlazovat okolí a nádrž s plynem.

Pokud vozidlo nehoří, je třeba:

- stejně jako v případě, že hoří, uzavřít přívod plynu z tlakových nádob vypnutím motoru nebo uzavřením multifunkčního bezpečnostního ventilu,
- zamezit vzniku požáru odstraněním iniciačních zdrojů například odpojením akumulátorové baterie,
- zamezit výbuchu nebo hromadění plynu přetlakovou ventilací a odvětráváním prostor automobilu, kde je možnost hromadění unikajícího plynu (GŘ MV – HZS ČR, 2017).

V případě, že bude reálná první varianta, tedy, že bude vozidlo hořet, bude ve velké míře využit suchý prášek, ideálně z co největšího počtu dávkovačů. Nevýhodou tohoto suchého prášku je však absence vlastnosti chladicího účinku, je zde tedy reálná možnost opětovného

rozhoření (Tackling Fire LNG Ships, neuvedeno), proto není u HZS ČR hašení pomocí suchého prášku příliš obvyklé (zdroj vlastní).

Suchý prášek

Suchý prášek je dodáván ve velkých pevných zařízeních i v přenosných hasicích přístrojích. Pomocí pevných zařízení je pak možné hasit za pomoci dvou hadic.

Hašení vodou

Voda má schopnost urychlovat přeměnu kapaliny na plyn, proto není pro hašení vozidel s plyným pohonem příliš vhodná. Nicméně voda je důležitá k ochraně všech, kteří jsou v bezprostřední blízkosti požáru a slouží také jako chladicí prostředek pro okolní oblast (Tackling Fire LNG Ships, neuvedeno), pro vylepšení vlastností vody a zefektivnění požárního zásahu jsou k hašení využívány speciální proudnice RamboJet se smáčedlem (zdroj vlastní).

2.2.3 Vodíkový pohon

Vozidla využívající vodíkový pohon představují specifické riziko požáru. K požáru vodíku může dojít za přítomnosti kyslíku a zdroje vznícení. Barva plamenů je však bledě modrá čili téměř neviditelná a hořící vodík také nevytváří kouř, to znamená, že požár vodíku je velmi těžké vizuálně odhalit (Lear, 2020), navíc jsou plameny hořícího vodíku velice horké. Kromě toho nespálený vodík vytváří výbušné směsi vzduchu a plynu, které následně mohou být zapáleny i jen velmi slabými jiskrami. K detekování plamenů jsou využívány termokamery, případně hořlavé předměty, které se přidrží v blízkosti podezřelého plamene. Při zásahu je doporučováno přibližovat se k hořícím vodíkovým vozidlům z boku, vzhledem k tomu, že plameny, dosahující mnohokrát až metrové výšky, směřují dozadu nebo dopředu. Nicméně tento způsob není vždy možno využít, protože častokrát stojí auto tak, že je přístup z boku hasičům zablokovan (What to do when hydrogen vehicles burn?, 2020).

Co se týče hašení těchto vozidel, postupy jsou podobné jako u hašení vozidel s pohonem na plyn. Pokud je to možné, probíhá snaha o eliminaci plynu, případně se nechá palivo kontrolovaně vyhořet. Pakliže není požár ještě příliš rozšířen, je možné využít k hašení hasicí přístroj na bázi suchého prášku, oxidu uhličitého anebo halonový hasicí přístroj. Po uhašení požáru vodíku je zapotřebí zkontrolovat odpojení zdroje paliva, a to, pokud není odpojeno může znovu vzplanout. V případě, že zdroj paliva odpojit nelze, nechává se oheň kontrolovaně dohořet a za pomoci velkého množství vody je zároveň ochlazováno okolí, aby se požár nemohl přemístit (Lear, 2020).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

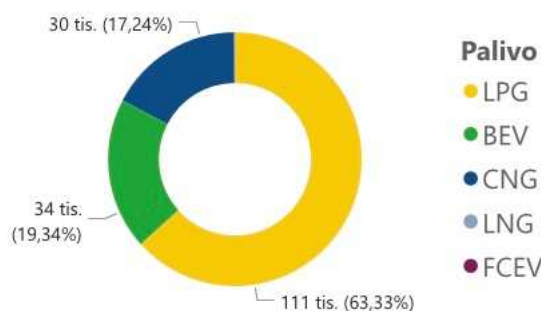
Přímo úměrně se zvyšujícím se počtem vozidel s alternativním pohonem se zvyšuje také množství požárů, které mohou, v jakémkoli důsledku, u vozidel s tímto typem pohonu nastat. Úkolem zasahujících u těchto typů požárů je být dostatečně připraveni a vybaveni.

Následující podkapitoly přiblíží početní stav vozidel s alternativním pohonem v ČR a také vybavenost HZS ČR některými ze speciálních prostředků pro hašení vozidel s alternativním pohonem.

3.1 Aktuální početní stav vozidel s alternativním pohonem v ČR

I přes to, že se v současné době zatím Česká republika nedá považovat za velmoc v oblasti alternativních pohonů u dopravních prostředků, můžeme těchto vozidel na silnicích vidat stále více.

Nejzastoupenějším druhem alternativního pohonu je v České republice v současné době pohon LPG čili zkapalněný ropný plyn, a to i díky realizovaným přestavbám z vozidel využívajících běžné palivo jako je benzín, právě na vozidla využívající pohon LPG (Hybrid.cz, 2023), druhý nejvyužívanější druh alternativního pohonu představují elektrická auta, za kterými je v závěsu pohon CNG (viz. obrázek č. 9)



Graf 1 - Podíl registrovaných vozidel v ČR
(Čistá doprava, 2024)

Vozidla na LPG

Pohon LPG se u občanů České republiky těší stále větší oblibě. V roce 2022 u nás přibylo kolem 4 000 kusů automobilů s tímto alternativním pohonem, což představuje 76procentní nárůst. Ve skutečnosti ale pohon LPG začal být využíván u mnohem většího množství vozidel – velké zastoupení zde totiž mají také přestavby, v tomto roce se jednalo zhruba o 6 500 takovýchto vozů. O deset let dříve, v roce 2012 byla přestavba provedena u zhruba 18 tisíc vozidel (Rubešová, 2023).

Vozidla na CNG

Vozidla s pohonem na CNG, tedy stlačený zemní plyn, na rozdíl od těch na LPG zaznamenávají citelný úbytek poptávky. V první polovině loňského roku (2023) bylo zaregistrováno pouhých 459 vozidel s pohonem CNG, jedná se o nejmenší nárůst za posledních 10 let. Osobních vozidel s pohonem CNG bylo k 31. 12. 2023 registrováno celkem 22 986, dalších 7 073 vozidel představují zejména autobusy s tímto pohonem.

Kvůli snižující se poptávce po vozidlech s pohonem CNG přistoupila automobilka Škoda k poměrně radikálnímu řešení a rozhodla skončit s jejich výrobou a zaměřit se na výrobu elektromobilů, o které se zájem naopak zvyšuje (Kozelka, 2023).

Vozidla na elektřinu

Jak zmiňuje kapitola výše, vozidla s pohonem na elektřinu dostávají stále více prostoru, kterému se jím dostává zvláště díky množství veřejných dobíjecích bodů, jejichž počet navíc stále roste. Země Evropské unie provozují více než 630 tisíc takovýchto dobíjecích bodů. Česká republika pak pro své uživatele disponuje 4 600 dobíjecími body, což je 13. nejvyšší počet v porovnání s ostatními zeměmi Evropské unie.

Celkově je v České republice registrováno téměř 22 500 osobních elektromobilů, i tak za ostatními zeměmi Evropské unie v počtu registrací spíše pokulháváme. Vedoucí sekce Emobility Pražské energetiky se nechal slyšet, že: *„Současná kapacita veřejné dobíjecí infrastruktury v České republice je zatím zcela dostačující. To ovšem neznamená, že bychom měli polevit v jejím rozšiřování a posilování, protože uživatelů bateriových aut stále přibývá.“* (Havlín, 2024).

Vozidla na vodík

Vozidla s pohonem na vodík jsou v současnosti zatím stále spíše raritou, i přesto se počet registrací těchto druhů vozidel zvyšuje. Zatímco v roce 2021 to v České republice byla pouhá 3 vozidla (Klímová, 2023), v polovině roku 2023 to bylo celkem 24 vozidel. Nejvíce registrovaných vozidel bylo v Praze, celkem 18, zbylá vozidla byla registrována v Moravskoslezském, Středočeském a Karlovarském kraji.

Vodíkovými plnicími stanicemi zatím disponují pouze Praha a Ostrava, u těch ale uživatelé stráví podstatně méně času než například u dobíjecích stanic elektromobilů, doba doplnění vodíku totiž není delší než 5 minut (ČTK, 2023).

3.2 Aktuální stav vybavenosti prostředků HZS ČR pro hašení vozidel s alternativními pohony

Pokud se příslušníci HZS ČR rozhodnou při zásahu u požáru vozidla s alternativním pohonem pro jakoukoli jinou variantu, než že vozidlo nechají kontrolovaně vyhořet, budou muset pro hašení využít některý z dostupných prostředků pro hašení takovýchto vozidel.

Vybavenost hasicím systémem Cobra a přívěsem CO₂

Hasicím systémem Cobra disponuje každá z centrálních stanic HZS ČR, tedy v každém ze 14 krajů se nachází minimálně jeden tento hasicí systém, v některých případech jsou tímto systémem vybavena také vozidla CAS, která se nachází i na pobočných stanicích. Přívěs CO₂ je k dispozici již u většího množství stanic, ale ani v tomto případě jím nedisponuje každá. Pro bližší představu vybavenosti je zpracována tabulka č. 1, znázorňující vybavenost hasicím systémem Cobra, přívěsem CO₂ a kontejnerem pro hašení elektromobilů na stanicích HZS ČR v Plzeňském kraji, přičemž křížek v tabulce znamená přítomnost daného prostředku.

Tabulka 1 – Vybavenost hasicím systémem Cobra, přívěsem CO₂ a kontejnerem pro hašení elektromobilů (zdroj vlastní)

Územní obvod	Stanice	Vybavenost		
		Cobra	CO ₂	Kontejner
Domažlice	Domažlice	X	X	
	Staňkov			
Klatovy	Klatovy	X	X	
	Sušice		X	
	Žel. Ruda			
Plzeň	Košetka	X	X	X
	Slovany			
	Střed			
	Přeštice		X	
	Nepomuk			
	Plasy		X	
	Nýřany			
Rokycany	Rokycany		X	
	Radnice			
Tachov	Tachov		X	
	Stříbro			

Obrázek č. 9 zobrazuje rozložení stanic HZS ČR v Plzeňském kraji.



Obrázek 9 – Rozložení stanic HZS ČR – Plzeňský kraj (HZS Plzeňského kraje, neuvedeno)

Vybavenost HZS ČR kontejnerem pro hašení elektromobilů

Jednou z možností hašení je hašení za pomoci speciálního kontejneru pro hašení elektromobilů. Problémem však je, že v současné době celkem 6 krajů těmito kontejnery vůbec nedisponuje, jedná se o kraje Liberecký, Pardubický, Vysočina, Jihomoravský, Olomoucký a Zlínský.

Kontejnerem pro hašení elektromobilů pak také nedisponuje Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství HZS ČR. Zbylé kraje vlastní minimálně jeden kontejner, s výjimkou Středočeského a Karlovarského kraje, kde jsou dislokovány dva kontejnery, o jeden více má pak kraj Jihočeský. Záchraný útvar v Hlučíně, Jihlavě i ve Zbiroze mají ve svém vlastnictví po jednom kontejneru (viz. tabulka č. 2).

Pro rok 2024 je plánováno zakoupení hned 8 kontejnerů a to tak, aby byl v každém z krajů České republiky alespoň jeden.

Jedná se o velkou investici, vzhledem k tomu, že pořizovací cena jednoho takového kontejneru se pohybuje v řádech sta tisíců, nicméně jejich pořízení by do budoucna mohlo Hasičskému záchrannému sboru České republiky výrazně pomoci.

V tabulce č. 2 lze vidět, jaký kraj ČR disponuje kolika kontejnery a počet kontejnerů, které je u nich v plánu v roce 2024 nakoupit.

Tabulka 2 – Počet kontejnerů pro hašení elektromobilů (Slabý, 2023)

HZS ČR a organizační složky HZS ČR	pořízené	plánované
HZS hlavního města Prahy	1	0
HZS Středočeského kraje	2	0
HZS Jihočeského kraje	3	0
HZS Plzeňského kraje	1	0
HZS Karlovarského kraje	2	0
HZS Ústeckého kraje	1	0
HZS Libereckého kraje	0	1
HZS Královéhradeckého kraje	1	0
HZS Pardubického kraje	0	1
HZS Kraje Vysočina	0	2
HZS Jihomoravského kraje	0	1
HZS Olomouckého kraje	0	1
HZS Zlínského kraje	0	1
HZS Moravskoslezského kraje	1	0
MV-GŘ HZS ČR	0	1
Záchranný útvar HZS ČR – Hlučín	1	0
Záchranný útvar HZS ČR – Jihlava	1	0
Záchranný útvar HZS ČR – Zbiroh	1	0
Počet celkem	15	8

3.3 Požáry dopravních prostředků s alternativním pohonem

Z pohledu Hasičského záchranného sboru České republiky nejsou ve statistikách případů hoření vozidel s alternativním pohonem vozidla rozlišována na osobní, dodávková či jednostopá vozidla a všechna jsou zařazena do stejné kategorie, což může v případě některých průzkumů vytvářet mylné domněnky. Tato práce se však zabývá požáry vozidel

s alternativním pohonem obecně čili je pro tuto práci tato statistika dostačující. Data jsou srovnávána z let 2018 až 2022, za rok 2023 jsou pak uváděna data z prvních 10 měsíců.

Požáry vozidel s pohonem CNG

Požáry vozidel s pohonem CNG jsou nejméně častá a v součtu se jich v uvedených letech událo nejméně, v průměru zhruba 7 požárů ročně. Nejméně požárů bylo zaznamenáno v roce 2021, kdy se jednalo o pouhé 3 požáry vozidel s pohonem CNG, nejvíce to bylo v prvních 10 měsících roku 2023, kdy hořelo 14 vozidel s pohonem CNG, a i proti předcházejícímu roku se jednalo o nárůst.

Požáry vozidel s pohonem LPG

U vozidel s pohonem LPG byly požáry o něco běžnější než u předchozí kategorie, v průměru v letech 2018-2023 hořelo 80 vozidel ročně. Nejvíce požárů těchto vozidel bylo zaevidováno v roce 2019, jednalo se o 99 vozidel. Nejméně to pak bylo v prvních 10 měsících roku 2023, kdy bylo vykázáno celkem 63 požárů vozidel s pohonem LPG.

Požáry vozidel s elektrickým pohonem

Vozidla s pohonem na elektřinu mezi zmíněnými lety sice nebyla nejčastější skupinou hořících vozidel, nicméně rozdíl mezi rokem 2022 a prvními 10 měsíci roku 2023 byl dvojnásobný ve prospěch loňského roku, zatímco rok 2022 zaznamenal 21 požárů vozidel s elektrickým pohonem, v roce 2023 to bylo 42. Nárůst souvisí také s růstem počtu vozidel využívajících elektřinu jako svůj pohon.

Požáry vozidel s hybridním pohonem

Průměr požárů mezi lety 2018 a prvními 10 měsíci roku 2023 u vozidel s hybridním pohonem byl zhruba 5 požárů ročně. Jeden jediný požár se odehrál v roce 2018, rok 2022 zaznamenal požárů nejvíce, a to celkem 10.

Požáry vozidel s pohonem na vodík

V této kategorii zatím nebyl zaznamenaný jediný požár, což je důvodem toho, že první vozidla s pohonem na vodík se v České republice objevila až kolem roku 2021 a v současnosti je v České republice registrováno jen něco málo přes dvě desítky těchto vozidel.

3.4 Požáry dopravních prostředků se spalovacím motorem

Tato kapitola, stejně jako kapitola 3.3 porovnává požáry vozidel, tentokrát se spalovacím motorem, za stejné časové období čili roky 2018 až prvních 10 měsíců roku 2023.

Požáry vozidel s pohonem na benzin

Požáry vozidel s pohonem na benzin byly registrovány mnohem častěji než u vozidel s alternativními pohony, pochopitelně zejména kvůli vyšší četnosti jejich zastoupení. Nejvíce požárů zaznamenal rok 2018, jednalo se celkem o 873 případů, nejméně to bylo v prvních 10 měsících roku 2023, celkem 632 požárů.

Požáry vozidel s pohonem na naftu

U této kategorie vozidel jsou statistiky obdobné jako u předchozí kategorie vozidel s pohonem na benzin. V průměru se událo 694 požárů, nejvíce v roce 2018, to bylo 609 požárů. Nejméně požárů vozidel s pohonem na naftu vykázal rok 2022 s konečným číslem 768 požárů.

4 POROVNÁNÍ ZPŮSOBŮ A PROSTŘEDKŮ URČENÝCH PRO HAŠENÍ VOZIDEL S ALTERNATIVNÍM POHONEM

Vybranou metodou porovnání způsobů a prostředků, které jsou určeny pro hašení vozidel s alternativním pohonem je metoda vícekritériálního rozhodování, a to konkrétně bodovací metoda, kde se určují body jednotlivých kritérií na základě jejich důležitosti. Každému z kritérií je přidělena váha podle jeho významu. Následně se zjistí, která z variant obdržela v závislosti na váhu kritéria nejvyšší počet bodů. Takováto varianta je pak považována za nejlepší.

4.1 Vícekritériální rozhodování – hašení elektrických a hybridních pohonů

Pro hodnocení hašení této skupiny alternativních pohonů byly zvoleny kritéria, pro každé z nich byla následně zvolena váha v podobě desetinného čísla, a to tak, aby všechny váhy dohromady v součtu činily 1. Kritéria a váhy byly určeny následovně:

- rychlost uhašení – 0,1,
- bezpečnost hasičů – 0,3,
- vliv na životní prostředí (dále ŽP) – 0,3,
- ohrožení bezprostředního okolí – 0,2,
- dostupnost hasicího prostředku – 0,1.

Zkoumané prostředky hašení jsou:

- kontejner pro hašení elektromobilů,
- ochlazování,
- hasicí plachta,
- vyhoření,
- hašení pomocí CO₂.

Po zvolení kritérií a druhů prostředků pro hašení byla vytvořena tabulka (viz. tabulka č. 3), do které bylo zapisováno hodnocení jednotlivých druhů prostředků na základě vybraných kritérií. Hodnoceno bylo prostřednictvím čísel od 1 do 5, kdy:

- rychlost uhašení – 1 = nejpomalejší, 5 = nejrychlejší,
- bezpečnost hasičů – 1 = nejméně bezpečné, 5 = nejbezpečnější,
- vliv na životní prostředí – 1 = nejvíce ohrožující, 5 = nejméně zatěžující ŽP,
- ohrožení bezprostředního okolí – 1 = nejvíce ohrožující, 5 = nejméně ohrožující,

- dostupnost hasicího prostředku – 1 = nejméně dostupný, 5 = nejdostupnější.

Tabulka 3 – Tabulka k vícekriteriálnímu rozhodování hašení elektrických a hybridních pohonů (zdroj vlastní)

Druh prostředku	Kritérium				
	Rychlost uhašení	Bezpečnost hasičů	Vliv na ŽP	Ohrožení okolí	Dostupnost HP
Kontejner	1	4	5	5	2
Ochlazování	4	3	1	2	4
Hasicí plachta	5	1	4	4	1
Vyhoření	2	5	2	1	5
CO ₂	3	2	3	3	3
Váha	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1

Jako nejrychlejší způsob hašení bylo zvoleno hašení za pomoci hasicí plachty, která v případě ne příliš rozvinutého požáru může hoření téměř okamžitě zastavit. Nejpomalejší varianta hašení byla označena u hašení za pomoci kontejneru, kde je zapotřebí ponechat automobil v řádu desítek hodin, než dojde k jeho úplnému uhašení.

U kritéria bezpečnosti hasičů byla zhodnocena nejlépe varianta vyhoření, kdy je sice zapotřebí přítomnost hasičů, ale není potřeba jejich přímý kontakt s vozidlem. Největší ohrožení naopak nastává při využívání hasicí plachty.

Vozidla s alternativním pohonem jsou často spojována s jejich kladným vlivem na životní prostředí, v případě jejich požáru to ale tak vždy není. Nejméně životní prostředí ohrožuje podle hodnocení hašení za pomoci kontejneru, kdy sice vzniká velké množství kontaminované vody, která je ale zachytávána, na rozdíl od hašení systémem ochlazování, kdy voda může nekontrolovatelně odtékat a případně kontaminovat okolí.

Kritérium „ohrožení okolí“ v hodnocení opět vyšlo nejlépe pro hašení za pomoci kontejneru, v případě, kdy je vozidlo do něj uloženo, nemělo by být jeho okolí jakkoli ohroženo, nejnebezpečnější způsob pro okolí je však vyhoření, které, i když probíhá pod dozorem hasičů, může náhle například vlivem povětrnostních podmínek, přenést požár na okolní objekty.

V dostupnosti hasicích prostředků získalo nejvyšší počet bodů vyhoření, u kterého není zapotřebí speciálního vybavení, nejméně získala hasicí plachta, se nemusí běžně objevovat ve vybavení vozu, nejméně bodů hned po plachtě obdržel kontejner pro hašení elektromobilů, kterým v současné době disponuje jen několik krajů (viz tabulka č. 1).

Následovalo vyhodnocení, kde bylo zapotřebí vynásobit udělené body se zvolenou váhou u každého z prostředků a jeho kritérií (viz. tabulka č. 4).

Tabulka 4 – Tabulka hodnocení vícekriteriálního rozhodování – vozidla s pohonem na elektřinu a hybridní vozidla (zdroj vlastní)

Druh prostředku	Kritérium					Výsledek
	Rychlost uhašení	Bezpečnost hasičů	Vliv na ŽP	Ohrožení okolí	Dostupnost HP	
Kontejner	0,1	1,2	1,5	1	0,2	4
Ochlazování	0,4	0,9	0,3	0,4	0,4	2,4
Hasicí plachta	0,5	0,3	1,2	0,8	0,1	2,9
Vyhoření	0,2	1,5	0,6	0,2	0,5	3
CO ₂	0,3	0,6	0,9	0,6	0,3	2,7
Váha	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	

Na základě tabulky č. 4 lze určit, že za nejvhodnější variantu z hlediska rychlosti uhašení, bezpečnosti hasičů při zásahu, vlivu na životní prostředí, ohrožení okolí a dostupnosti prostředku, byl zvolen kontejner pro hašení elektromobilů (viz. obrázek č. 6).

4.2 Vícekriteriální rozhodování – hašení plynových a vodíkových pohonů

Protože hašení plynových i vodíkových pohonů probíhá za pomoci stejných hasicích prostředků, budou tyto dva druhy pohonů vyhodnocovány za pomoci jednoho vícekriteriálního rozhodování.

K vyhodnocení skupiny těchto alternativních pohonů bylo užito stejného postupu, kritérií i vah, jako u předchozí kapitoly. Rozdíl je v druhu prostředku hašení a v rozsahu bodů, podle kterých bylo hodnoceno.

V tomto případě jsou prostředky hašení:

- suchý prášek,
- voda,
- vyhoření.

Body byly udělovány na stupnici od 1 do 3, kdy:

- rychlost uhašení – 1 = nejpomalejší, 3 = nejrychlejší,
- bezpečnost hasičů – 1 = nejméně bezpečné, 3 = nejbezpečnější,
- vliv na životní prostředí – 1 = nejvíce ohrožující, 3 = nejméně zatěžující ŽP,

- ohrožení okolí – 1 nejvíce ohrožující, 3 = nejméně ohrožující,
- dostupnost hasicího prostředku – 1 = nejméně dostupná, 3 = nejvíce dostupný.

Tabulka 5 – Tabulka k vícekritériálnímu rozhodování hašení plynových a vodíkových vozidel (zdroj vlastní)

Druh prostředku	Kritérium				
	Rychlost uhašení	Bezpečnost hasičů	Vliv na ŽP	Ohrožení okolí	Dostupnost HP
Suchý prášek	3	1	3	2	3
Voda	2	2	2	3	3
Vyhoření	1	3	1	1	3
Váha	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1

V případě hašení vozidel s pohonem na plyn nebo na vodík bylo za nejrychlejší variantu hašení zvoleno hašení za pomoci suchého prášku, nejdéle podle hodnocení trvá kontrolované vyhoření vozidla.

Kontrolované vyhoření vozidla naopak ale obdrželo nejvíce bodů v případě bezpečnosti hasičů v místě zásahu, nejméně bezpečné je podle tabulky č. 5 hašení za pomoci suchého prášku.

Hodnocení v případě kritéria „vliv na životní prostředí“ dopadlo bodově stejně jako u „rychlosti uhašení“. Nejnižší dopad na životní prostředí má podle hodnocení hašení suchým práškem, nejnebezpečnější je životnímu prostředí vyhoření.

Při hodnocení ohrožení okolí byl zjištěn nejvyšší vliv u kontrolovaného vyhoření, které přesto, že, stejně jako u vozidel s elektrickým a hybridním pohonem, probíhá pod dohledem hasičů, tak může, jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, vlivem povětrnostních podmínek změnit svůj stav a ohrozit tak své bezprostřední okolí.

Zajímavá situace nastala v případě hodnocení dostupnosti hasicího prostředku. V tomto případě jsou totiž všechny tři prostředky dostupné úplně stejně – suchý prášek i voda představují běžné vybavení hasičských vozů a ani k vyhoření není zapotřebí speciálního vybavení, všem třem prostředkům pro hašení byl tedy udělen stejný, nejvyšší počet bodů čili 3 (viz. tabulka č. 5).

Následně opět proběhlo vyhodnocení za postupu vynásobení bodů s váhou u každého ze tří prostředků hašení a u každého jeho kritéria (viz. tabulka č. 6).

Tabulka 6 – Tabulka hodnocení vícekritériálního rozhodování – vozidla s pohonem na plyn a vodík (zdroj vlastní)

Druh prostředku	Kritérium					Výsledek
	Rychlost uhašení	Bezpečnost hasičů	Vliv na ŽP	Ohrožení okolí	Dostupnost HP	
Suchý prášek	0,3	0,3	0,9	0,4	0,3	2,2
Voda	0,2	0,6	0,6	0,6	0,3	2,3
Vyhoření	0,1	0,9	0,3	0,2	0,3	1,8
Váha	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	

Jak vyplývá z tabulky č. 6, za nejvhodnější způsob, při zohlednění kritérií rychlosti uhašení, bezpečnosti hasičů, vlivu na životní prostředí, ohrožení okolí a dostupnosti hasicího prostředku, a při zohlednění jejich přidělených vah, byl zvolen způsob hašení vodou, nejméně vhodný způsob byl vyhodnocen způsobem prostřednictvím kontrolovaného vyhoření.

5 SWOT ANALÝZA ZPŮSOBŮ A PROSTŘEDKŮ HAŠENÍ PODLE VÝSLEDKŮ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ

Předchozí kapitola na základě vícekritériálního rozhodování popsala nejlepší způsob hašení vozidel ve dvou kategoriích. Jedna kategorie zahrnovala vozidla s pohonem na elektřinu a hybridní vozidla, druhá kategorie zkoumala nejlepší způsob hašení u vozidel s pohonem na plyn a na vodík.

K lepšímu zhodnocení výhod a nevýhod využívání vítězného způsobu či prostředku hašení bude v této kapitole zhodnoceno jejich výhod a nevýhod a příležitostí a hrozeb na základě SWOT analýzy.

SWOT analýza je používána k vyhodnocení stavu z pohledu různých hledisek, a to silných stránek, slabých stránek, příležitostí a hrozeb. Výsledkem SWOT analýzy je volba jedné ze čtyř strategií – ofenzivní, defenzivní, spojenectví a úniku nebo likvidace, podle které se následně vývoj v dané oblasti ubírá.

Z metody vícekritériálního rozhodování jako nejlepší způsob pro první kategorii – vozidla s pohonem na elektřinu a hybridní vozidla, byl za nejlepší prostředek pro hašení zvolen kontejner pro hašení elektromobilů, ten bude následně rozebrán ve SWOT analýze v kapitole 5.1.

U kategorie vozidla s pohonem na plyn a na vodík bylo za optimální variantu vybráno hašení pomocí vody. Tento způsob hašení popíše analýza v kapitole 5.2.

Jednotlivá analýza popíše 5 silných a 5 slabých stránek a stejný počet příležitostí a hrozeb. Ty budou následně hodnoceny pomocí tabulky, kde bude každému z parametrů přidělen určitý počet bodů.

U silných stránek a příležitostí se body budou pohybovat v rozmezí od 1 do 5. Slabé stránky a hrozby hodnotí body od -1 do -5. Každému z parametrů bude kromě bodů udělena také váha podle důležitosti daného parametru, ta bude udělována v rozmezí od 0,1 do 0,9, tak, aby součet všech vah u jednotlivých kategorií byl 1.

5.1 SWOT analýza – elektrovozidla a hybridní vozidla

Tato analýza se týká hašení vozidel s pohonem na elektřinu a hybridních vozidel. V metodě vícekritériálního rozhodování byl za nejlepší variantu hašení těchto druhů alternativních pohonů zvolen speciální kontejner pro hašení elektromobilů (viz. obrázek č. 6).

Za silné stránky bylo zvoleno:

- nízký stupeň ohrožení zasahujících, kdy po vložení vozidla do kontejneru prakticky nedochází ke kontaktu zasahujících hasičů s vozidlem a nejsou bezprostředně ohroženi,
- nenáročnost na postup hašení – po vložení vozidla do vodní lázně není zapotřebí žádných dalších postupů k podpoření uhašení vozidla,
- účinnost zásahu – účinnost uhašení za pomoci kontejneru se dá považovat za téměř stoprocentní i díky délce tohoto úkonu,
- neohrožení bezprostředního okolí – díky odizolování vozidla pomocí kontejneru nedochází k přímému ohrožování okolního prostředí,
- možnost inovativního přístupu – v souvislosti se současným rozvojem elektromobility a oblasti alternativních pohonů je v tomto odvětví velký prostor pro inovaci a vylepšování.

Jako slabé stránky analýza uvádí:

- nedostatečné množství kontejnerů – přesto, že v roce 2024 je plánováno zakoupení hned osmi kontejnerů (viz. tabulka č. 1), s rostoucím počtem elektrovozidel a vozidel s hybridním pohonem se může současný početní stav kontejnerů ukázat jako nedostačující,
- nerovnoměrnou dislokaci – s nedostatečným množstvím kontejnerů koresponduje také jejich nerovnoměrné umístění na hasičských stanicích v České republice, jak říká tabulka č. 1, v roce 2024 je plánováno opatřit kontejnerem každý ze 14 krajů České republiky, nicméně zatím se jedná stále pouze o plán, který však i v případě uskutečnění nezaručuje dostačující rozmístění,
- velkou spotřebu vody – na zlikvidování požáru vozidla s elektrickým nebo hybridním pohonem se spotřebuje obrovské množství vody v řádech tisíců litrů,
- kontaminaci vody – u vody, kterou bylo vozidlo hašeno, dochází ke kontaminaci, která pak musí být ekologicky zlikvidována, takováto služba se pohybuje v desítkách tisíc korun,
- finanční náročnost – hašení za pomoci kontejneru je nákladné od počátku až do konce, cena kontejneru dosahuje částky skoro jeden milion korun, poté je zapotřebí

obrovské množství vody jejíž následná ekologická likvidace je také velice finančně nákladná.

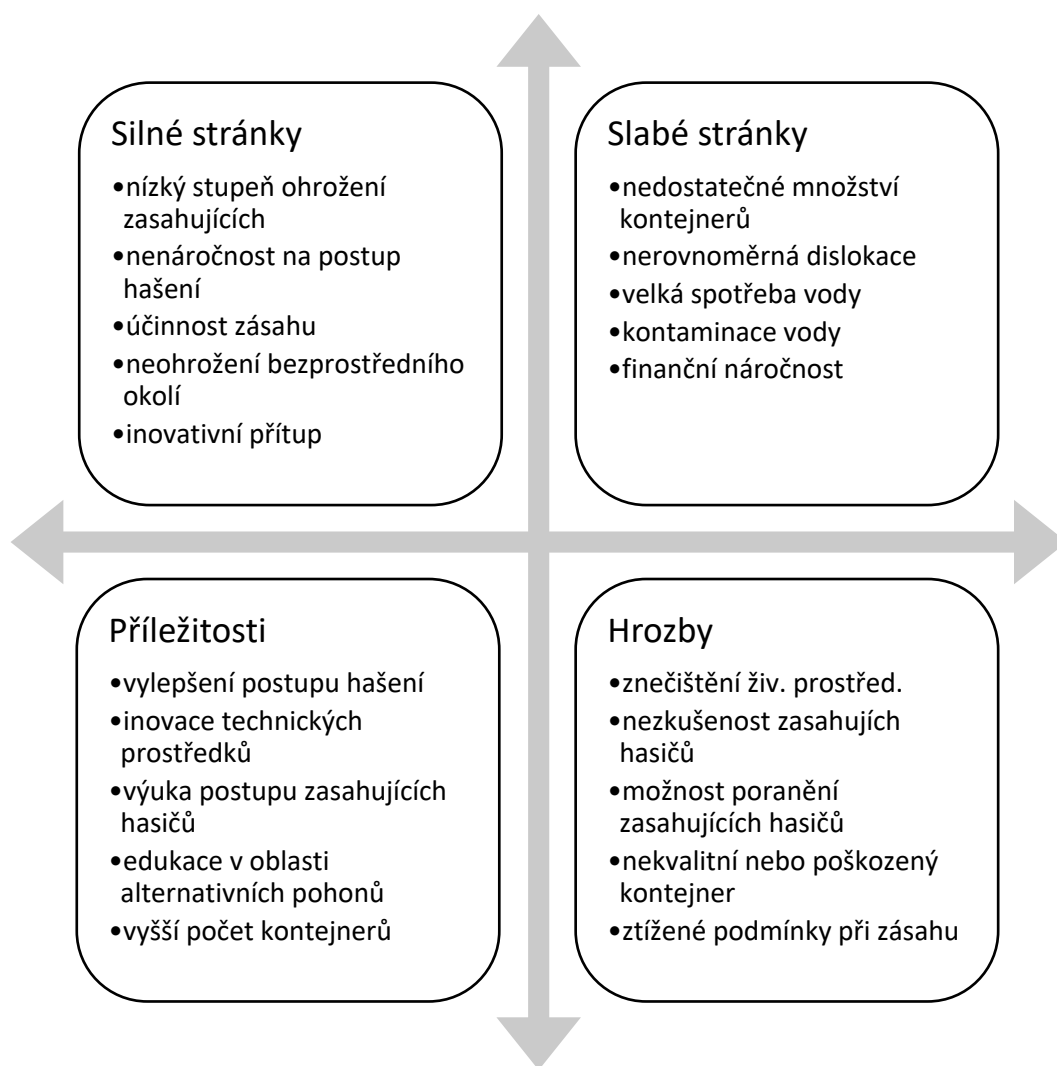
Příležitosti představují:

- vylepšení postupu hašení – vzhledem k tomu, že je elektromobilita a postup hašení těchto automobilů stále relativně nová věc, je zde stále velký prostor pro inovace v oblasti hašení,
- inovaci technických prostředků – v této oblasti probíhá stále výzkum a není zatím zřejmé, který z prostředků je nejefektivnější či neexistují jiné, účinnější prostředky,
- výuku postupu zasahujících hasičů – protože automobilový průmysl jde stále kupředu, mění se s ním i konstrukce a vybavení vozidel, je proto potřeba neustálé aktualizace znalostí a praktických dovedností hasičů u hašení vozidel,
- edukaci v oblasti alternativních pohonů – oblast alternativních pohonů je ve velké míře stále ještě v počátcích a z toho důvodu je i nezbytné, aby se hasiči v této oblasti průběžně vzdělávali, zejména v odvětví hašení a možných prostředků hašení těchto vozidel,
- navýšení počtu kontejnerů – zatím se hašení pomocí kontejneru ukazuje jako nejefektivnější postup pro hašení automobilů s alternativním pohonem, je tedy zapotřebí zvýšit počet těchto kontejnerů.

Hrozby jsou:

- znečištění životního prostředí – při hašení dochází ke kontaminaci hasebních látek
- nezkušenost zasahujících hasičů – nemusí se jednat o situaci, kdy hasič s touto problematikou nebyl seznámen, ale nemusí mít postupy pro hašení automobilů s alternativním pohonem zažity a může dojít ke komplikacím,
- možnost poranění zasahujících hasičů – existuje možnost samovznícení, popřípadě může dojít k dynamickému opětovnému vzplanutí,
- nekvalitní nebo poškozený kontejner – poškozené těsnění či uzávěry mohou způsobit únik vody z kontejneru, a tím způsobit kontaminaci okolního prostředí a nepoužitelnost daného kontejneru,
- ztížené podmínky při zásahu – ke ztíženým podmínkám může dojít například v situaci, kdy jsou v blízkém okolí přítomny ostatní automobily.

Všechny zmíněné aspekty jsou pro lepší orientaci zapsány na obrázku č. 10.



Obrázek 10 – SWOT analýza – hašení pomocí kontejneru (zdroj vlastní)

Po zvolení všech silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb byla vytvořena tabulka č. 7, ve které byly jednotlivým parametrům přidělovány body a váhy.

U silných stránek nejvyšší počet bodů čili 5, získal parametr „účinnost zásahu“, stejně tak mu byla udělena i nejvyšší váha, která u této kategorie činila 0,3. Nejvíce bodů bylo uděleno z toho důvodu, že účinnost zásahu je klíčová, aby nedocházelo k případným dalším škodám. Nejnižší výsledek kombinace body a váha získal parametr nízkého stupně ohrožení zasahujících a možnost inovativního přístupu, oba získaly 3 body a nejnižší váhu, tedy 0,1. I přesto, že při samotném hašení v kontejneru již nedochází k bezprostřednímu styku hasiče s vozidlem, vložení do kontejneru může pro zasahující představovat určité ohrožení. V oblasti inovativního přístupu pak v tomto případě není až takový prostor, i díky tomu, že tento způsob hašení je dostačující, nicméně vzhledem ke slabým stránkám a hrozbám je vždy prostor pro zlepšení.

Co se týče slabých stránek, tak za nejslabší oblast bylo zvoleno nedostatečné množství kontejnerů společně s velkou spotřebou vody. Počet kontejnerů je plánováno již v roce 2024 zvýšit na minimálně jeden kontejner pro každý ze 14 krajů, i přesto ale se stoupajícím počtem vozidel s pohonem na elektřinu a hybridních vozidel může být 23 kontejnerů (viz tabulka č.1) pro celou Českou republiku značně nedostačujících. Jak je zmíněno výše, pro uhašení vozidla za pomoci kontejneru je potřeba několik tisíc litrů, které je navíc následně nutno ekologicky zlikvidovat, proto je využití takového množství vody značně finančně nákladné, a navíc ne příliš ekologické.

Kategorie příležitostí označuje za největší příležitost vyšší počet kontejnerů, které by mohl HZS ČR v souvislosti s rozvojem automobilového průmyslu v oblasti alternativních pohonů, pořídit. Nejmenší z vybraných příležitostí je pak spatřována v možnosti inovace technických prostředků a ve výuce postupu zasahujících hasičů.

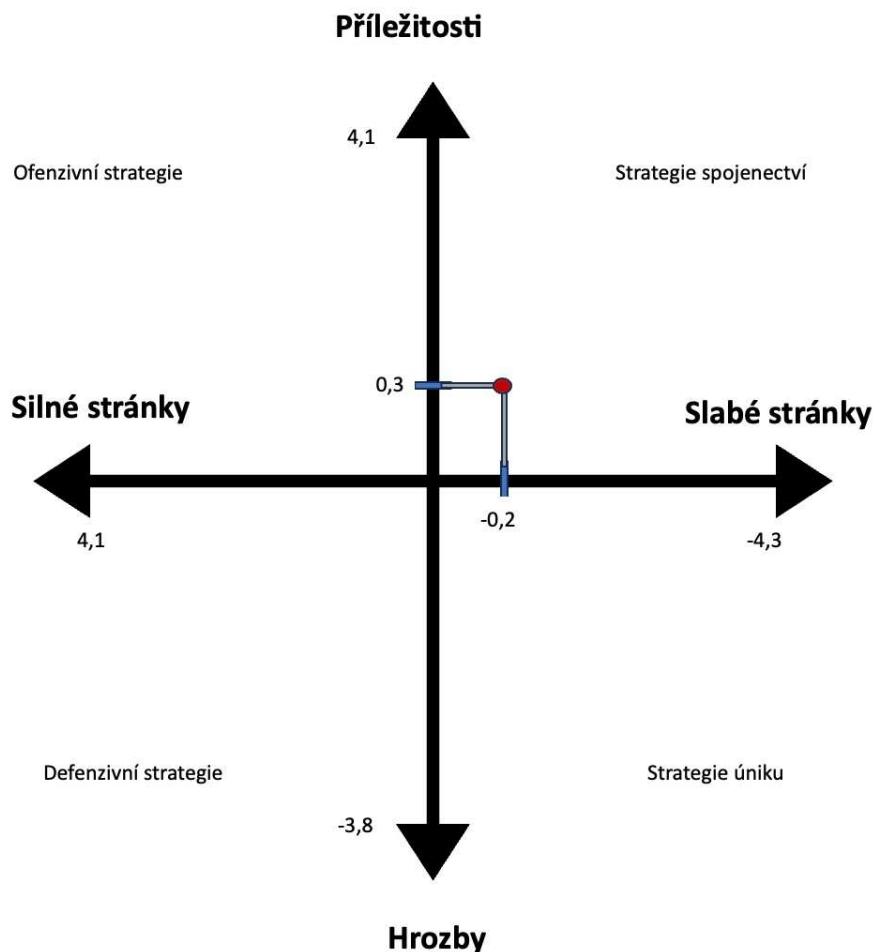
Jako největší hrozbu u hašení vozidel s pohonem na elektřinu či hybridních vozidel pomocí kontejneru SWOT analýza spatřuje jeho dopad na životní prostředí, to je ohrožováno únikem nebezpečných látek nebo plynů při hoření, případně odtokem kontaminované vody do okolí. Nejmenší z vybraných hrozeb pak analýza označuje možnost výskytu nekvalitního či poškozeného kontejneru, kde by k této situaci prakticky nemělo docházet, vzhledem k pravidelné kontrole vybavení a také možnost ztížených podmínek při zásahu, kdy jsou ale hasiči pravidelně proškolení a absolvují různá cvičení tak, aby byli na tyto situace připraveni.

Tabulka 7 – SWOT analýza – hašení pomocí kontejneru (zdroj vlastní)

	Parametr	Body	Váha	Výsledek
Silné stránky	nízký stupeň ohrožení zasahujících	3	0,1	0,3
	účinnost zásahu	5	0,3	1,5
	nenáročnost na postup hašení	4	0,2	0,8
	neohrožení bezprostřed. okolí	4	0,3	1,2
	inovativní přístup	3	0,1	0,3
		<1,5>	Σ 1	Σ 4,1
Slabé stránky	nedostatečné množství kontejnerů	-5	0,3	-1,5
	nerovnoměrná dislokace	-4	0,2	-0,8
	velká spotřeba vody	-5	0,3	-1,5
	kontaminace vody	-3	0,1	-0,3
	finanční náročnost	-2	0,1	-0,2
		<1,5>	Σ 1	Σ -4,3
Příležitosti	vylepšení postupu hašení	4	0,3	1,2
	inovace tech. prostředků	3	0,1	0,3
	výuka postupu zasahujících hasičů	3	0,1	0,3
	edukace v oblasti alter. pohonů	4	0,2	0,8
	vyšší počet kontejnerů	5	0,3	1,5
		<1,5>	Σ 1	Σ 4,1
Hrozby	znečištění životního prostředí	-5	0,4	-2
	nezkušenost zasahujících hasičů	-4	0,2	-0,8
	možnost poranění zasahujících hasičů	-3	0,2	-0,6
	nekvalitní nebo poškozený kontejner	-2	0,1	-0,2
	ztížené podmínky při zásahu	-2	0,1	-0,2
		<1,5>	Σ 1	Σ -3,8

Součet interní části, tedy silných a slabých stránek, tvoří číslo -0,2. Externí část čili příležitosti a hrozby tvoří v součtu číslo 0,3.

Výsledná čísla součtu interních částí a externích částí byla zanesena do grafu č. 2.



Graf 2 – Výsledek SWOT analýzy – hašení pomocí kontejneru pro hašení elektromobilů (zdroj vlastní)

Na základě výsledků SWOT analýzy a výstupu z grafu lze určit, že výslednou strategií pro hašení vozidel s pohonem na elektřinu a s hybridním pohonem je strategie spojení. Tato strategie ukazuje, že v tomto případě převažují slabé stránky nad silnými, ale zároveň nabízí velké množství příležitostí pro další vývoj.

I přesto, že varianta hašením za pomoci kontejneru byla zvolena za optimální, ne vždy je potřeba, aby využita. Pokud totiž požár není ještě příliš rozvinut, mnohdy si hasiči vystačí pouze s metodou ochlazování za pomoci velkého množství vody.

Při rozšířenějším požáru je však využití kontejneru nejvhodnější volbou. Navíc je tento způsob hašení stále ještě ve svých počátcích a je tedy možné hledat ještě efektivnější způsoby jeho využití tak, aby byly co nejvíce eliminovány slabé stránky využívání kontejneru pro hašení, a to zejména v ohledu velké spotřeby vody a její kontaminace při hašení.

5.2 SWOT analýza – vozidla na plyn a vodíková vozidla

Tato analýza popisuje metodu hašení za pomoci ochlazování vodou u vozidel na plyn a vozidel s pohonem na vodík, která byla v kapitole 4.2 zvolena jako optimální způsob hašení vozidel s těmito alternativními pohony.

Postup tvorby SWOT analýzy je totožný jako u předchozí kapitoly, pouze s tím rozdílem, že byly zvoleny jiné parametry.

Silné stránky popsané v analýze jsou:

- ochlazování – hašení pomocí vody plní zejména hlavní funkci ochlazování, to je pak využíváno také jako ochrana pro zasahující hasiče,
- dostupnost – voda představuje pro hasiče jeden z nejdostupnějších prostředků k hašení, voda je součástí vozidel CAS, kterými disponuje každá stanice HZS ČR,
- cena – díky dostupnosti vody je spatřována výhoda v ceně tohoto způsobu hašení, která nemusí být tak vysoká jako u jiných způsobů hašení,
- rychlost uhašení – díky schopnosti ochlazování existuje menší pravděpodobnost opětovného samovznícení již uhašeného vozidla,
- komplexnost využití – voda díky svým vlastnostem představuje téměř univerzální hasivo pro hašení těchto druhů vozidel,

Slabé stránky představují:

- velká spotřeba vody – pro uhašení vozidla je zapotřebí spotřebovat velké množství vody vzhledem k použitým materiálům na vozidle,
- kontaminace vody – voda, kterou je vozidlo hašeno, se následně stává kontaminovanou a je následně potřeba její ekologická likvidace,
- špatné nebo chybějící označení automobilu – špatné nebo chybějící značení může zkomplikovat průběh hašení, kvůli možnému zvolení špatného postupu hašení,
- nedostatek hasební látky – v souvislosti s velkou spotřebou vody může dojít k spotřebování dostupné vody a následně může dojít k časové prodlevě mezi doplněním hasebních látek a opětovným hašením,

- výbušná koncentrace plynu v okolí vozidla – při uvolňování plynu do ovzduší dochází k tvorbě nebezpečné koncentrace, která může následně vybuchovat a ohrožovat průběh hašení.

Příležitosti analýza popisuje jako:

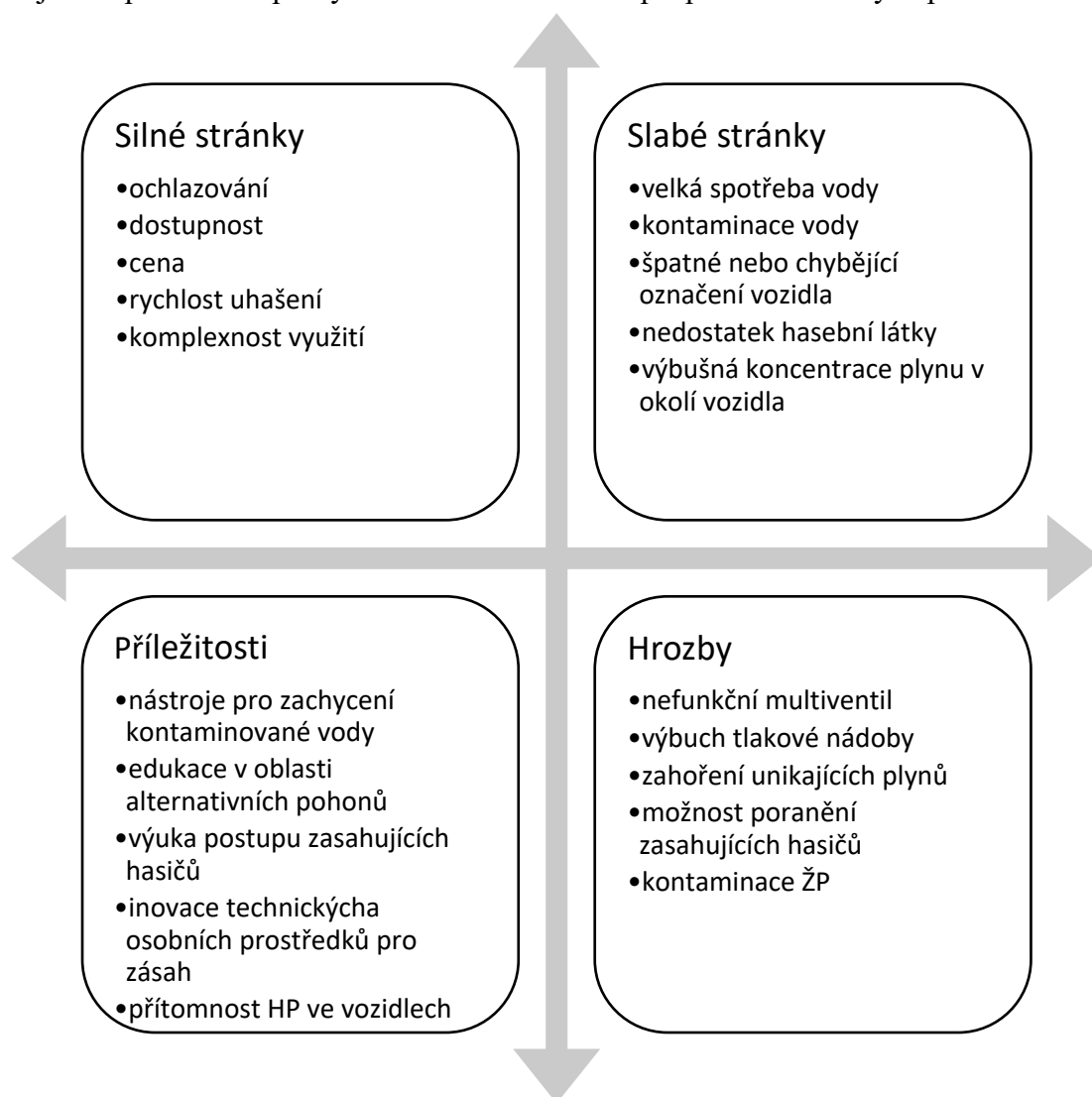
- nástroje pro zachycení kontaminované vody – ve spojitosti se současným postojem k životnímu prostředí je za příležitost považována možnost vývoje nástrojů, které by byly schopny zachycovat kontaminovanou vodu vzniklou při hašení vozidel, tak, aby byl zásah vůči životnímu prostředí co nejšetrnější,
- edukace v oblasti alternativních pohonů – oblast alternativních pohonů je ve velké míře stále ještě v počátcích a z toho důvodu je i nezbytné, aby se hasiči v této oblasti průběžně vzdělávali, a to zejména v oblasti hašení těchto vozidel,
- výuka postupu zasahujících hasičů – protože automobilový průmysl jde stále kupředu, mění se s ním i konstrukce a vybavení vozidel, je proto potřeba neustálé aktualizace znalostí a praktických dovedností hasičů u hašení vozidel,
- inovace technických a osobních prostředků – bezpečnost zasahujících je na prvním místě, i proto je potřeba je k zásahu vybavit těmi nejlepšími prostředky, které jim pomohou co nejrychleji a nejúčinněji požár uhasit, ale zároveň je ochrání před možnými nežádoucími účinky,
- přítomnost hasicích přístrojů ve vozidlech – pokud by uživatelé vozili hasicí přístroje s sebou ve vozidlech, mohli by v případě požáru okamžitě reagovat na danou situaci a byly by tím zmírněny finanční a v mnohých případech také materiální škody.

Hrozby u hašení vozidel s pohonem na plyn a vozidel s pohonem na vodík jsou:

- nefunkční multiventil – k poškození může dojít z technických důvodů nebo v důsledku nehody vozidla, v případě jeho nefunkčnosti dochází v tlakové nádobě ke zvyšování tlaku úměrně se zvyšující se teplotou,
- výbuch tlakové nádoby – souvisí s nefunkčním multiventilem, kdy v případě nefunkčnosti dochází k přetlakování a následnému výbuchu tlakové nádoby,
- zahoření unikajících plynů – dochází k němu při vzplanutí unikajících plynů z multiventilu,

- možnost poranění zasahujících hasičů – stejně jako při každém zásahu hasičů, může i při zásahu u požáru vozidla s alternativním pohonem dojít ke zranění hasičů, kteří u nehody zasahují,
- kontaminace ŽP – ke kontaminaci životního prostředí může docházet v případě úniku provozních kapalin z vozidla nebo rozlitím hasebních látek do okolí či únikem nebezpečné látky do ovzduší.

Stejně jako u přechozí kapitoly nabízí obrázek č. 10 lepší přehled zvolených parametrů.



Obrázek 11 – SWOT analýza – hašení vodou (zdroj vlastní)

Po vyplnění silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb byla vytvořena tabulka č. 7, ve které byly opět přidělovány body a váhy jednotlivým parametrům. Nejlepší z kategorie silných stránek bylo zvoleno ochlazování, které nejen že má schopnost zefektivnit zásah, ale zároveň poskytuje ochranu zasahujícím. I díky svým vlastnostem tedy může být považována

za komplexně využitelnou, i přesto jsou ale silnějšími stránkami její dostupnost nebo také cena.

Nej slabší stránkou, která byla pro SWOT analýzu vybrána je existence výbušné koncentrace plynu, která může zkomplikovat zásah možným výbuchem. Nejméně bodů v této kategorii bylo přiděleno možnosti kontaminace vody, ta sice představuje zásadní problém, nicméně v kontextu ostatních slabých stránek ne ten největší, zásadnější potíž představuje spotřeba vody anebo chybějící značení vozidla, které může také velmi zásah komplikovat.

Oblast příležitostí nabízí na základě SWOT analýzy největší možnost u parametru „přítomnost hasicích přístrojů ve vozidlech“, ta by totiž mohla citelně zmírnit případné škody po požáru. Ze zvolených příležitostí nejmenší váhu a body získala možnost inovace technických a osobních prostředků, kde v kontextu s ostatními parametry není tak velký prostor ke zdokonalování.

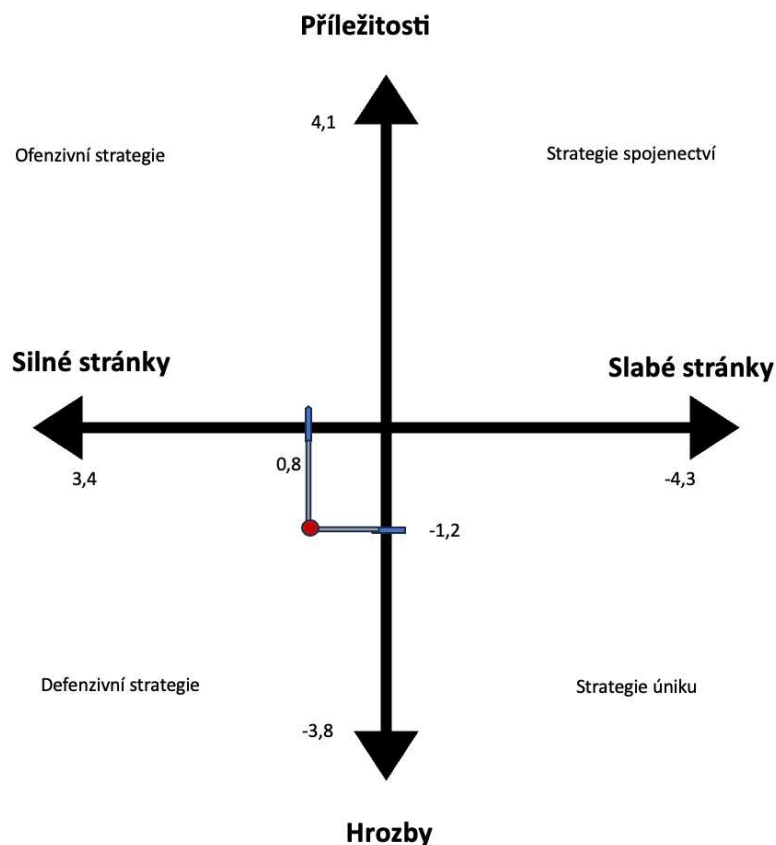
Největší hrozbu při zásahu představuje možný výbuch tlakové nádoby, která by mohla způsobit značné škody, případně také ublížit zasahujícím hasičům. S tímto problémem se pojí možnost přítomnosti nefunkčního multiventilu, který by měl za následek právě výbuch tlakové nádoby. Za nejmenší hrozbu je na základě SWOT analýzy v kontextu všech parametrů považována kontaminace životního prostředí.

Tabulka 8 – SWOT analýza – hašení pomocí vody (zdroj vlastní)

	Parametr	Body	Váha	Výsledek
Silné stránky	ochlazování	4	0,4	1,6
	dostupnost	4	0,3	1,2
	cena	2	0,1	0,2
	rychlost uhašení	3	0,1	0,3
	komplexnost využití	1	0,1	0,1
		<1,5>	Σ 1	Σ 3,4
Slabé stránky	velká spotřeba vody	-3	0,2	-0,6
	kontaminace vody	-1	0,1	-0,1
	špatné nebo chybějící označení vozidla	-2	0,2	-0,4
	nedostatek hasební látky	-3	0,1	-0,3
	výbušná koncentrace plynu	-4	0,3	-1,2
		<1,5>	Σ 1	Σ -2,6
Příležitosti	nástroje pro zachycení kontaminované vody	2	0,2	0,4
	edukace v oblasti alter. pohonů	2	0,2	0,4
	výuka postupu hasičů	3	0,2	0,6
	inovace technických a osobních prostředků	1	0,1	0,1
	přítomnost HP ve vozidlech	3	0,3	0,9
		<1,5>	Σ 1	Σ 2,4
Hrozby	výbuch tlakové nádoby	-5	0,4	-2
	zahoření unikajících plynů	-4	0,2	-0,8
	možnost poranění hasičů	-2	0,2	-0,4
	nefunkční mulitventil	-3	0,1	-0,3
	kontaminace ŽP	-1	0,1	-0,1
		<1,5>	Σ 1	Σ -3,6

Interní část v součtu tvoří +0,8, při sečtení externí části vyjde číslo -1,2. Tato čísla byla opět zanesena do grafu (viz. graf č. 2).

Graf č. 2 stejně jako u předchozí kapitoly zobrazuje jaká bude výsledná strategie na základě zvolených variant.



Graf 3 – Výsledek SWOT analýzy – hašení pomocí ochlazování vodou u vozidel s pohonem na plyn a vodík (zdroj vlastní)

Výsledek SWOT analýzy a graf č. 2 ukazuje, že způsob hašení za pomoci ochlazování vodou analýza určila jako defenzivní strategii, tedy strategii, kde převažují silné stránky, ale nemá mnoho příležitostí pro pozitivní vývoj do budoucnosti.

Voda je pro hasiče nejuniverzálnějším typem hasiva, kterým lze, až na výjimky, hasit téměř vše. I proto je nejvhodnějším hasicím prostředkem v případě hašení vozidel s pohonem na plyn nebo vodík. Klíčovou vlastností je totiž ochlazování, které voda, na rozdíl od zbývajících popsaných způsobů a prostředků hašení, nabízí. Právě ale i vzhledem ke svým vlastnostem nenabízí příliš velký prostor k posunu a vylepšení může přicházet spíše v oblasti bezpečnosti zasahujících, případně bezpečnosti samotných vozidel než v oblasti hašení samotného.

ZÁVĚR

S růstem zájmu o využívání alternativních pohonů musí zákonitě růst také zájem o bezpečnost těchto vozidel, a to nejen při jejich používání, ale také v momentě, kdy vozidlo vykáže nějaký problém a začne například hořet. Protože alternativní pohony nenabízí totožné vlastnosti jako běžná fosilní paliva, probíhá i hašení vozidel s alternativním pohonem trochu jinak. V práci byl naplněn hlavní cíl, a to rozbor možných prostředků a způsobů hašení vozidel s alternativním pohonem. Zároveň bylo zhodnoceno 5 způsobů a prostředků v kategorii hašení vozidel s elektrickým a hybridním pohonem a 3 způsoby a prostředky v kategorii vozidel s pohonem LPG a CNG a vodíkových pohonů za pomoci metody vícekriteriálního rozhodování, která zároveň navrhla nejlepší způsob nebo prostředek hašení vozidel s alternativním pohonem v dané kategorii.

Metoda vícekriteriálního rozhodování v kategorii hašení vozidel s elektrickým a hybridním pohonem určila jako nejlepší prostředek k hašení speciální kontejner pro hašení elektromobilů, který představuje ideální prostředek pro hašení ve vztahu k bezpečnosti zasahujících hasičů i ochraně životního prostředí. I přesto nemusí být kontejner vždy nutně využit. V některých případech se totiž může podařit vozidlo uhasit ještě před úplným rozhořením, v jiných případech pak nemusí být příležitost kontejner využit kvůli nedostatku místa. Metoda SWOT pak blíže popsala hašení za pomoci kontejneru z hlediska silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb.

Metoda vícekriteriálního rozhodování v kategorii hašení vozidel s plynovým a vodíkovým pohonem zvolila za optimální způsob hašení ochlazování vodou. Ta, jak popsala SWOT analýza, nabízí možnost ochlazování, a navíc je také cenově dostupná. Nevýhodou tohoto způsobu hašení je ale, stejně jako u hašení za pomoci kontejneru, kontaminace vody.

Z výsledků práce je čitelné, že hašení vozidel s alternativními pohony přináší pro zasahující zajímavé výzvy, které vyžadují specifické znalosti i prostředky. Způsoby hašení, využívané u požárů vozidel se spalovacím motorem často nejsou dostatečné a efektivní pro uhašení vozidel s pohonem alternativním.

Práce také dokazuje nedostatek určitých druhů hasicích prostředků a jejich nerovnoměrnou dislokaci, zaměření se na tento problém by mohl, v případě navýšení množství zejména elektromobilů, vyřešit případný nárůst požárů těchto vozidel. S tím by ovšem souvisela nutná finanční investice pro potřeby HZS ČR k pořízení potřebných prostředků tak, aby byly ideálně dislokovány a v případě nutnosti bylo možno je okamžitě využít.

V této oblasti je, i přes rozvoj nových technologií, stále velký prostor pro výzkum možností hašení, a to zejména v oblasti vodíkových pohonů, která skýtá mnoho odlišných rizik než v případě ostatních druhů alternativních pohonů.

Bakalářská práce přispěla k hlubšímu porozumění problematice hašení alternativních pohonů a navrhla možné směry pro budoucí vývoj v tomto odvětví. Je nezbytné, aby nejen hasiči, ale také široká laická veřejnost tuto problematiku vnímali, vzhledem k tomu, že alternativní pohony jsou pro nás, jako společnost, pohonem budoucnosti, proto je potřeba znát všechna možná rizika, která při požáru vozidla s alternativním pohonem vznikají a ohrožují nejen osoby, ale také bezprostřední okolí a životní prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

3 základní rozdíly mezi LPG a CNG, 2020. Online. Plyn.cz. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/rozdily-mezi-lpg-a-cng>. [cit. 2024-04-15].

BALÁŽOVÁ, Lucie. *Olomoučtí hasiči vyvinuli speciální vozíky. Usnadní zásah u hořícího elektromobilu*. Online. Hasičský záchranný sbor České republiky – Olomoucký kraj. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/video-olomoucti-hasici-vyvinuli-specialni-voziky-usnadni-zasah-u-horiciho-elektromobilu.aspx>. [cit. 2024-04-22].

BISSHOP, Roeland; WILLSTRAND, Ola; AMON, Francine a ROSENGREN, Max, 2019. *Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. Online. In: *Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. RISE Research Institutes of Sweden AB. ISBN 978-91-88907-78-3. Dostupné z: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1317419/FULLTEXT02>. [cit. 2024-04-21].

ČÁSTEČKA, Roman, 2021. *Studie problematiky hašení elektromobilů*. Online, Bakalářská práce, vedoucí Ladislav Jánošík. Vysoká škola báňská: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/143692/CAS0036_FBI_B3908_3908R006_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [cit. 2024-04-21].

ČTK, 2023. *Počet vodíkových aut v Česku se letos zdvojnásobil, už je jich registrováno 24*. Online. IROzhlas. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/vodikova-auta-cesko_2307300948_cen. [cit. 2024-04-22].

EV Fires - current data, 2023. Online. EV Fire Safe. Dostupné z: <https://www.evfiresafe.com/ev-battery-fire-data>. [cit. 2024-04-22].

LEAR, Natasha, 2020. *Fire Suppression Systems for Alternative Fuel Vehicles*. Online. FORMAN A division of Ardent Limited. Dostupné z: <https://www.formanvehicleservices.com/fire-suppression-for-clean-energy-vehicles/>. [cit. 2024-04-22].

HAVLÍN, Roman, 2024. *Elektromobilita v Česku je na vzestupu. Máme zde přes 22 tisíc elektromobilů*. Online. Fdrive.cz. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/elektromobilita-v-cesku-je-na-vzestupu-mame-zde-pres-22-tisic-elektromobilu-11928>. [cit. 2024-04-22].

How Do All Electric Cars Work? Online. U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Dostupné z: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>. [cit. 2024-04-22].

JAIN, I.P., 2009. Hydrogen the fuel for 21st century. Online. *International Journal of Hydrogen Energy*. Roč. 34, č. 17, s. 7368-7378. ISSN 0360-3199. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319909008258?via%3Dihub>. [cit. 2024-04-22].

JÁNSKÝ, Martin, 2019. *Hybridy, plug-in hybridy, elektromobily: Pomůžeme vám vyznat se v moderních pohonech*. Online. Garáž.cz. Dostupné z: https://www.garaz.cz/clanek/pomuzeme-vam-vyznat-se-v-modernich-pohonech-21002303?_zn=aWQIM0Q1NDkzNDY3NjAyOTg1MzI4MjM0JTdDdCUzRDE3MDkwNTQxOTQuNDg1JTdDdGUIM0QxNzA5NTM2MDI4LjgyNyU3Q2MIM0QxNDVCCQ0JDN0E5RDZMThBQzExQzE3ODZGMUVBQzgzNA%3D%3D. [cit. 2024-04-15].

KOCIÁN, Radek, 2021. *Řešení procesu efektivního zásahu při požáru vozidla s alternativním pohonem*. Online, Diplomová práce, vedoucí Slavomíra Vargová. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta logistiky a krizového řízení. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/46218/kocian_2021_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [cit. 2024-04-15].

Kontejnery firmy Fabok slouží nejen hasičům, určeny jsou pro hašení elektromobilů, baterií i uskladnění radioaktivních odpadů, 2023. Online. Požáry.cz. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/268534-kontejnery-firmy-fabok-slouzi-nejen-hasicum-urceny-jsou-pro-haseni-elektromobilu-baterii-i-uskladneni-radioaktivnich-odpadu/>. [cit. 2024-04-22].

KOZELKA, Martin, 2023. *Výroba vozů na CNG v ČR končí. Budoucnost patří elektromobilům*. Online. Fdrive.cz. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/vyroba-vozu-na-cng-v-cr-konci-budoucnost-patri-elektromobilum-nejoblíbenejsi-vuz-na-cng-skoda-octavia-gtec-uz-neobjednate-11168>. [cit. 2024-04-22].

LÖNNERMARK, Anders a GEHANDLER, Jonatan. *Risks with fire-exposed CNG and hydrogen tanks*. Online. RI.SE. Dostupné z: <https://www.ri.se/en/what-we-do/expertises/risks-with-fire-exposed-gas-cylinders>. [cit. 2024-04-21].

MALKOVSKÝ, Zdeněk; KARL, Jan; SUCHÝ, Ondřej a THIN, Pavel, 2020. *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR*.

MARNIATI, Yessi; SUYADI, Andri; YANI, Herman a MARSUS, Sutan, 2022. *Analyses of Battery Usage Characteristic in Electrical Car*. Online. *Journal of Physics: Conference*

Series. Roč. 1500, č. 1. ISSN 1742-6588. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1500/1/012008>. [cit. 2024-04-21].

MICHALÍČKOVÁ, Iva. Online. GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HZS ČR. Hasičský záchranný sbor České republiky – Liberecký kraj. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/co-delat-pri-pozaru-vozidla.aspx>. [cit. 2024-04-22].

MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY, 2017. *Bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu: Automobily s palivem CNG, LPG*.

MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY, 2017. *Bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu: Automobily s hybridním pohonem*.

MOKŘÍŠ, Jakub, 2021. *Auta na vodíkový pohon: mají budoucnost?* Online. Portál řidiče. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/auta-na-vodikovy-pohon-maji-budoucnost?q=vodiko>. [cit. 2024-04-21].

MOKŘÍŠ, Jakub, 2022. *Jak se hasí elektromobily – zkušenosti hasičů z USA*. Online. Portál řidiče. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/jak-se-hasi-elektromobily-zkusenosti-hasicu-z-usa>. [cit. 2024-04-21].

MOKŘÍŠ, Jakub, 2022. *Požár elektromobilu, je to pravděpodobné?* Online. Portál řidiče. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/pozar-elektromobilu-statistika-a-problematika>. [cit. 2024-04-21].

Nejoblíbenější alternativní pohon v Česku vás možná překvapí, 2023. Online. Hybrid.cz. Dostupné z: https://www.hybrid.cz/nejoblibenejsi-alternativni-pohon-v-cesku-vas-mozna-prekvapi/?_zn=aWQ9NTQ5MzQ2NzYwMjk4NTMyODIzNHx0PTE3MDkwNTQxOTQuNDg1fHRIPTE3MTEzNzI5MjUuNjczfGM9RDM2RDM3NjM0NkMwOEI5MzE4NEY1NTQ4QjRGRDhFMDk%3D. [cit. 2024-04-22].

RUBEŠOVÁ, Michaela, 2023. *Loni přibylo přes 10 tisíc aut na LPG. Jezdí se s ním o polovinu levněji než s benzinem*. Online. Autosalon.tv. Dostupné z: <https://www.autosalon.tv/novinky/ridicuv-chleba/loni-pribylo-pres-10-tisic-aut-na-lpg-jezdi-se-s-nim-o-polovinu-levneji-nez-s-benzinem>. [cit. 2024-04-22].

SPŠ LANŠKROUN. Přehled typů elektrických motorů. Online. In: . Dostupné z: <https://www.spslan.cz/files/1cc2eb91316dd52bf50dd77e977caa60.pdf>. [cit. 2024-04-22].

Tackling Fire LNG Ships. Online. Liquefied Gas Carrier. Dostupné z: <http://www.liquefiedgascarrier.com/tackling-fire-LNG-ships.html>. [cit. 2024-04-22].

TÜRKE, Martin. *Analýza vybraných požárů*. Online. Hasiči vzdělávání. Dostupné z: https://www.hasici-vzdelavani.cz/repository/IVS_prednasky/6_analyza_vybranych_pozaru/3_pozar_osobniho_vozidla/html5.html. [cit. 2024-04-22].

VLK, František, 2004. Alternativní pohony motorových vozidel. Online. In: *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk, s. 212–224. ISBN 80-239-1602-5. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>. [cit. 2024-04-15].

What to do when hydrogen vehicles burn?, 2020. Online. Ifa. Dostupné z: <https://www.ifa-swiss.ch/en/magazine/detail/what-to-do-when-hydrogen-vehicles-burn>. [cit. 2024-04-22].

WILLSTRAND, Ola; GEHANDLER, Jonatan a ANDERSSON, Petra, 2023. *Proceedings from the Seventh International Conference on Fires in Vehicles*. Online. RISE Research Institutes of Sweden AB. ISBN 978-91-89757-88-2. Dostupné z: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1805310/FULLTEXT01.pdf#page=24>. [cit. 2024-04-22].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CAS – cisternová automobilová stříkačka

CNG – Compressed Natural Gas (stlačený zemní plyn)

CO₂ – oxid uhličitý

č. – číslo

ČR – Česká republika

GŘ – Generální ředitelství

HZS – Hasičský záchranný sbor

IEC – International Electrotechnical Commission (Mezinárodní elektrotechnická komise)

IP – Ingress Protection (ochrana před vniknutím)

LPG – Liquefied Petroleum Gas (zkapalněný ropný plyn)

RZA – rychlý zásahový automobil

SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (silné stránky, slabé stránky, příležitosti, hrozby)

V – volt

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 – Nárazníkové postavení (MV GŘ – HZS ČR, 2017)</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 4 – Označení písmenem „h“ (GŘ HZS ČR, 2017)</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 2 – Označení nápisem „Hybrid“ (GŘ HZS ČR, 2017)</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 3 – Označení znakem hybridního pohonu (GŘ HZS ČR, 2017)</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 5 - Hascí plachta (Toyota, neuvedeno)</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 6 – Kontejner pro hašení elektromobilů (zdroj vlastní)</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 8 – Značení vozidel s pohonem LPG (MV-GŘ HZS ČR, 2017).....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 7 – Značení vozidel s pohonem CNG (MV-GŘ HZS ČR, 2017).....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 9 – Rozložení stanic HZS ČR – Plzeňský kraj (HZS Plzeňského kraje, neuvedeno)</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 10 – SWOT analýza – hašení pomocí kontejneru (zdroj vlastní)</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 11 – SWOT analýza – hašení vodou (zdroj vlastní)</i>	<i>51</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 – Vybavenost hasicím systémem Cobra, přívěsem CO₂ a kontejnerem pro hašení elektromobilů (zdroj vlastní)</i>	32
<i>Tabulka 2 – Počet kontejnerů pro hašení elektromobilů (Slabý, 2023)</i>	34
<i>Tabulka 3 – Tabulka k vícekriteriálnímu rozhodování hašení elektrických a hybridních pohonů (zdroj vlastní)</i>	38
<i>Tabulka 4 – Tabulka hodnocení vícekriteriálního rozhodování – vozidla s pohonem na elektřinu a hybridní vozidla (zdroj vlastní)</i>	39
<i>Tabulka 5 – Tabulka k vícekriteriálnímu rozhodování hašení plynových a vodíkových vozidel (zdroj vlastní)</i>	40
<i>Tabulka 6 – Tabulka hodnocení vícekriteriálního rozhodování – vozidla s pohonem na plyn a vodík (zdroj vlastní)</i>	41
<i>Tabulka 7 – SWOT analýza – hašení pomocí kontejneru (zdroj vlastní)</i>	47
<i>Tabulka 8 – SWOT analýza – hašení pomocí vody (zdroj vlastní)</i>	53

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 - Podíl registrovaných vozidel v ČR (Čistá doprava, 2024)</i>	<i>30</i>
<i>Graf 2 – Výsledek SWOT analýzy – hašení pomocí kontejneru pro hašení elektromobilů (zdroj vlastní)</i>	<i>48</i>
<i>Graf 3 – Výsledek SWOT analýzy – hašení pomocí ochlazování vodou u vozidel s pohonem na plyn a vodík (zdroj vlastní)</i>	<i>54</i>

