

**VYSOKÁ ŠKOLA EVROPSKÝCH A REGIONÁLNÍCH
STUDIÍ, Z. Ú., ČESKÉ BUDĚJOVICE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**ANALÝZA POŽÁRNÍCH RIZIK LITHIOVÝCH
A LITHIUM-IONTOVÝCH BATERIÍ**

Autor práce: Sedláček Milan, DiS.

Studijní program: Bezpečnostně právní činnost

Forma studia: Kombinovaná

Vedoucí práce: PhDr. Štěpán Kavan, Ph.D.

Katedra: Příbram

2023

VYSOKÁ ŠKOLA EVROPSKÝCH A REGIONÁLNÍCH STUDIÍ, z. ú.
Žižkova tř. 6, 370 01 České Budějovice

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení studenta: Milan Sedláček, DiS.

Studijní program: Bezpečnostně právní činnost

Forma studia: Kombinovaná

Místo studia: Příbram

Název bakalářské práce: Analýza požárních rizik lithiových a lithium-iontových baterií.

Název bakalářské práce v anglickém jazyce: Fire Risk Analysis of Lithium and Lithium-Ion Batteries.

Katedra: Katedra právních oborů a bezpečnostních studií



Vedoucí bakalářské práce: PhDr. Štěpán Kavan, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: listopad 2022

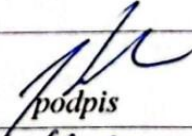


Cíl bakalářské práce:

Hlavním cílem je zjistit znalosti a dovednosti u příslušníků Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje při řešení mimořádných událostí požárů lithiových a lithium-iontových baterií.

Vedlejším cílem je zpracovat charakteristiku požárních rizik lithiových a lithium-iontových baterií pohledem provádění záchranných a likvidačních prací jednotkami požární ochrany.

Student: Milan Sedláček, DiS.	14.11.2022 datum	 podpis
Vedoucí práce: PhDr. Štěpán Kavan, Ph.D.	6.12.2022 datum	 podpis

Schvaluji zadání bakalářské práce:

Vedoucí katedry: doc. JUDr. Roman Svatoš, Ph.D.	10.12.2022 datum	 podpis
Prorektor pro studium a vnitřní záležitosti: doc. PhDr. Miroslav Sapík, Ph.D.	13.12.2022 datum	 podpis
Rektor: doc. Ing. Jiří Dušek, Ph.D.	9.1.2023 datum	 Podpis



Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, na základě vlastních zjištění a s použitím odborné literatury a materiálů uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce v elektronické podobě ve veřejně přístupné části infodisku VŠERS, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky vedoucího a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce systémem na odhalování plagiátů.

.....

Děkuji vedoucímu bakalářské práce PhDr. Štěpánu Kavanovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

ABSTRAKT

SEDLÁČEK, M. *Analýza požárních rizik lithiových a lithium-iontových baterií.* České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2023. 86 s. Vedoucí bakalářské práce: PhDr. Štěpán Kavan, Ph.D.

Klíčová slova: lithiové baterie, lithium-iontové baterie, elektromobilita, rizika, požár, hašení

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou požárních rizik lithiových a lithium-iontových baterií. Teoretická část práce je věnována konstrukci a funkci baterií. Jsou zde popsány jednotlivé typy a současné trendy jejich použití. Následující část teoretické práce pak řeší různé možnosti poškození baterií, při kterých může docházet ke vzniku a následnému rozvoji požáru. Zvláště podrobně jsou popsány preventivní opatření a samotné řešení mimořádné události. Druhá část práce je prakticky zaměřena na zjištění znalostí a dovedností příslušníků Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje při řešení mimořádných událostí požárů lithiových a lithium-iontových baterií. Veškeré dostupné informace, zásadní poznatky a zkušenosti budou sumarizovány a využity při tvorbě pracovních postupů na zásah dané problematiky.

ABSTRACT

SEDLÁČEK, M. *Fire Risk Analysis of Lithium and Lithium-Ion Batteries*. České Budějovice: The College of European and Regional Studies, 2023. 86pp. Supervisor: PhDr. Štěpán Kavan, Ph.D.

Key words: lithium batteries, lithium-ion batteries, electromobility, risks, fire, firefighting

This bachelor thesis deals with the fire risk analysis of lithium and lithium-ion batteries. The theoretical part of the thesis is devoted to the design and function of the batteries. The different types and current trends in their use are described. The following part of the theoretical work then deals with the different possibilities of battery damage that can lead to the occurrence and subsequent development of a fire. Preventive measures and the actual handling of the emergency will be described in particular detail. The second part of the thesis is practically focused on determining the knowledge and skills of the members of the Fire Rescue Service of the Pilsen Region in dealing with emergencies of lithium and lithium-ion battery fires. All available information, essential knowledge, experience will be summarized and used in the development of working procedures for the intervention of the given issue.

OBSAH

ÚVOD	9
1 CÍL A METODIKA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	11
1.1 Cíle bakalářské práce.....	11
1.2 Metodika bakalářské práce	11
2 SLOŽENÍ, KONSTRUKCE A FUNKCE BATERIÍ	12
2.1 Lithiové baterie.....	13
2.2 Lithium-iontové baterie	13
2.3 Lithium-polymerové baterie	15
2.4 Bezpečnostní prvky baterie	15
2.4.1 Konstrukční	15
2.4.2 Battery Management systém.....	16
2.5 Problematika elektromobility a hybridních vozidel	18
2.5.1 Identifikace elektromobilu a hybridních vozidel	19
2.5.2 Konstrukce elektromobilu	21
2.5.3 Nebezpečí lithium-iontových baterií a elektromobilů	22
2.5.4 Bezpečnostní systém elektromobilů.....	24
3 PŘÍČINY VZNIKU POŽÁRU	26
3.1 Mechanické poškození	26
3.2 Tepelné poškození	26
3.3 Elektrické poškození	26
4 ROZVOJ POŽÁRU	28
5 PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ	30
5.1 Přeprava baterií.....	30
5.2 Skladování baterií	31
5.3 Bezpečnostní pokyny pro skladování baterií.....	33
5.4 Stavebně technické řešení skladování baterií	35
5.5 Bateriová uložení	36

5.6	Recyklace a sběr baterií.....	37
5.7	Bezpečnost dobíjecích stanic.....	38
6	ŘEŠENÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI	40
6.1	Poškození baterie.....	40
6.2	Požáry baterií.....	40
6.3	Požáry elektromobilů	42
6.3.1	Požáry elektromobilů	42
6.3.2	Rizika úrazu elektrickým proudem při hašení elektromobilu	43
6.3.3	Metody hašení elektromobilu.....	44
6.3.4	Požáry elektromobilů v garážích.....	48
6.4	Vyhodnocení metod hašení	52
7	OBECNÝ METODOLOGICKÝ RÁMEC VÝZKUMU – STANOVENÍ CÍLŮ A VÝZKUMNÝCH OTÁZEK.....	53
7.1	Výzkumný soubor	54
7.2	Interpretace výsledků	55
7.3	Diskuze.....	56
8	PRACOVNÍ LISTY PRO HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR PLZEŇSKÉHO KRAJE NA POŽÁRY LITHIOVÝCH A LITHIUM-IONTOVÝCH BATERIÍ....	60
	ZÁVĚR.....	66
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	68
	SEZNAM ZKRATEK.....	73
	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
	SEZNAM TABULEK.....	74
	PŘÍLOHY	75

ÚVOD

V dnešní době, kdy dochází k čím dál rychlejšímu oteplování naší planety, je zapotřebí snižovat emise skleníkových plynů, které jsou vypouštěny do ovzduší. K tomu je důležité snižovat spotřebu fosilních paliv, jako je nafta, uhlí, zemní plyn. Množství fosilních paliv není nekonečné, jejich těžba v budoucnu úplně vymizí. A k uložení a uchovávání energie se budou více využívat lithiové baterie.

Tématem bakalářské práce byla zvolena analýza požárních rizik lithiových a lithium-iontových baterií. Autor práce považuje toto téma za velmi aktuální. Baterie se využívají stále častěji a s tím roste riziko vzniku požáru s možným dopadem na každou domácnost. Závažnost těchto problémů a jejich příčiny jsou předmětem této práce. Lithiové baterie jsou všude kolem nás, používány jsou v chytrých hodinkách, mobilních telefonech, notebookách, tabletech, svítilnách, akumulátorovém ručním nářadí, elektrokolech, elektrokoloběžkách, elektromobilech a v některých případech jsou součástí fotovoltaických elektráren. Rozvoj požáru baterie má velmi dynamický průběh. Vytvářejí se při něm nebezpečně škodlivé a toxické zplodiny hoření, které mohou mít dopady na zdraví, lidské životy a životní prostředí. Dále vznikají požárem majetkové škody.

Autor práce je ve služebním poměru u Hasičského záchranného sboru více jak dvacet let. Jedenáct let je zařazen na služební místo inspektor-velitel družstva. Velitel družstva vykonává na místě mimořádné události velitele zásahu. Řídí činnost jednotek požární ochrany a svým rozhodováním zodpovídá za správné vedení zásahu. Nedostatek informací a zkušeností o možnostech řešení mimořádných situacích a havárií lithiových baterií je důvodem pro zvolení daného tématu bakalářské práce. Pokud nějaké informace týkající se bezpečnosti lithiových baterií jsou, často pochází ze zahraničních zdrojů, nicméně v současné době se již problematikou zabývají i tuzemské odborné skupiny. V bakalářské práci je zapotřebí sumarizovat veškeré tyto dostupné informace a shrnout zásadní poznatky a zkušenosti dané problematiky.

V rámci dané problematiky je potřeba zanalyzovat příčiny vzniku požáru, možná rizika a jejich řešení v rámci Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje. K orientaci dané problematiky bylo využito literárních, internetových a jiných zdrojů. Pro návrh možného řešení mimořádné události v rámci požáru lithiových a lithium-iontových

baterií bylo vycházeno z informací získaných ze strukturovaných rozhovorů od příslušníků Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje.

1 CÍL A METODIKA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

1.1 Cíle bakalářské práce

Hlavním cílem bakalářské práce je zjistit znalosti a dovednosti u příslušníků Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje při řešení mimořádných událostí požárů lithiových a lithium-iontových baterií. Sumarizovat veškeré dostupné informace a shrnout zásadní poznatky a zkušenosti. Získané informace použít při tvorbě pracovních postupů na zásah dané problematiky.

Vedlejším cílem je zpracovat charakteristiku požárních rizik lithiových a lithium-iontových baterií pohledem provádění záchranných a likvidačních prací jednotkami požární ochrany. Na základě informací je zapotřebí vymezit preventivní opatření, stanovit postupy při vzniku mimořádné události ve výrobě, přepravě, skladování a hlavně při vzniku požáru. Přitom využít zkušeností a zaváděné praxe v České republice i zahraničí.

1.2 Metodika bakalářské práce

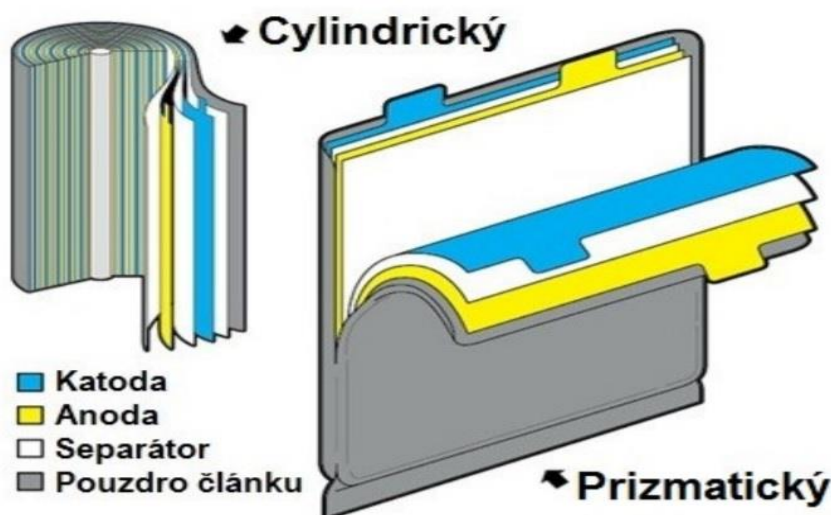
V práci bude využita výzkumná metoda pomocí strukturovaných individuálních rozhovorů s příslušníky Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje (HZS PK). HZS PK je členěn na sedm územních odborů – Domažlice, Klatovy, Plzeň-město, Plzeň-jih, Plzeň-sever, Rokycany a Tachov. Z každého územního odboru bude proveden osobní rozhovor s jedním příslušníkem. Jejich teoretické i praktické poznatky mohou být využity do pracovních listů, které autor práce vytvoří pro potřeby zásahu na mimořádné události dané problematiky.

Strukturované rozhovory budou provedeny s příslušníky, kteří vykonávají velící činnost při řešení mimořádných událostí na místě zásahu a jsou zařazeni pro výkon služebního místa inspektor-velitel družstva a vrchní inspektor-velitel čety. Při vzniku mimořádné události se tito příslušníci stávají veliteli zásahu. Řídí činnost jednotek požární ochrany a hasičů při zásahu. Svým rozhodováním zodpovídají za správně zvolenou taktiku a řešení mimořádné události. Úkolem činnosti při zásahu je ochrana životů, zdraví občanů a zasahujících hasičů, ochrana životního prostředí, záchrana majetku či minimalizace škod na majetku.¹

¹ ZPĚVÁK, A. *Zákon o integrovaném záchranném systému. Komentář*. Praha: Wolters Kluwer ČR, 2019, s. 78. ISBN 978-80-7598-199-8.

2 SLOŽENÍ, KONSTRUKCE A FUNKCE BATERIÍ

Existují dva typy baterií, které se mezi sebou liší svou konstrukcí i vlastnostmi. Jsou to lithiové baterie a lithium-iontové baterie. Z hlediska velikosti se jedná o články nebo baterie. Článek může být válcového tvaru nebo prizmatického tvaru (obrázek č. 1). Obaly článků jsou trvale utěsněny svařením nebo lisováním, aby se snížila možnost úniku látek.²



Obrázek č. 1 Tvar a složení lithiové baterie.³

Velmi často se články nazývají baterií, což je nesprávný výraz. Název baterie užíváme až při spojení dvou či více článků. Konstrukčně se skládá z modulů a moduly z článků. Obsahuje stovky někdy i tisíce článků. Ty jsou spolu dohromady zapojeny sériově, paralelně nebo sériově paralelně (obrázek č. 2). Jednotlivé články jsou označené napětí V (volt) a kapacitou mAh (miliampérhodin). Při zapojení do série se hodnota napětí násobí počtem článků a kapacita zůstává zachována. U paralelního zapojení se

² NEUMANN, J., PETRANIKOVA, M., MEEUS, M., et. al. *Recycling-of-Lithium-Ion-Batteries* [online]. Advanced Energy Material, Wiley - VCH GmbH, © 10. 01. 2022 [cit. 2022-11-01]. s. 17. Dostupné z WWW: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aenm.202102917>>.

³ *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR* [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-07]. s. 12-15. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

násobí kapacita počtem článků a napětí zůstává stejné hodnoty. Sériově paralelní je kombinací obou zapojení. Zapojovat by se měly jen články stejného napětí, typu a stáří.⁴



Obrázek č. 2 Modul s články, článek baterie – zapojení sériově paralelní.⁵

2.1 Lithiové baterie

Jedná se o tzv. primární baterie, které jsou jednorázové a nelze je dobíjet. Skládají se z anody, katody a separátoru. V anodě je obsaženo kovové lithium, které se vyznačuje mimořádnou reaktivitou při styku s kyslíkem. Pokud dojde ke kontaktu lithia s vodou, nastává chemická reakce s uvolněním velkého množství hořlavého plynného vodíku. To má za následek rychlý rozvoj požáru, který může vést až k explozivní reakci. Katodu tvoří oxid manganitý (MnO_2). Tyto baterie se vyznačují dlouhou životností. Využívají se především v zařízeních, která mají nízký odběr elektrické energie. Například kardiostimulátory, hodinky, hračky.⁶

2.2 Lithium-iontové baterie

Lithium-iontové baterie se považují za sekundární baterie, které lze dobíjet. Tento typ baterie neobsahuje lithium v kovové formě, ale ve formě elektrolytových iontů.

⁴ CENEK, M. *Akumulátory od principu k praxi*. Praha: FCC Public, 2003. s. 21-22. ISBN 80-86534-03-0

⁵ AUTOR. *Modul s články a článek baterie – zapojení sériově paralelní*. 2023.

⁶ *Managing Lithium-Ion Battery Exposure* [online]. American International Group, © 2016 [cit. 2022-11-01]. s. 1. Dostupné z WWW: <Headline 1 AIG Futura 35pt>.

Lithium-iontové a lithium-polymerové baterie obsahují řadu látek s vysokým podílem chemicky vázaného kyslíku, který podporuje hoření.

Článek lithium-iontové baterie se skládá hlavně z katody, anody a elektrolytu. Jako materiál anody se obvykle používá grafit. Pro katodu se používá mnoho různých látek. Přesné složení materiálu katody do značné míry ovlivňuje vlastnosti, jako je životnost, doba nabíjení a výkon. Na výrobu katody se často používají prvky jako železo, mangan, kobalt, nikl. Nejpoužívanější dle použitého materiálu jsou zejména tři typy lithium-iontových baterií - oxid lithium-manganičnaté (LiMn_2O_4), fosforečnan lithium-železnatý (LiFePO_4) a oxid lithium-nikl-kobalt-hlinitý (LiNiCoAlO_2). Katoda je oddělena od anody separátorem. Lithiové ionty jsou rozpuštěny v kapalném elektrolytu, který je hořlavý. Při vybíjení se lithiové ionty a elektrony uvolňují na straně anody. Elektrony protékají vnějším obvodem a provádějí elektrickou práci. Současně lithiové ionty migrují přes kapalnou elektrolyt a přes separátor na katodu. Při nabíjení je tento proces opačný.⁷

Elektrolyt se skládá především z kapalného rozpouštědla a vodivé lithiové soli, která umožňuje transport náboje uvnitř baterie pomocí iontů (jako je hexafluorofosforečnan lithný, LiPF_6). Hlavní kapalná rozpouštědla používaná v lithium-iontových bateriích jsou ethyl-karbonát, propyl-karbonát, dimethyl-karbonát, ethyl-methyl-karbonát a diethyl-karbonát.⁸

Separátor zabraňuje vzájemnému kontaktu kladné a záporné elektrody při současném umožnění toku co nejvíce vodivých iontů. Z bezpečnostního hlediska je velmi důležitý. Pokud by byl separátor porušen nebo by se významně smrštil, existuje riziko, že dojde k vnitřnímu zkratu. Separátor musí mít vlastnosti vysoké pevnosti, zanedbatelnou tepelnou roztažnost a vysokou teplotu tání. V lithium-iontových bateriích s organickými elektrolyty se obvykle používají materiály, jako je polypropylen (PP) a polyethylen (PE). Tyto druhy separátorů mají teplotu tání v rozmezí 125 – 130 °C nebo 155 – 160 °C.⁹

V praxi se setkáváme s různými druhy baterií. Liší se od sebe podle použitých materiálů, konstrukcí a označení od lithiových, přes lithium-iontové (Li-ion) až po

⁷ KAZDA, T. *Pokročilí systémy Lithno-iontových a post-lithno iontových akumulátorů*. Brno: Vysoké učení technické Brno, 2020. s. 8. ISBN 978-80-214-5815-4.

⁸ LI, Y., Z. *Fire and explosion hazard of alternative fuel vehicles in tunnels*. Borås: RISE Research Institut of Sweden AB, 2018. s. 22. ISBN 978-91-88695-55-0.

⁹ BISSCHOP, R., WILLSTRAND, O., AMON, F., ROSENGREN, M. *Fire safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. Borås: Borås: RISE Research Institut of Sweden AB, 2019. s. 19-20. ISBN 978-91-88907-78-3.

lithium-polymerové (Li-pol). Na trhu je více než deset typu baterií dle použitých materiálů. Mezi nejčastěji využívané typy patří Li-ion a Li-pol baterie.

Základní typy lithiových baterií:

- *Li-ion – baterie složena z katody LiCoO_2 , anody LiC_6 nebo C, elektrolytu LiPF_6 , separátoru PE/PP.*
- *Li-pol – baterie složena z katody LiCoO_2 , anody LiC_6 nebo C, elektrolyt-separátoru = pevný polymer (např. PMMA či PAN), polymerní obal baterie.*
- *Lithium-železo-fosfátové LFP (příp. LiFe , LiFePO_4) – složena z katody LiFePO_4 , anody Li nebo LiC_6 .*
- *Lithium-titanové baterie LTO – složena z katody LiMn_2O_4 , anody $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$.*¹⁰

2.3 Lithium-polymerové baterie

V lithium-polymerové baterii je elektrolyt sjednocen do molekulární struktury polymerního filmu, nazýván též polymerní elektrolyt. Odpadá nutnost separátoru a tím polymerní film umožňuje plochou konstrukci baterie. Taková zařízení na ukládání energie se především používají v mobilních telefonech a noteboocích. Nevýhodou je značná citlivost na mechanické poškození a s tím spojené nebezpečí požáru. Tenkovrstvý lithiový článek je úložiště energie, ve kterém je elektrolyt nahrazen iontově vodivým plynem. Může být použito lithiového kovu s extrémně vysokou hustotou energie. Tato technologie je v současné době důležitou součástí výzkumu lithiových úložišť energie.¹¹

2.4 Bezpečnostní prvky baterie

Bezpečnostní prvky baterie můžeme rozdělit z hlediska konstrukce nebo integrovaného systému řízení baterie.

2.4.1 Konstrukční

Jedno z konstrukčních bezpečnostních zařízení pro válcové a prizmatické články jsou omezovače proudu (PTC) a přerušovače proudu (CID). Válcové články, podobně jako prizmatické a jiné články s pevným pláštěm, jsou navrženy tak, aby obsahovaly průtržné disky, které po zvýšení tlaku uvolní obsah vypouštěných plynů. Bateriové obaly

¹⁰ LI, Y., Z. *Fire and explosion hazard of alternative fuel vehicles in tunnels*. Borås: RISE Research Institut of Sweden AB, 2018. s. 22. ISBN 978-91-88695-55-0.

¹¹ *Průvodce bezpečnostním skladováním Li-Ion akumulátorů* [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/o-nas/denios-know-how/pruvodce-bezpecnym-skladovanim-li-ion-baterii>>.

nemohou tato zařízení používat. Aby mohly kontrolovaným způsobem vypustit produkované plyny, mohou mít úmyslně navržená slabá místa v obalu, která by se při zvýšeném tlaku protrhla. Takové řešení pomáhá s identifikací a včasným varováním před poruchou baterie lokalizací vypuštěných plynů pomocí systému.¹²

2.4.2 Battery Management systém

Některé typy lithium-iontových baterií mají integrovaný systém řízení baterie – Battery management systém - BMS. Jedná se v podstatě o řídicí jednotku baterie, která monitoruje, reguluje a optimalizuje jejich energetický výkon. Zajišťuje, že systém baterií pracuje v bezpečných provozních podmínkách. BMS může v případě potřeby jednat, aby zmírnil některé problémy. Například může vypnout modul nebo baterii, pokud teplotní senzor indikuje stav přehřátí.¹³

Lithiové baterie pro průmyslové využití jsou vybaveny pokročilým systémem správy baterií BMS, který provádí několik základních bezpečnostních funkcí:

- Monitorování napětí článku s ochranou proti přepětí / podpětí.
- Monitorování teploty článků s ochranou proti přehřátí / minimální teploty.
- Sledování proudu s ochranou proti nadproudu.
- Výpočet stavu nabití pomocí ukazatele stavu baterie.
- Identifikace a diagnostika interních poruch.
- Chování / ovládání více sad polí.
- Inteligentní řízení nabíječky, které dává jednotlivým článkům správné množství proudu na základě aktuálních podmínek článku.
- Aktivně řízené vyrovnávání disipativních buněk pro maximalizaci využitelné kapacity a prodloužení životnosti.¹⁴

Lithium-iontové baterie je třeba regulovat, aby se zajistilo, že žádný ze tří parametrů nepřekročí stanovené limity:

¹² CUMMINGS, S. *Li-Ion Tamer off-gas Monitoring vs smoke detection* [online]. Li-Ion Tamer, 27. 11. 2017 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW: <<https://liiontamer.com/li-ion-tamer-off-gas-monitors-vs-smoke-detection-2/>>.

¹³ BEDNARSKI, L. *Lithium – The Global Race for Battery Dominance and the New Energy Revolution*. London: C. Hurst & Co. Publishers Ltd., 2021 s. 185-186. ISBN 9781787385634.

¹⁴ ANDREA, D. *Battery Management Systems for Large Lithium-Ion Battery Packs*. Norwood: Artech House, © 2010. s. 16. ISBN 978-1-60807-104-3.

- Napětí článku.
- Teplota článku.
- Proud.

Aby to bylo možné, systém musí mít externí pojistku a stykače. Modulární baterie řídí externí stykače pomocí všestranného mechanismu ochrany blokovací smyčky. To lze použít pro jednotlivou baterii anebo pro soustavu baterií. Pokud některá z baterií detekuje poruchu, spustí blokování, které rozepne externí stykače, chrání baterii a systém před poškozením.¹⁵

„Aktivní ochrana baterie spočívá v používání ochranných obvodů. Článek baterie pro mobilní telefony obsahuje nejméně dva elektronické obvody, z nichž jeden je řídicí a druhý pracuje jako výkonový spínač. Články výkonových baterií obsahují ochranné obvody, které kromě napětí a proudu hlídají navíc i nepřiměřený nárůst teploty a při jejím překročení články odpojují. Výstupní napětí vždy upravuje výkonový elektronický systém. Ztráta napětí velké baterie, složené např. ze stovky článků, se vyrovnává elektronickým řízením, a proto neohrožuje činnost celého systému.“¹⁶

S dnešními výrobními standardy jsou lithium-iontové baterie relativně bezpečné. Výrobce zpravidla provádí různé bezpečnostní zkoušky ještě před uvedením sériových produktů na trh. Například jejich přeprava je povolena pouze, pokud je k dispozici zkušební certifikát dle UN 38.3. Pro získání tohoto certifikátu musí být úspěšně dokončena řada testovacích sérií, ve kterých jsou baterie testovány za různých přepravních podmínek.

Mezi testované přepravní podmínky patří:

- Simulace nadmořské výšky.
- Tepelná zkouška.
- Vibrace.
- Úder.
- Externí zkrat.
- Zkouška nárazem / skřípnutím.

¹⁵ PISTOIA, G. *Lithium-Ion Batteries: Advances and Application*. Amstrdam: Elsevir 2014. s. 349-350. ISBN: 978-0-444-59513-3.

¹⁶ *Bezpečnost lithiových baterií* [online]. ELEKTRO č.10/2010. Praha: FCC Public, 2010 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/bezpecnost-lithiovych-baterii--10691>>.

- Přílišné nabití.
- Vynucené vybití.¹⁷

2.5 Problematika elektromobility a hybridních vozidel

Elektromobil je vozidlo, které nemá spalovací motor. O pohon se stará elektromotor, který získává energii z baterií. Baterie se musí před jízdou dobíjet. Dojezd elektromobilu závisí na kapacitě baterie. Čím vyšší kapacita baterie, tím delší dojezd elektromobilu.

Další skupinou vozidel, která částečně využívá elektrický pohon v kombinaci se spalovacím motorem, jsou hybridní automobily. Rozlišujeme několik základní verzí hybridních pohonů.

- Plug-in hybrid – v automobilu je umístěn elektrický pohon i spalovací motor. Mezi pohony lze přepínat dle potřeby. Elektrický pohon je poháněn baterií, kterou je možné nabíjet ze zásuvky.¹⁸
- Mild hybrid – pohon především pomocí spalovacího motoru. Automobil je vybaven generátorem, který plní funkci startéru a alternátoru. Akumulátor pomáhá elektromotoru jen při startu a brzdění.¹⁹
- Full hybrid – jedná se o automobil, který je schopen využívat elektrický pohon nebo kombinovat elektrický pohon a spalovací motor. Mezi pohony lze přepínat a baterie se dobíjí za jízdy rekuperací.²⁰
- Power assist hybrid – primárním pohonem automobilu je spalovací motor. Pro potřebu zrychlení se připojuje elektrický motor. Mezi motorem a převodovkou je umístěn elektromotor s akumulátorem, který dobíjí při brzdění nebo jízdě z kopce.²¹

¹⁷ *Průvodce bezpečnostním skladováním Li-Ion akumulátorů* [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/o-nas/denios-know-how/pruvodce-bezpecnym-skladovanim-li-ion-baterii>>.

¹⁸ ANDREA, D. *Lithium-Ion Batteries and Applications*. Norwood: Artech House, © 2020. s. 196. ISBN 978-1-63081-769-5.

¹⁹ KAMEŠ, J. *Alternativní pohony automobilů*. Praha: BEN, 2004. s. 62-63. ISBN 80-7300-127-6.

²⁰ MI, CH., MASRUR, M. *Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives*. 2nd ed. Wiley, 2017. s. 111. ISBN: 978-1-118-97056-0.

²¹ HROMÁDKO, J. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony*. Praha: Grada, 2012. s. 67. ISBN 978-80-247-4455-1.

2.5.1 Identifikace elektromobilu a hybridních vozidel

Identifikace elektrického, popřípadě hybridního vozidla nemusí být na první pohled vždy průkazná. Lze ji rozdělit na přímé označení vozidel vnější a nepřímé vnitřní.

Do přímého označení patří různá loga či nápisy modré barvy. U elektrického vozidla se můžeme setkat s nápisem e-tron či e-drive. Hybridní vozidlo je označené nápisem hybrid (obrázek č. 3). V případě požáru může dojít k poškození nápisů či označení, a proto nelze na takovou identifikaci spoléhat. Mnohem spolehlivějším identifikačním prvkem je registrační značka elektrického vozidla. Dle zákona č. 193/2018 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích v § 7b odstavec 6 a 7 lze na základě žádosti vlastníka či provozovatele přidělit registrační značku, která je na začátku tvořena velkými písmeny EL (obrázek č. 3).²² Z takto označené registrační značky plynou různé výhody při provozu na pozemní komunikaci. Vozidla s registrační značkou EL jsou osvobozena od placení silniční daně, nepotřebují dálniční známku a mají bezplatné parkování v parkovacích zónách. Označení EL je mezinárodní a výhody lze čerpat i v zahraničí. Proto je velký předpokladem, že majitelé budou takové označení hojně využívat. Označení je ale dobrovolné, proto není identifikace 100% spolehlivá. Registrační označení EL není primárně určeno jen pro elektromobily. Toto označení mohou používat automobily, které kombinují různá paliva a emisní hodnota CO₂ nepřevyšuje 50g/km. Z těchto důvodů nelze na takové identifikační označení 100% spoléhat. Dalším identifikačním prvkem může být dodatečné označení vozidel. Jedná se o standardizované značení dle ISO 17840, kde každý druh paliva či pohonné energie je definován svojí značkou a barvou. Elektrické vozidlo je značeno oranžovou barvou se symbolem blesku (obrázek č. 3). Pro dodatečné označení elektrických vozidel může být použito označení nápisem ZERO EMISION či vyobrazení kabelu s koncovkou na karoserii vozidla. Na takto dodatečně značená vozidla nelze spoléhat. Pokud je vozidlo opatřeno nabíjecím konektorem, je to velice spolehlivý identifikátor elektrického vozidla (obrázek č. 4). Dobíjecí konektory bývají umístěny v přední masce vozidla nebo z boku u předního či zadního blatníku. U nepřímého označení automobilů na elektrický pohon nám může k identifikaci pomoci oranžově barevná kabeláž a konektory

²² ČESKO. Zákon č. 193 ze dne 15. srpna 2018 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2018, částka 95, s. 3115-3116. Dostupné z WWW: <<https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=2018&typeLaw=zakon&What=Rok&stranka=7>>.



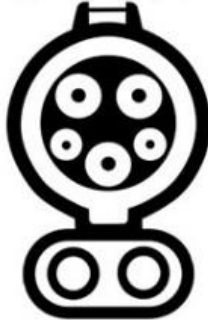


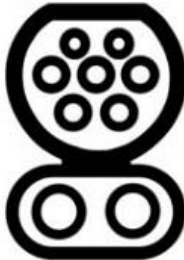
vysokonapětového rozvodu nebo display palubové desky, kde je ukazatel stavu kapacity baterie.²³



Obrázek č. 3 Označení elektrických a hybridních vozidel.²⁴

²³ Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-07]. s. 12-15. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

²⁴ Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-07]. s. 12-13. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

Střídavý proud AC	Stejnoseměrný proud DC	Kombinovaný (CSS)
Typ 1 Yazaki (Japonsko/USA) 	CHAdeMO (Japonsko/USA) 	Typ 1 CSS (Japonsko/USA) 
Typ 2 Mennekes (Evropa) 	Tesla Supercharger (Japonsko/USA) 	Typ 2 CSS (Evropa) 

Obrázek č. 4 Typy dobíjecích konektorů elektromobilů.²⁵

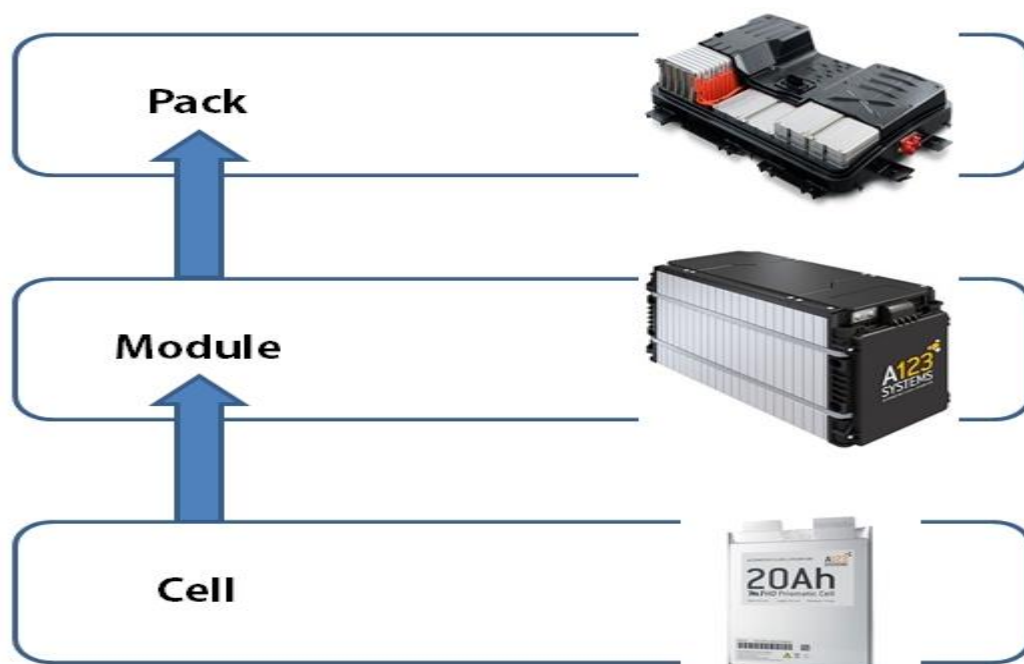
2.5.2 Konstrukce elektromobilu

Konstrukce elektromobilu se skládá z karosérie, baterie, podvozku a poháněcí soupravy, která je tvořena motorem a převodovým ústrojím. Baterie je složena z jednotlivých článků, které tvoří moduly a jsou uloženy do packetů. Baterie může být tvořena ze stovek až tisíců článků. Packet chrání baterii před mechanickým namáháním a vniknutím vody (obrázek č. 5). Cílem je vložit co největší baterii do automobilu, a přitom dodržet dostatečnou bezpečnostní zónu vozidla.

U osobních automobilů existuje několik konfigurací uložení baterií. Nejčastější uložení baterií se nachází v podlaze. Mají čtvercový, obdélníkový nebo „T“ tvar. Další možností, se kterou se můžeme setkat, je „zadní“ uložení, které využívá dostupný prostor mezi zadními koly. Na elektromobilitu se přechází i u autobusů a těžkých nákladních

²⁵ *Vše, co potřebujete vědět o nabíjení elektromobilů* [online]. Praha: Alza.cz, 3. 1. 2018 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z WWW: <<https://www.alza.cz/vse-o-nabijeni-elektromobilu>>.

vozidel. Uložení baterií u autobusů se nachází v podlaze nebo na střeše. U těžkých nákladních vozidel se baterie nejčastěji umísťuje nad přední nápravu vozidla.²⁶



Obrázek č. 5 Složení baterie elektromobilu.²⁷

2.5.3 Nebezpečí lithiium-iontových baterií a elektromobilů

Klíčová rizika elektromobility jsou spojená především s úrazem elektrickým proudem a s únikem nebezpečných plynů, zejména fluorovodíku.

Elektrické vozidlové systémy v elektromobilech jsou izolovanou soustavou. Nebezpečí úrazu elektrickým proudem nehrozí ani při dotyku s karoserií. Je třeba se vyhnout dotyku s živými částmi elektrického vozidlového systému. Při požáru nabíjeného elektrovozidla je nutné zajistit jeho odpojení od nabíjecí stanice.

²⁶ BISSCHOP, R., WILLSTRAND, O., AMON, F., ROSENGREN, M. *Fire safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. Borås: RISE Research Institut of Sweden AB, 2019. s. 21-29. ISBN 978-91-88907-78-3.

²⁷ FARAG, M. *Lithium-Ion Batteries: Modelling and State of Estimation* [online]. Hamilton, © 2013 [cit. 2022-12-28]. s. 10. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/publication/306240899_LithiumIon_Batteries_Modelling_and_State_of_Charge_Estimation>.

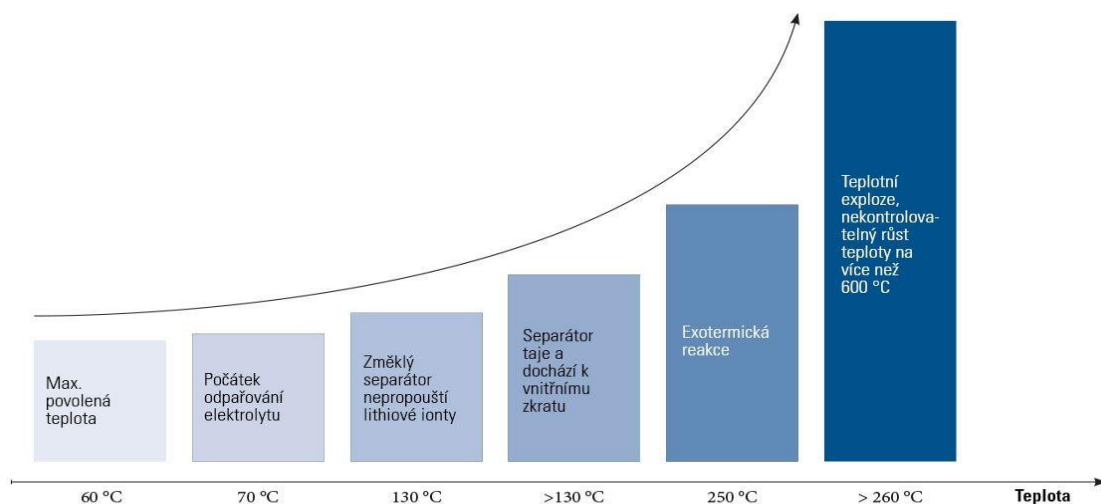
V případě nehody mohou být poškozeny baterie. Následkem poškození může být uvnitř baterie nastartována exotermická reakce, která však nezapříčiní okamžitý požár vozidla. Zahřívání baterie může probíhat postupně a k požáru může dojít až s určitou časovou prodlevou. Jednou z nejvíce znepokojujících vlastností požárů Li-ion baterií je to, že se mohou zdánlivě vznítit nebo znovu zapálit dny nebo týdny poté, co byly považovány za uhašené. Obecně zdroje uvádí cca 48 hodin. Je dokumentován i požár po třech týdnech po poškození baterie. Jako opatření je uváděno doporučení vozidlo po nehodě umístit po dobu minimálně 48 hodin ve venkovním prostoru v dostatečně vzdálenosti cca 15 metrů od veškerých hořlavých předmětů. V případě, že není dostatek místa, doporučuje se použití stínících stěn nebo obdobná opatření.^{28, 29}

U lithium-iontových a lithium-polymerních článků dojde při cca 150 °C k prasknutí pojistného ventilu a uvolnění škodlivých výparů do okolní atmosféry. Tyto plyny mohou obsahovat oxid uhelnatý (CO), fluorovodík (HF), fluorid fosforylu (POF₃), vodík (H₂), oxid uhličitý (CO₂), methylet (CH₂), ethen (C₂H₄) a ethan (C₂H₆). Toxicita kouře je závislá především na typu baterie. Největší koncentrace fluorovodíku jsou produkovány při procesu tepelného úniku (Thermal Runaway, obrázek č. 6) v počátku hoření, pak se koncentrace v čase snižuje. Směs plynů má tendenci být toxičtější, když se nespaluje. Pokud nedojde ke vznícení plynů uvolněných z baterie, mohou vytvářet v uzavřeném prostoru výbušnou směs, která při otevírání uzavřených prostor může způsobit Backdraft. Jedná se o jev, při kterém dochází ke snížení koncentrace kyslíku, který je obsažen ve vzduchu, a tím nedochází k plamennému hoření. Teplota v prostoru může dosahovat až 500 °C. Při otevření prostoru dojde k namísení vzduchu s normální koncentrací kyslíku se směsí horkých plynů a následuje výbuch hořlavých plynů a par. Fluorovodík může být plynný nebo může být rozpuštěn v hasební vodě.³⁰

²⁸ *Elektromobilita pohledem HZS ČR: Situační zpráva*. Lázně Bohdaneč: MV - GŘ HZS ČR. 2019 [cit. 2022-01-07]. s. 33. Interní zdroj HZS ČR.

²⁹ JESSE, R. *The Lithium-ion Conundrum* [online]. Quincy: NFPA JOURNAL, © 2016 [cit. 2022-11-08]. s. 47 Dostupné z WWW: <NFPA Journal - leden/únor 2016 (nxtbook.com)>.

³⁰ BISSCHOP, R., WILLSTRAND, O., AMON, F., ROSENGREN, M. *Fire safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. Borås: RISE Research Institut of Sweden AB, 2019. s. 46-47. ISBN 978-91-88907-78-3.



Obrázek č. 6 Thermal Runaway – proces tepelného úniku.³¹

Některé baterie mohou mít obal kvůli snížení hmotnosti vyrobeny z kompozitních materiálů. Zvláště vhodné jsou k tomu polymery vyztužené uhlíkovými vlákny, protože umožňují konstrukci velmi tuhých a lehkých struktur. Kompozitní materiály při požáru uvolňují svá vlákna, která jsou zdraví škodlivá a karcinogenní. Jemná uhlíková vlákna mohou dráždit dýchací cesty, oči nebo kůži.³²

2.5.4 Bezpečnostní systém elektromobilů

Bezpečnost z hlediska umístění baterií. U elektromobilů bývají baterie umístěny v podlaze vozidla, mezi nápravami, popřípadě v prostoru pod zadními sedačkami a kufrem. Autobusy mají umístěny baterie pod podlahou, některé typy na střeše. Baterie je umístěna v pevném ochranném obalu, který má určitou odolnost vůči nárazu, požáru vozidla i případnému zaplavení vozidla vodou.³³

Elektromobil automaticky odpojí bateriový systém od hnacího ústrojí, pokud je vozidlo vypnuté nebo pokud BMS detekuje úroveň nárazu nebo poškození baterie. Ve zvláštních případech může být nutné provést toto odpojení ručně. Pokud je vozidlo

³¹ Průvodce bezpečnostním skladováním Li-Ion akumulátorů [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/o-nas/denios-know-how/pruvodce-bezpecnym-skladovanim-li-ion-baterii>>.

³² SPECTOR, J. *The Arizona Battery Explosion Is Changing Conventional Wisdom on Safety* [online]. Greentech Media, 10. 10. 2019 [cit. 2022-12-07]. Dostupné z WWW: <<https://www.greentechmedia.com/articles/read/arizona-battery-explosion-conventional-wisdom-safety>>.

³³ BISSCHOP, R., WILLSTRAND, O., AMON, F., ROSENGREN, M. *Fire safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. Borås: RISE Research Institut of Sweden AB, 2019. s. 22-29. ISBN 978-91-88907-78-3.

vypnuté a existuje přístup k 12/24V baterii, odpojení kabelů baterie zabrání jeho neočekávanému rozjetí. Po úspěšném odpojení lithiové baterie a odpojení vysokonapěťového systému jsou za normálních okolností zaručeny bezpečné pracovní podmínky vysokonapěťového systému, protože vestavěné bezpečnostní systémy snižují riziko kontaktu se součástmi pod napětím nebo možnosti elektrického oblouku.

Kroky pro uvedení elektromobilu do bezpečného stavu, které jsou určeny pro hasiče:

- Přepněte elektrické vozidlo do parkovacího režimu, vyjměte klíče ze zapalování nebo jej deaktivujte vypínačem. Uložte klíče nejméně 10 metrů od elektrického vozidla.
- Vyjměte odpojovač vysokonapěťové baterie. Vždy mějte zástrčku s sebou.
- Odpojte 12V baterii od minusového kontaktu baterie.
- Počkejte alespoň 10 minut, než se kondenzátory vybijí.
- Pomocí vhodného detektoru napájení změřte, zda napětí kleslo na 0V.^{34,35}

³⁴ LONG, T., BLUM, A., BRESS, T., COTTS, B. *Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results* [online]. Quincy, © 2013 [cit. 2022-12-07]. s. 22-23. Dostupné z WWW: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/final_report_nfpa.pdf>.

³⁵ *Emergency Field Guide Now Includes Hybrid, Electric, Fuel Cell, and Gaseous Fuel Vehicles*. Quincy, Massachusetts: NFPA National Fire Protection Association, © 2015. s. 12. ISBN 978-1-4559-1274-2.

3 PŘÍČINY VZNIKU POŽÁRU

Příčiny vzniku požáru vedou k jeho rozvoji. Důvodem ke vzniku požáru je určité poškození baterie. V zásadě je můžeme rozdělit na poškození mechanické, tepelné, elektrické.

3.1 Mechanické poškození

Mechanickým poškozením baterie dochází k elektrickému zkratu, který má za následek rozvoj procesu tepelného úniku. K mechanickému poškození může dojít zejména u nesprávné manipulace s bateriemi, zejména na skládkách nebo sběrných vyřazených baterií – poškození manipulační technikou, pády, nárazy, povětrnostní podmínky. U skládek nebo sběren může být příčinou i vzájemné zkratování baterií nebo koroze. U elektromobilů se může jednat o mechanické poškození baterie v důsledku dopravní nehody, popř. zkrat baterie během zaplavení vodou.³⁶

3.2 Tepelné poškození

K tepelnému poškození baterie dochází při překročení teplotních limitů pro provoz baterie. Příčinou může být nevhodné konstrukční řešení bateriového systému, náhlá změna tepelných podmínek vnějšího prostředí, výpadek klimatizace, otevřený oheň, rozpálené součástky zařízení nebo skladování na přímém slunečním záření, mj. také nesprávný způsob skladování například v zimních měsících.³⁷

3.3 Elektrické poškození

K elektrickému poškození může dojít vlivem konstrukce baterie nebo chybným zapojením do systému (nesprávná volba kabelového rozchodu, nedostatek nebo nedostatečná ochrana před přepětím a zkraty v kabeláži, nedostatečná ochrana proti poškození izolace kabelu vlivem vibrací během provozu). K elektrickému přetížení může dojít například i použitím nesprávné nabíječky. Nadměrné proudové zatížení může být příčinou požáru, a to jak v procesu nabíjení nebo vybíjení. Přebíjení nebo rychlé vybíjení může vyvolat vnitřní zkrat baterie a spuštění procesu tepelného úniku. Při přebíjení se materiál anody může nadměrně lithiovat, začnou se tvořit ložiska (dendrity), která rostou,

³⁶ *Elektromobilita pohledem HZS ČR: Situační zpráva*. Lázně Bohdaneč: MV - GŘ HZS ČR. 2019 [cit. 2022-12-07]. s. 36. Interní zdroj HZS ČR.

³⁷ *Průvodce bezpečnostním skladováním Li-Ion akumulátorů* [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/o-nas/denios-know-how/pruvodce-bezpecnym-skladovanim-li-ion-baterii>>.

až dosáhnou bodu, kdy poruší separátor článku a způsobí vnitřní zkrat. Opak nastává u katody. Přebíjení má za následek de-lithiování do bodu, kdy se katoda tepelně rozkládá a vytváří teplo. Je třeba se vyvarovat nízkoteplotnímu nabíjení pod 0 °C. Nabíjení při nízkých teplotách ovlivňuje kinetický průběh reakce v článku a výsledkem může být zkrat. Příčinou vzniku požáru může být i hluboké vybití baterie. Pokud se li-ion baterie delší dobu nepoužívají, mohou se zcela vybit. Proces hlubokého vybití může urychlit např. skladování za nízkých teplot. Zde dochází k rozkladu kapalného elektrolytu a v důsledku toho se vytvářejí snadno hořlavé plyny. Pokud se následně provede pokus o dobití těchto článků, nemůže být dodávaná energie správně přeměněna kvůli nedostatku kapalného elektrolytu a může dojít ke zkratu nebo požáru.³⁸

*„Prakticky všechny typy niklových (Ni-Cd, Ni-MH), lithiových, lithium-iontových baterií s výjimkou lithium-železo-fosfátových (LiFePO₄) mají tendenci k samovznícení, pokud dojde k vyzkratování svorek (např. fyzický zkrat připojených vodičů, zaplavení vodivou kapalinou) nebo k fyzickému poškození vnitřní konstrukce (např. vnitřní zkrat způsobený poškozením separátoru mezi elektrodami v článku)“.*³⁹

Z hlediska stavu baterie můžeme odstupňovat pravděpodobné riziko vzniku požáru:

- Minimální riziko vzniku požáru hrozí u nových baterií.
- Ke zvýšenému riziku požáru dochází při nabíjení, vybití, údržbě, servisu a testování.
- Vysoké riziko požáru hrozí, pokud jsou baterie poškozené nebo u vyřazených z provozu.

³⁸ BISSCHOP, R., WILLSTRAND, O., AMON, F., ROSENGREN, M. *Fire safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. Borås: RISE Research Institut of Sweden AB, 2019. s. 32-38. ISBN 978-91-88907-78-3.

³⁹ *Elektromobilita pohledem HZS ČR: Situační zpráva*. Lázně Bohdaneč: MV - GŘ HZS ČR, 2019 [cit. 2022-12-07]. s. 22. Interní zdroj HZS ČR.

4 ROZVOJ POŽÁRU

Každý typ chemické baterie, včetně článků na bázi lithia, je vystaven vlastnímu ohřevu, se kterým může být zjednodušeně zacházeno jako s přiměřeným k výsledku čtvercového proudu protékajícího článkem a vnitřním odporem článku. Existuje však místo, kde teplota článku začne stoupat sama o sobě, buď po dosažení určité teploty v důsledku zkratu, nebo po mechanickém poškození membrány separátoru elektrod, které způsobí vnitřní zkrat.

Při teplotách mezi 90 – 120 °C začíná docházet k exotermickému rozkladu elektrolytu a anody. Uvnitř článku tedy dochází k nárůstu tepla a tlaku plynů a par. U lithium-iontových a lithium polymerních článků dojde při cca 150 °C k prasknutí pojistného ventilu a uvolnění škodlivých výparů do okolní atmosféry. Tyto plyny mohou obsahovat oxid uhelnatý (CO), vodík (H₂), fluorovodík (HF), oxid uhličitý (CO₂), fluorid fosforylu (POF₃), methylet (CH₂), ethen (C₂H₄), ethan (C₂H₆). Při teplotách mezi 130 – 160 °C se začíná tavit separátor, což následně vede ke zkratu. Při překročení teploty 200 °C začíná docházet k tepelnému úniku, čímž dochází k rychlému nárůstu teploty článků přibližně na 690 °C za přítomnosti plamenů. Teplo vytvářené při procesu tepelného úniku v jednom článku se následně šíří na další články baterie.⁴⁰

Skladba uvolňovaných plynů může mít vliv na rozvoj požáru z hlediska výbušnosti. Je třeba si dát pozor na hromadění plynů v uzavřených prostorech.⁴¹

Kapacita baterie a úroveň jejího nabití ovlivňují rozvoj požáru. Čím vyšší kapacita a vyšší úroveň nabití, tím vyšší je rychlost uvolňování tepla a rychleji dochází k rozvoji procesu tepelného úniku.⁴²

Po mechanickém poškození baterie může dojít k rozvoji požáru ihned anebo i několik dní po poškození.

⁴⁰ MIKOLAJCZAK, C., KAHN, L., WHEIT, K., LONG, T. *Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment*. New York, Springer New York, © 2012. s. 46. ISBN 978-1-4614-3485-3.

⁴¹ SPECTOR, J., *The Arizona Battery Explosion Is Changing Conventional Wisdom on Safety* [online]. Greentech Media, 10. 10. 2019 [cit. 2022-12-07]. Dostupné z WWW: <<https://www.greentechmedia.com/articles/read/arizona-battery-explosion-conventional-wisdom-safety>>.

⁴² BISSCHOP, R., WILLSTRAND, O., AMON, F., ROSENGREN, M. *Fire safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. Borås: RISE Research Institut of Sweden AB, 2019. s. 42-43. ISBN 978-91-88907-78-3.

Mezi projevy rozvoje požáru baterie patří:

- Vysoká teplota.
- Deformace baterie.
- Praskání.
- Elektrické jiskry a oblouky.
- Uvolnění plynů.⁴³

Doba zapálení plynů uvolněných při tepelném úniku je různá podle typu baterie, konstrukce bateriového systému, druhu poškození, atd. K plamennému hoření může dojít od řádu několika sekund po několik desítek sekund, v případě elektromobilů i několik minut.

Z provedených testů vyplývá, že nehašený požár elektromobilu trvá přibližně jednu až dvě hodiny. Následně baterie chladnou. Při testech s hašením elektromobilu bylo dosaženo kratších časů, nicméně existuje riziko opětovného zahoření baterie po několika hodinách.⁴⁴

Rozvoj požáru baterie v bodech:

- Poškození baterie – tepelné, elektrické, mechanické.
- Exotermický rozklad elektrolytu a anody – vytváření tepla a hořlavých plynů.
- Vypuštění plynů z článku/uvolnění tepla – stav, kdy ještě lze zastavit proces tepelného úniku, pokud se podaří detekovat poruchový stav a dojde k vypnutí zařízení, odpojení baterie, zastavení nabíjení, apod.
- Tání separátoru – zkrat.
- Thermal Runaway – nekontrolovatelná řetězová reakce tepelného úniku.⁴⁵

⁴³ JESSE, R. *The Lithium-ion Conundrum* [online]. Sprink Creek Parkway: NFPA JOURNAL, 2016. [cit. 2022-11-08]. s. 47. Dostupné z WWW: <https://www.nxtbook.com/nxtbooks/nfpa/journal_20160102/index.php#/p/46>.

⁴⁴ LONG, T., BLUM, A., BRESS, T., COTTS, B. *Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results* [online]. Quincy, © June 2013 [cit. 2022-12-07]. s. 193. Dostupné z WWW: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/final_report_nfpa.pdf>.

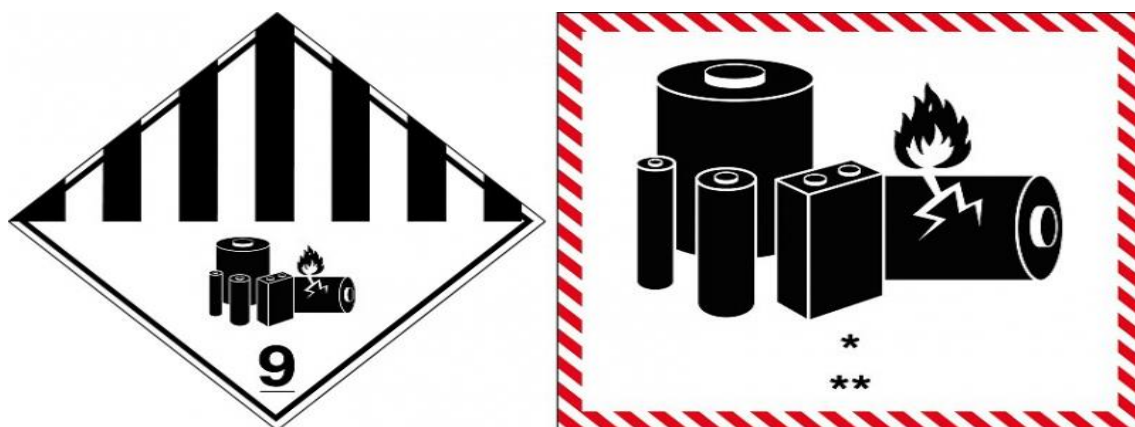
⁴⁵ *Průvodce bezpečnostním skladováním Li-Ion akumulátorů* [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2022. [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/o-nas/denios-know-how/pruvodce-bezpecnym-skladovanim-li-ion-baterii>>.

5 PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ

Preventivní opatření mají za cíl zabránit poškození baterií. Poškozením baterií by mohlo dojít ke vzniku požáru. V případě vzniku požáru, se musí zmírnit jeho rozvoj a šíření.

5.1 Přeprava baterií

Z hlediska pozemní dopravy automobilové (ADR) a vlakové (RID) je nutné při přepravě lithium-iontových a lithiových baterií postupovat dle platných mezinárodních předpisů. Dle klasifikace patří lithiové baterie do třídy nebezpečí 9A (viz obrázek č. 7). Mezinárodní identifikační číslo látky (UN) je UN 3480 a přepravní název LITHIUMION BATTERIES. Dalšími UN čísly mohou být UN 3081, UN 3090, UN 3091. Obalová skupina ADR – II, plastové boxy a bezpečnostní skříně pro přepravu a skladování s protipožární odolností 90 minut dle DIN 14 470-1 (obrázek č. 8).



Obrázek č. 7 Bezpečnostní značení lithiových baterií při přepravě dle ADR, RID.⁴⁶

Leteckou přepravu lze vyvodit z předpisů mezinárodní asociace leteckých dopravců (IATA) týkajících se přepravy samostatně balených lithium-iontových a lithiových baterií (UN3480/PI965). Předpisy pro leteckou přepravu využívají klasifikaci na základě obsažené elektrické energie v lithium-iontových baterií, nebo dle

⁴⁶ *Dohoda ADR 2019* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 10. 05. 2019 [cit. 2022-11-08]. Dostupné z WWW: <[https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-\(1\)/Dohoda-ADR-2019/10_ADR-2019_Cast_5.pdf.aspx](https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Dohoda-ADR-2019/10_ADR-2019_Cast_5.pdf.aspx)>.

hmotnostního obsahu lithia. Také je aplikováno povinné značení balení lithiových baterií. Přepravě baterií na palubách letadel je věnována velká pozornost především z důvodů rizika požáru, které je zvýšeno těsným uspořádáním nákladu na palubě letadla a také sníženým tlakem okolního vzduchu během přepravy, který může u některých typů článků způsobit až mechanickou deformaci článku.⁴⁷



Obrázek č. 8 Přepravní box pro lithiové a lithium-iontové baterie.⁴⁸

5.2 Skladování baterií

Obecné požadavky na bezpečnost skladování baterií uvádí odborná studie a výrobci baterií Hyperdrive, Invenox. Jedná se zejména o následující doporučení:

- Doporučená teplota skladovacího prostoru musí být od -10 °C do 30 °C (pokud není dodavatelem stanoveno jinak).
- Mělo by se vyvarovat prudkým a náhlým změnám teplot. Optimální skladovací teplota je cca 25 °C .
- Absolutní teplotní limity při skladování jsou mezi -40 °C a $+70\text{ °C}$.

⁴⁷ HRZINA, P. *Bezpečnostní aspekty bateriových systémů v souvislosti s požární bezpečností staveb na území České republiky* Odborná studie. 2018. [cit. 2022-12-27]. s. 17. Interní zdroj HZS ČR.

⁴⁸ *Přepravní box pro lithiové a lithium-iontové baterie* [online]. Roudnice nad Labem: MEVA-TEC, 2022 [cit. 2022-12-27]. Dostupné z WWW: <<https://www.mevatec.cz/Plastovy-box-s-vikem-a-popruhy-s-UN-kodem-600-l-d5190.htm>>.

- Teplota vyšší než 70 °C může způsobit tečení baterie nebo její roztržení (pokud není stanoveno dodavatelem jinak).
- Úroveň nabití baterie při skladování musí být mezi 35 – 55%. Tzn. 3,40 – 3,65V na článek. Úroveň nabití by měla být kontrolována nejméně každý 3. měsíc. Pokud je to nezbytné, provést nabíjení.
- Nenabíjejte ani nevybíjejte baterie v úložném prostoru.
- Jakákoliv koroze, snížení kapacity nebo jiné abnormality by měly být nahlášeny.
- Vlhkost vzduchu mezi 20% a 70%.
- Pokud baterie navlhnou, může být zhoršen jejich izolační odpor a může dojít k samovybíjení a korozi. Teplo může způsobit zhoršení vlastností baterie a její degradaci.
- Je třeba skladovat na suchých, čistých místech mimo dosah otevřeného ohně a potravin.
- Nesmí být vystaveny ohni, teplu, přímému slunečnímu světlu nebo umělému UV záření.
- Nesmí být vystaveny nadměrné vlhkosti, vodě, chemikáliím nebo jiným kapalinám nebo korosivním látkám.
- Nesmí být při skladování vystaveny předpokládanému nebo pravidelnému mechanickému zatížení (případně vibrace, otřesy).
- Baterie musí být skladovány na elektricky nevodivých površích a nesmí přijít do styku s kovovými částmi.
- Baterie je nutné skladovat v jejich originálním balení.
- Elektrické kontakty baterie musí být při skladování izolovány.
- Krabice s bateriemi se nesmí stohovat do větší výšky, než stanovil výrobce.
- Neskladujte ve výšce kvůli hmotnosti baterie a zvýšenému riziku poškození pádem.
- Na baterii nestohujte žádné předměty, včetně jiných baterií.
- Nepropichujte, nemačkejte ani nevhazujte do ohně.
- Nerozebírejte baterie.^{49,50,51}

⁴⁹ HYP-226-MAN-Z-001 Advice note on storage and handling of Hypedrive Gen 4 lithium-ion batteries. Hypedrive Innovation LTD, 2020 [cit. 2022-12-27]. s. 5 - 6. Interní zdroj HZS ČR.

⁵⁰ Product Safety Datasheet EG Sicherheitsdatenblatt. Garching: INVENOX GmbH, 2015 [cit. 2022-12-28]. s. 4. Interní zdroj HZS ČR.

⁵¹ HRZINA, P. *Bezpečnostní aspekty bateriových systémů v souvislosti s požární bezpečností staveb na území České republiky*. Odborná studie, 2018. [cit. 2022-12-27]. s. 18-19. Interní zdroj HZS ČR.

Výrobce dále stanoví požadavky na úroveň nabití baterií při dlouhodobém skladování. Úroveň nabití má vliv na reaktivitu baterie, hluboké vybití baterie je kritickým stavem.

Další požadavky na skladování:

- Sklad musí být umístěn v prostoru pro hořlavé látky.
- Baterie nesmí být skladovány současně s hořlavými látkami nebo v prostorách s výskytem osob.
- Větší skladovací prostory, více než 7m³ nebo 6 euro palet musí být skladováno v požárních kontejnerech nebo v samostatném požárním úseku.
- Velmi rozlehlé sklady musí být rozděleny na oblasti max. 60m²/3m výška.
- Skladovaná oblast musí být sledována požárním systémem a trvalou obsluhou.
- Ke všem bateriím musí být zajištěn přístup pro hašení a vhodné hasivo.

Podmínky pro skladování ve výrobním prostoru:

- Minimální počet baterií k aktuální potřebě.
- Bezpečná vzdálenost 2,5m od úložných prostor a zařízení na pracovišti.
- Uložení v požárním boxu.
- Vhodné hasivo v blízkosti.⁵²

5.3 Bezpečnostní pokyny pro skladování baterií

Každý výrobce poskytuje obecné informace o bezpečné manipulaci a skladování svých produktů - například o optimálních provozních a skladovacích teplotách. Tyto pokyny, které se obvykle nachází v návodu k obsluze anebo v bezpečnostních listech, je třeba bezpodmínečně dodržovat. Z těchto dokumentů můžete také vyvodit závěry pro posouzení rizika.

Pokud jde o množství lithium-iontových baterií ve výrobních závodech, zde se doporučuje, že by měla být dodržována denní potřeba a omezovat množství na nezbytné minimum. Rovněž by měla být k dispozici vhodná hasicí zařízení. Obecně se doporučuje zacházet s lithiovým úložištěm energie jako s nebezpečnou látkou a podle toho navrhnout manipulaci. Provést posouzení rizika, navrhnout vhodná opatření, vypracovat specifické

⁵² *Průvodce bezpečnostním skladováním Li-Ion akumulátorů* [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2022. [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/o-nas/denios-know-how/pruvodce-bezpecnym-skladovanim-li-ion-baterii>>.

bezpečnostní pokyny a vyškolit zaměstnance v odborném zacházení s nebezpečnými médii.

Obecné bezpečnostní pokyny pro zacházení s lithiovými bateriemi. Tepelná zátěž může ovlivnit nejen životnost, ale také bezpečnost lithium-iontových baterií. Bateriový systém by neměl být bezprostředně ani trvale vystaven vysokým teplotám nebo zdrojům tepla. Patří sem i přímé sluneční světlo. Je třeba se také vyhnout dlouhodobému vystavení chladu, protože to podporuje hluboké vybití při používání. Pokud se hluboce vybitá lithiová úložiště energie znovu připojí k nabíječce, může také dojít k požáru. Proto je nutné dodržovat provozní a skladovací teploty doporučené výrobcem.

Kontakt s vlhkostí (např. srážky, kondenzace nebo stříkající voda) může vést ke zkratu v baterii, proto byste vždy měli lithiové úložiště energie skladovat na suchém místě a chránit ho před vlhkostí během přepravy a používání.

Jednou z nejčastějších příčin požárů baterií, zejména v soukromém sektoru, je použití nekompatibilních nabíječek. Mohou mít například vyšší napětí, než baterie potřebuje, a tím ji zničit. Používejte proto pouze nabíječky, které jsou určeny k použití ve spojení s vaším modelem baterie. Kromě použití nesprávné nabíječky existují během nabíjení i další rizika. Nenabíjejte lithiové baterie po dlouhou dobu, pokud je nepotřebujete. V blízkém okolí nabíjené baterie není vhodné mít hořlavé předměty. Pokud chcete baterie později skladovat, doporučuje se nižší úroveň nabití. Tím se sníží množství energie, které může při havárii způsobit škodu, ale vždy by měla existovat určitá minimální úroveň nabití, aby se zabránilo hlubokému vybití. Zde by mělo být postupováno podle pokynů výrobce.

Mechanické namáhání může způsobit deformaci článků uvnitř baterie a vést k interním zkratům. Proto je vhodné se ujistit, že zařízení pro ukládání energie nejsou vystavena nárazům, úderům nebo kolizím. Pokud dojde k nárazu nebo kolizi, neměly by se poškozené baterie za žádných okolností používat. Měly by být okamžitě vyjmuty a do likvidace skladovány odděleně. Poté baterie řádně zlikvidovat nebo zrecyklovat. Z bezpečnostních důvodů by se měly také zabezpečit póly poškozených baterií pomocí krytek.⁵³

⁵³ *Průvodce bezpečnostním skladováním Li-Ion akumulátorů* [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2022. [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/o-nas/denios-know-how/pruvodce-bezpecnym-skladovanim-li-ion-baterii>>.

5.4 Stavebně technické řešení skladování baterií

Neexistují legislativní ani normové požadavky konkrétně pro skladování lithiových baterií. Z hlediska podmínek pro skladování je nutné se především řídit požadavky výrobce baterií. Z požárního hlediska můžeme pouze shrnout možnosti skladování v bodech:

- Samostatný požární úsek.
- Požární odolnost stavebních konstrukcí 120 min.
- Požární odolnost požárních uzávěrů 60 min.
- Elektrická požární signalizace – EPS.

Použití bodových čidel – kombinovaný teplotní a kouřový hlásič, popřípadě speciálních čidel pro detekci úniku plynu z li-ion baterií – včasnější detekce než standardní kouřová čidla.

Použití nasávacího systému s vyhodnocením.

Použití kamerové detekce s termovizí.

Při uložení baterií v regálovém systému je vhodné umístit čidla, popřípadě nasávací systém přímo do regálových polí.

- Zařízení dálkového přenosu.

Zejména u provozu, kde není nonstop provoz nebo stálá služba.

- Stabilní hasicí zařízení – SHZ

Vodní sprinklerové nebo mlhové.

Možno použít hasiva typu AFFF.

Při uložení baterií v regálovém systému je vhodné umístit čidla, popřípadě nasávací systém přímo do regálových polí.

- Zařízení pro odvětrání tepla a kouře.

Dostatečné podmínky ventilace jsou nutné nejen z hlediska prevence a ochrany lidí, ale i zásahu jednotek PO.

Požár baterií je provázen velkou produkcí hořlavých a toxických zplodin hoření.⁵⁴

Většina manuálů pro mimořádné události s baterií udává, že je nutno poškozenou, vadnou baterii ihned evakuovat z výrobního nebo skladovacího prostoru. Za tímto účelem

⁵⁴ *Lithium-Ion Battery Energy Storage Systems* [online]. AIG Energy Industry Group, © 1/2018 [cit. 2022-12-05]. s. 8. Dostupné z WWW: <<https://www.aig.co.uk/content/dam/aig/emea/united-kingdom/documents/Insights/battery-storage-systems-energy.pdf>>.

je vhodné vymezit v rámci areálu podniku karanténní prostor, kam bude baterie evakuována.

- Prostor pro umístění poškozených baterií – karanténní prostor. Pokud je takový prostor vzdálen min. 5 metrů od hořlavých materiálů a budov, je nutný nepřetržitý dohled min. 48 hodin. Při vzdálenosti min. 15 metrů, je bez nutnosti dohledu.

Poškozené nebo vadné baterie se ještě ukládají do požárních boxů.

- Prostor v areálu podniku pro řešení požáru baterií (místo vyskladnění baterií). Prostor nemusí být trvale volný. Lze ho připravit až v průběhu vzniku mimořádné události.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat prostorům, kde by bylo prováděno ve velkém nabíjení baterií. Toto je vhodné řešit jako samostatný požární úsek nebo za použití požárních skříní nebo kontejnerů.⁵⁵

5.5 Bateriová uložení

V České republice neexistují podrobnější normy, které by řešily instalace bateriových uložení. V případě instalace uložení je vždy důležité postupovat na základě příslušné analýzy rizik. Z technického hlediska normalizace řešíme pouze požadavky bezpečnosti nabíjecích stanic jako elektrického zařízení. U akumulátoru jde o sadu norem aplikovaných na akumulátory UPS systému a záložního napájení. Tyto normy jsou spojovány především s technologií olovných baterií, při kterých vzniká riziko výbuchu směsi vodíku a kyslíku.

Dodržením správného technického postupu při instalaci bateriového systému lze snížit riziko požáru. Je také důležité věnovat pozornost kabelovému stejnosměrnému elektrickému systému (DC). Kabely DC systému jsou většinou uzpůsobeny na velké proudové zatížení, a v případě zkratu s velkou impedancí nemusí zajistit nadproudová ochrana vypnutí. Nadproudová ochrana nemusí být vždy součástí, protože například vývody baterií nejsou často jištěny vůbec. Důležitá je zvýšená ochrana kabelů DC systémů před mechanickým poškozením. Kabel musí být vždy označen a nesmí být delší než 2m pro propojení baterií. Samotné baterie by měly být mechanicky ochráněné před

⁵⁵ *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR* [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-07]. s. 22-23. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

poškozením. V případě umístění baterií v garáži může dojít k poškození při parkování vozidla. Je též důležité dodržení doporučeného rozsahu teplot. Při jakékoli vybočení z teplotního rozmezí je nutné okamžitě zařízení odstavit. BMS systém by měl zajišťovat vhodné pracovní podmínky bateriových článků. Pokud by došlo k překročení mezních hodnot teplot nebo napětí, měl by dojít k okamžitému odpojení systému. Bateriová úložiště by se neměla instalovat do prostředí s hořlavým okolím. Mezi bateriovými články je třeba dodržet minimální vzdálenost 500mm a volný prostor pod úrovní bateriových vývodů 100mm. Instalované zásuvky by měly být v minimální vzdálenosti 1,8m od bateriových systémů. Minimalizujeme tím možnost zkratu při pádu vidlice na bateriové svorky. Obdobným způsobem by se měla dodržet bezpečná vzdálenost instalovaného osvětlení.⁵⁶

Společnost AIG doporučuje, aby byly bateriové systémy instalovány v samostatném požárním úseku s požární odolností stavebních konstrukcí 120 minut. Organizacím také doporučuje zavést automatické hlásiče pro detekci požáru a kouře, které by předávaly signál pomocí zařízení dálkového přenosu (ZDP). Zajistí se tím včasné rozpoznání vznikajícího požáru a tím se minimalizují vzniklé škody. Ze stabilního hasicího zařízení se přiklání k vodním sprinklerům, popřípadě k vodnímu mlhovému hasicímu zařízení. Dále je třeba myslet na přiměřené podmínky větrání a odvod kouře.⁵⁷

5.6 Recyklace a sběr baterií

Na konci životnosti lithiových baterií přichází čas na sběr a recyklaci. Jistě je to správná cesta vzhledem k životnímu prostředí a omezenému zdroji nerostných surovin. Tím nám ale vznikají další možná rizika a možnost vzniku požáru. Proto je nutné zavést několik zásadních bezpečnostních opatření, která by minimalizovala tato rizika.

Je třeba zajistit vhodné místo skladování a způsob uskladnění. Uskladněné baterie by měly být v suchém, chladném a dobře větratelném prostředí. Neměly by být vystavené přímému slunečnému záření, zdroji tepla nebo na dešti. Pro skladování většího množství lithiových baterií je třeba zvážit vytvoření nehořlavého přístřešku, který bude dostatečně vzdálen od provozních a administrativních budov.

⁵⁶ HRZINA, P. *Bezpečnostní aspekty bateriových systémů v souvislosti s požární bezpečností staveb na území České republiky*. Odborná studie, 2018 [cit. 2022-12-27]. s. 15. Interní zdroj HZS ČR.

⁵⁷ *Lithium-Ion Battery Energy Storage Systems* [online]. London: AIG Energy Industry Group, © 1/2018 [cit. 2022-12-05]. s. 8. Dostupné z WWW: Dostupné z WWW: <<https://www.aig.co.uk/content/dam/aig/emea/united-kingdom/documents/Insights/battery-storage-systems-energy.pdf>>.

Pokud jsou vyřazené baterie dodány v původních obalech od výrobců, je velká pravděpodobnost, že jsou baterie částečně nebo úplně nabité. Je důležité ponechat baterie v původních obalech a nevybalovat je. Minimalizujeme tím rizika možného zkratování a následného vzniku požáru.

Pro skladování a přepravu baterií na recyklaci je doporučeno používat pevné shromažďovací nádoby. Pokud jsou použity kovové sudy, musí být vnitřní prostor sudu opatřen nevodivou izolací. Skladovat a přepravovat lithiové baterie ve velkoobjemových pytlích typu big-bag je velmi nebezpečné. Dochází tam k vzájemnému pohybu baterií a tření, tím se zvyšuje možnost zkratování a hrozí vznik požáru.

Při manipulaci je důležité, aby nedošlo k mechanickému poškození baterií. Do sběrných nádob by se měly opatrně vkládat. To se týká hlavně měkkých lithium-polymerových článků. Pokud jsou články nafouknuté, je vhodné provést přebal pomocí bublinkové fólie. Zásadně se baterie nepřesypávají z nádoby do nádoby.

Dále by se mělo zamezit zkratování článků, které mají obnažené kovové svorky. Netýká se to jen lithium-iontových baterií, ale velmi často i Nikl-kadmiových článků. K tomu je vhodné použít smršťovací fólie či izolační pásky. Další možností, jak zamezit zkratování článků, je prostor mezi bateriemi prosypávat protipožárním a izolačním sypkým vermikulitem.

Dodržováním preventivních opatření minimalizujeme vznik mimořádné situace, ale i přesto nelze zcela vyloučit, že dojde k zahoření lithiových baterií. V těchto případech je nutné mít připraven box s pískem a hořící článek rychle zasypat. Pokud musí být boxy s lithiovými, lithium-iontovými či lithium-polymerovými bateriemi uskladněny ve vnitřním prostoru haly, musí být rychle a snadno přemístitelný na volné prostranství nebo určené karanténní místo. Pro přemístění musí stačit běžná manipulační technika. Velké skladovací prostory by měly být monitorovány kouřovými detektory. Pro monitorování zvýšených teplot lze využít pyrometry nebo termokamery.⁵⁸

5.7 Bezpečnost dobíjecích stanic

Dobíjecí elektrická stanice je zařízení, které je podobné jako zařízení na naftu či benzín, se kterými se běžně setkáváme na čerpacích stanicích. Tato zařízení slouží

⁵⁸ *Lithiové baterie a požární bezpečnost* [online]. Praha: ELEKTROWIN A.S., 13. 10. 2019 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z WWW: <https://www.elektrowin.cz/cs/aktuality-a-akce/aktuality.html/3_6704-lithiove-baterie-a-pozarni-bezpecnost/1>.

k dobíjení akumulátorů různých dopravních prostředků, mezi které patří elektromobily, elektroskútry, elektrokola.

Mezi druhy dobíjecích stanic patří běžné a vysoce výkonné. Běžné dobíjecí stanice se dále dělí podle výkonu do 3,7kW a od 3,7kW až do 22kW, které se používají běžně v domácnostech. Vysoce výkonné mají výkon od 22kW až 120kW a ultra výkonné nad 120kW, které dokážou nabít baterii během 20 až 30 minut na 80% její kapacity. Slouží většinou ke komerčním účelům a setkáváme se s nimi na čerpacích stanicích, venkovních i podzemních parkovištích a v hromadných garážích.

S větším nabíjecím výkonem dobíjecích stanic rostou rizika vzniku požáru při dobíjení baterií. Tím nám také roste nebezpečí při provádění požárního zásahu, a to hlavně v hromadných garážích. Proto je důležité doporučit instalaci některých protipožárních systémů, které by zamezily rychlému rozvoji požáru a podpořily lepší podmínky pro samotný požární zásah.

Hromadné garáže je doporučeno rozdělit na požární úseky, které by měly splňovat minimálně IV. stupeň požární bezpečnosti. Doporučuje se také instalace systému elektronické požární signalizace (EPS), samočinné stabilní hasicí zařízení (SSHZ) a zařízení pro odvod kouře a tepla (ZOKT). Dále vybavit riziková místa termokamerami, které by byly součástí EPS. Systém EPS napojen na pult centrální ochrany Hasičského záchranného sboru kraje. Z důvodu provedení bezpečného požárního zásahu se doporučuje šířka parkovacího stání pro dobíjení elektromobilu nejméně 3,5 metru. Parkovací stání určené pro dobíjení elektromobilů by se mělo realizovat jen na místech s pevnou podlahou. Usnadní to požární zásah a popřípadě transport zasaženého vozidla či ohrožených vozidel v bezprostřední blízkosti požáru. Nedoporučuje se umístění elektromobilů v zakladačích, které naopak požární zásah znesnadňují a transport neumožňují.⁵⁹

⁵⁹ *Požární bezpečnost staveb - elektromobilita. Metodické doporučení* [online]. Praha: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2021 [cit. 2023-01-10]. s. 3-4. Dostupné z WWW: <<https://www.hzscr.cz/clanek/metodicke-doporuceni-elektromobilita-a-pozarni-bezpecnost-staveb.aspx>>.

6 ŘEŠENÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

Na řešení mimořádné události se podílejí jednotky požární ochrany, které mají předurčenost na různé druhy mimořádných událostí (dopravní nehoda, nebezpečné látky) a jsou zařazené do plošného pokrytí kraje.⁶⁰

Může se jednat o různé mimořádné události, při kterých dochází k mechanickému, tepelnému, elektrickému poškození baterie bez vzniku požáru, anebo se může jednat přímo o požár baterie.

6.1 Poškození baterie

V případě, že dojde k vystavení baterie vnějším vlivům mimo standardní provozní stav baterie, dochází k zvýšenému riziku vzniku požáru. V takovém případě je nutné provést kroky vedoucí k zamezení rozvoje nebo šíření požáru. K rozvoji požáru poškozené baterie může dojít v řádu několika hodin i dní. Proto je třeba baterie izolovat několika způsoby.

- Převážný box s granulátem.
- Bezpečnostní skříně s monitorováním teploty.
- Vytyčení prostoru k uskladnění, dostatečně vzdáleno od objektů.
- Sypké a sorpční materiály na jímání vyteklého elektrolytu.⁶¹

6.2 Požáry baterií

Pro hašení lithiových baterií je důležité mít k dispozici hasební látku s vysokou tepelnou kapacitou, která je schopná odvést velké množství tepla. To v podstatě vylučuje z výběru prášky a plynná hasiva.

Nejvhodnějším hasivem se tedy ukazuje voda nebo voda se smáčedlem. Princip hašení spočívá v zastavení předávání tepla mezi články baterie a v ochlazení článků pod kritickou teplotu, kdy dojde k přerušení exotermické reakce. Největší vliv na efektivitu hašení, a tím pádem i na množství potřebné vody pro hašení, má konstrukce baterie a její umístění v elektrickém zařízení. Jednotlivé články baterie se budou mnohem

⁶⁰ HANUŠKA, Z. *Organizace jednotek požární ochrany*. 2. aktualizované vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2008. s. 53-64. ISBN 978-80-7385-035-7.

⁶¹ *Nádoby na lithio-iontové akumulátory* [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2023. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/shop/cistení-a-likvidace/nadoby-na-lithium-iontove-akumulatory/?page=1&scroll-target=sku-265740>>.

snadněji chladit, než baterie umístěna ve vozidle. Výhodné pro aplikaci vody je využití větracích otvorů, popřípadě využít puklin po vypuštění plynů při procesu tepelného úniku z baterie. Použití smáčedla do vody sníží povrchové napětí vody a dochází k lepšímu zatékání hasiva do baterie a lepší smáčivostí povrchu. Některá smáčedla na bázi AFFF jako například F-500 nebo Pyrocool mají aditiva, která snižují bod varu vody. Smáčedlo je určitě vhodné pro potlačení požáru a počáteční chlazení. V případě stálého zahřívání článků a neporušeného obalu baterie je vhodné použít vysokotlaké řezací a hasicí zařízení CCS COBRA, kterým se naruší obal baterie a voda se pod tlakem dostává mezi jednotlivé články baterie (obrázek č. 9). Při požáru je nutné počítat s odlétáváním článků baterie, zejména cylindrických. Tím mohou vznikat další ohniska požáru nebo dojít k poranění osob. Po dokončení zásahu je nutné umístění baterií na určené karanténní místo.



Obrázek č. 9 Požár baterií manipulátoru hašený zařízením CCS COBRA.⁶²

⁶² HOMOLČÍK, L. *Požár baterií manipulátoru* [online]. Mnichovo Hradiště: Hasičský záchranný sbor Středočeského kraje - krajské ředitelství, 03. 03. 2020 [2023-01-18]. Dostupné z WWW: <<https://www.hasici.cz/zhave-aktuality/Z-regionu/Stredocesky-kraj/Pozar-baterii-manipulatoru-zpusobil-skodu-za-sest>>.

6.3 Požáry elektromobilů

Postup hašení požárů elektromobilů je obdobný, jako při požáru běžných vozidel. K provedení zásahu budou stačit běžně používané technické a ochranné prostředky využívané jednotkami HZS. Při zásahu mohou vznikat specifické situace, se kterými je třeba počítat, a které jsou popsány v následující podkapitole.

6.3.1 Požáry elektromobilů

Takovou situací může být samovznícení nebo opětovné samovznícení lithium-iontové baterie, která byla vystavena teplotě vyšší než 80 °C. To lze očekávat i u baterie neporušené. K samovznícení může dojít i v důsledku dané nehody, při které došlo k mechanickému namáhání nebo v průběhu a důsledku prováděných záchranných prací. Po provedení zásahu na požár elektromobilu a při jeho předání je nutné stanovit opatření, která se musí dodržet, aby nedošlo k opětovnému samovznícení. Nebezpečí hrozí několik hodin i dnů po požáru.

Další specifickou situací je možný úraz elektrickým proudem. Rizika hrozí u vysokonapěťových rozvodů a samotné baterie. Ty se mohou stále nacházet pod elektrickým napětím, které je životu nebezpečné. S nejvyšším rizikem je nutné počítat při dobíjení elektrovozidel, která jsou připojena k nabíjecím stanicím.

Při požáru vnitřního prostoru vozidla může dojít k přehřátí baterie a tím nastane termální únik. Následně dojde k rychlému vyhoření přehřátého elektrolytu v blízkosti vozidla a může docházet i k drobným výbuchům. Proto je nutné dbát na bezpečnost zasahujících hasičů, kteří musí být vždy vybaveni kompletním zásahovým oblekem a izolačním dýchacím přístrojem. Dále vzniká možné riziko odlétávání uvolněných článků baterie, které mohou způsobit poranění osob. Odlétávající články mohou způsobovat další ohniska požáru v okolí místa zásahu popřípadě ohrožovat ostatní jedoucí vozidla.

Jelikož při požáru baterie dochází k hoření alkalických kovů, zejména lithia, dojde po styku s vodou k bouřlivé reakci, při kterém vzniká vodík a velké množství tepla. Nutná doba k uhašení požáru je mnohem delší, než u běžných vozidel, proto musíme počítat

s vyšší spotřebou dýchací techniky. Po uhašení požáru je nutné baterie dále chladit, tím narůstá spotřeba hasební vody.⁶³

6.3.2 Rizika úrazu elektrickým proudem při hašení elektromobilu

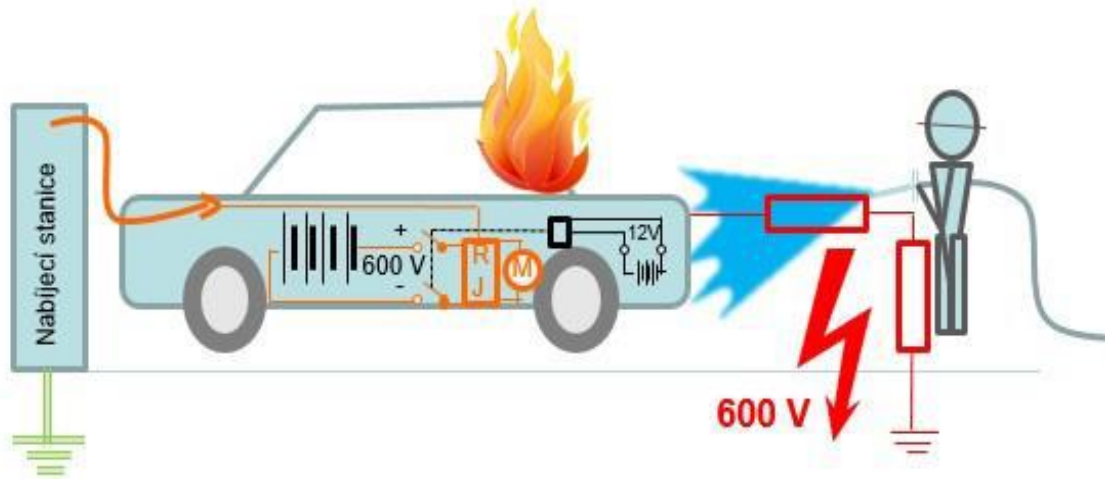
S rizikem úrazu elektrickým proudem se musí počítat při každé vzniklé mimořádné události. Je velice důležité správně vyhodnotit situaci a minimalizovat tím nebezpečí pro zasahující hasiče.

Největší riziko hrozí při požáru elektromobilu, který je připojen na dobíjecí stanici. V důsledku požáru může dojít k porušení izolace vysokonapěťových částí vozidla, vyřazení ochranných prvků vysokonapěťového systému a vznik možnosti potenciálu uzemnění proti zemi až 600V. Tím vzniká riziko pro hasiče, při kterém dochází k průchodu elektrického proudu přes proud hasiva. Takové riziko přetrvává i tehdy, pokud vypne hlavní vypínač dobíjecí stanice a dobíjecí kabel je stále propojen s elektromobilem. Do doby než dojde k odpojení vozidla od dobíjecí stanice, je nutné postupovat s vozidlem jako se zařízením pod napětím. Důležité je se vyvarovat používání pěnidel a smáčedel, které zvyšují vodivost vody a používat kombinované nebo vysokotlaké proudnice s minimálním tlakem na proudnicích v bezpečné vzdálenosti (obrázek č. 10).

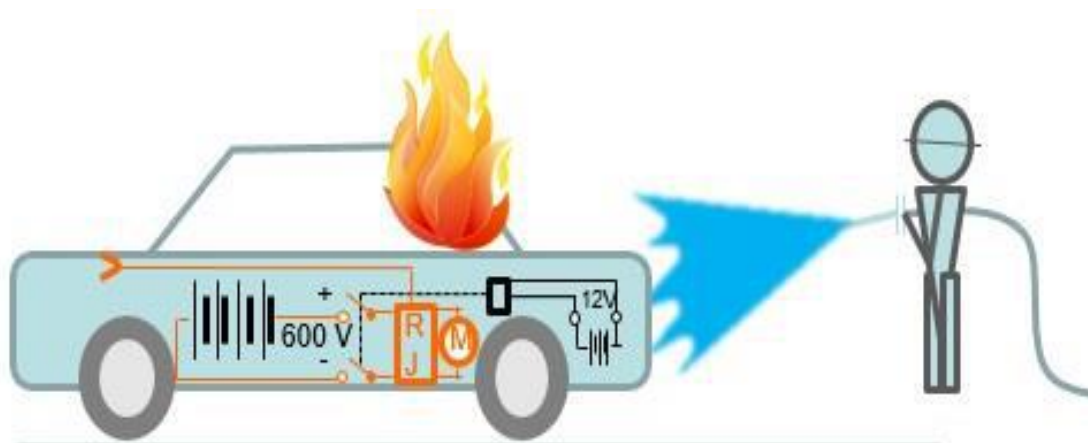
K úplně jiné situaci dochází, pokud nastane požár volně stojícího elektromobilu. Potenciál proti zemi je nulový, i když na svorkách baterií a vysokonapěťových částech vozidla může být 600V. Při dotyku karosérie země i v případě poškozených pneumatik nelze mluvit o dokonalém uzemnění, proto k hašení požáru lze využít pěnídla a smáčedla (obrázek č. 11).⁶⁴

⁶³ *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR* [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-04]. s. 17-18. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

⁶⁴ *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR* [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-04]. s. 19. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.



Obrázek č. 10 Hašení elektromobilu připojeného na dobíjecí stanici⁶⁵



Obrázek č. 11 Hašení volně stojícího elektromobilu.⁶⁶

6.3.3 Metody hašení elektromobilu

Při hašení požáru elektromobilu je nutné věnovat pozornost baterii vozidla. Je třeba kontrolovat vizuální stav baterie a provádět kontrolní měření teploty pomocí termokamer. V případě vzniku požáru baterie je několik metod hašení s použitím různých druhů hasiv. Nejefektivnější druh hasiva je voda. Má značný ochlazovací účinek, je snadno dostupná a ekonomicky nejlevnější.

⁶⁵ *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR* [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-04]. s. 19. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

⁶⁶ *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR* [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-04]. s. 19. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

Na hašení pomocí vody jsou tři možné aplikace. Ochlazování vnějšího pláště baterie, průnik vodního proudu do baterie na samotné články a noření do vodní lázně.

Na ochlazování vnějšího pláště baterie se aplikuje voda pomocí jednoho proudu „C“, kombinovanou proudnicí a sprchového proudu. Cílem je ochladit baterii na okolní teplotu. Ochlazování se provádí minimálně 10 minut, poté se 5 minut sleduje stav, jestli nedochází k opětovnému zahřívání nebo k vzniku kouře. Tento cyklus se může několikrát opakovat, a tím roste potřebné množství vody. Pro lepší účinnost ochlazování je možnost stabilizovat elektromobil na boku a za pomoci termokamery identifikovat konkrétní místo zahoření článků a zaměřit ochlazování na dané místo baterie (obrázek č. 12). V případě vhodných podmínek na místě zásahu lze po stabilizaci elektromobilu provést odšroubování baterie a odpojení od vozu. V takovém případě se pak bude jednat jen o požár baterie samotné a dojde k ochránění zbytku vozidla nezasaženého požárem. Nevýhodou této možnosti je samotná váha baterie, která může být až 250 kilogramů. Po úspěšném ochlazení baterie je třeba ještě cca 60 minut baterii sledovat, jestli nedochází k samozahřívání či vývinu kouře. Elektromobil či samostatná baterie se pak uloží na karanténní místo.⁶⁷



Obrázek č. 12 Ochlazování baterie elektromobilu stabilizovaného na boku.⁶⁸

⁶⁷ Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR [online]. Praha: MV-GRH HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-04]. s. 20-21. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

⁶⁸ BROCK, A. *High Voltage Vehicles Firefighting* [online]. YouTube, 9. 4. 2019 [cit. 2023-01-04]. Dostupné z WWW: <High Voltage Vehicle Firefighting - Brock Archer - YouTube>.

Pro aplikaci vodního proudu do vnitřního prostoru baterie se používají hasicí hřeby a vysokotlaké řezací a hasicí zařízení CCS COBRA. Při této metodě se musí dostat voda mezi hořící bateriové články. Pomocí hasicích hřebů nebo zařízení CCS COBRA je třeba prorazit nebo proříznout plášť baterie. Nejvhodnější místem se uvádí prostor mezi předními a zadními sedadly uprostřed tzv. středového tunelu. Aplikovaný proud by v tomto případě pronikl mezi segmenty baterie, což by mělo zabránit mechanickému poškození článků baterie. Při proražení dojde ke styku vody s lithiem, nahromaděnými plyny a vzniká prudká chemická reakce. Proto je nutné být vždy chráněn obranným proudem „C“. Po aplikaci vody mezi bateriové články dochází velice rychle k utlumení prudké reakce. Dále dochází k hašení poškozených článků a zároveň k ochlazení celého vnitřního prostoru baterie. V současné době se vyvíjí nové hasivo na bázi smáčedla. Má lepší hasicí schopnost a dokáže efektivněji odebírat teplo. Hasivo musí ještě projít certifikací, které vydává MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky (MV-GŘ HZS ČR) – Technický ústav požární ochrany (TÚPO).

Další možností, jak ochlazovat baterii elektromobilu je ponořením vozidla do vodní lázně (obrázek č. 13).



Obrázek č. 13 Ponoření elektromobilu do kontejneru s vodou.⁶⁹

⁶⁹ Při požáru vozidla v autoservisu vznikla dvoumilionová škoda [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR Oddělení dokumentace, 24. 6. 2020 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z WWW: <<https://www.hzscr.cz/clanek/pri-pozaru-vozidla-v-autoservisu-vznikla-dvoumilionova-skoda.aspx>>.

Při této možnosti musíme počítat s tím, že dojde k totální škodě na vozidlu. Pokud dojde vlivem požáru k poškození celého vozidla, lze tuto metodu použít bez dodatečné škody. Pro tuto metodu bude stačit jakýkoliv kontejner, který lze utěsnit. Je dobré do prostoru kontejneru vložit velkou plachtu, která zajistí vodotěsnost. Není nutné ponořit celý elektromobil, stačí, aby byly potopené celé baterie. Po ponoření vozidla do vody bude docházet k elektrolýze, při které budou vznikat výbušné plyny. Při elektrolýze dochází k rozkladu molekul vody na vodík (H_2) a kyslík (O_2). Tyto plyny mohou vytvářet výbušnou koncentraci a hromadit se v uzavřených částech vozidla. S takovou nebezpečnou situací musíme počítat již před ponořením vozidla. Je nutné zajistit takové podmínky, aby nedocházelo k hromadění těchto plynů v uzavřených částech vozidla, např. otevřením nebo rozbitím okének. Dále je důležité vybrat vhodné karanténní místo pro umístění kontejneru a počítat s únikem vzniklých nebezpečných plynů v jeho blízkém okolí. Vozidlo by mělo být v kontejneru s vodou ponořeno minimálně 48 hodin. Při zvolení této metody ochlazování je třeba počítat s tím, že nám vzniká kontaminovaná voda, která obsahuje závadné a nebezpečné látky pro životní prostředí. Vodu nelze vypustit do běžné kanalizace. Po ukončení zásahu bude nutná likvidace odbornou firmou.⁷⁰

Dalším hasivem, které by mohlo být teoreticky použito na hašení elektromobilu je oxid uhličitý (CO_2). Hasivo určené primárně na požáry elektrických zařízení pod napětím. Má hlavní hasicí účinek zřed'ování a vedlejší ochlazování. Pro uhašení elektromobilu a ochlazování baterie by bylo zapotřebí aplikovat velkého množství hasiva, na které nemusí stačit ani objem plynového hasicího automobilu. Lze tedy konstatovat, že hasivo jde použít na požár elektromobilu, ale jeho účinek se jeví jako velice neefektivní. V případě, vhodných podmínek při zásahu a možnosti oddělení baterie od elektromobilu, lze pak řešit požár baterie metodou izolace pomocí písku.

Metoda izolace zamezí přístupu vzdušného kyslíku a tím dochází k utlumení a následnému uhašení požáru. Písek jako hasivo je v takovém případě vhodný a lze ho doporučit.

Další možností na bázi izolace je použití hasicí plachty. Po zakrytí hořícího elektrického vozidla plachtou dochází rychle k izolaci od vzduchu, ale současně stoupá celkové zahřátí, a to včetně baterie. Jelikož baterie obsahuje dostatek hořlavín

⁷⁰ HORÁČEK, Z., KRÁL, M., STRNAD, Z., VYTEJČKOVÁ, V. *Vodní zákon. Komentář*. Praha: SONDY, 2015. s. 122. ISBN 978-80-86846-57-6.

a oxidačních činidel, tak v případě požáru je požití hasicí plachty neefektivní. Na požár elektromobilu nelze z tohoto důvodu použití hasicí plachty doporučit.⁷¹

6.3.4 Požáry elektromobilů v garážích

Při požárech vozidel v hromadných, podzemních i nadzemních garážích vznikají velice složité podmínky pro zásah. Většinou tvoří celá garáž či její část jeden velký požární úsek a šíření požáru na další vozidla probíhá velice rychle. Při požáru vznikají velmi toxické zplodiny hoření, vysoké teploty a silné zakouření. Některé hromadné garáže jsou vybaveny elektronickou požární signalizací, stabilním hasicím zařízením a vzduchotechnikou na odvod kouře. V takových případech se složité podmínky mění na přijatelné a průběh zásahu je tím ulehčený. Další nevýhodou je nízká průjezdná výška vjezdů a výjezdů garáží. Hasičské cisternové automobilové stříkačky (CAS) nedojedou blíže k místu zásahu, a tím vzniká dlouhá zásahová cesta pro nasazení útočných proudů.⁷²

V případě požáru elektrovozidla a po jeho uhašení nastává problém s jeho manipulací a transportem z garáží na volné prostranství. Jelikož hrozí opětovné zahoření baterií, musí se provézt odtažení vozidla na určené karanténní místo. K tomu slouží manipulační vozíky (obrázek č. 14).

⁷¹ *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR* [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2022-11-04]. s. 20-21. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

⁷² KOLEKTIV AUTORŮ *Bojový řád jednotek požární ochrany: P ML 14 požáry garáží*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. s. 256-259 713 s. ISBN 978-80-7385-197-2.



Obrázek č. 14 Manipulační vozík pro transport elektromobilu.⁷³

Pod každé kolo se umísťuje jeden vozík, který má nosnost 1000 kg. Na každém vozíku jsou nájezdové válečky a díky nim může proběhnout transport, i přes zpomalovací příčné prahy. Pro umístění manipulačních vozíků je třeba vozidlo zajistit proti pohybu. Poté se musí pomocí zvedacího pneumatického vaku nebo hydraulického zařízení vozidlo na jedné straně přizvednout a umístit pod obě kola transportní vozíky. Na uchycení vozíků se použijí popruhy s ráčnou. Stejným způsobem se postupuje u druhé strany vozu (obrázek č. 15).⁷⁴

⁷³ Olomoučtí hasiči vyvinuli speciální vozíky. Usnadní zásah u hořícího elektromobilu [online]. HZS Olomouckého kraje, 2021 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z WWW: <<https://www.hzscr.cz/clanek/video-olomoucti-hasici-vyvinuli-specialni-voziky-usnadni-zasah-u-horiciho-elektromobilu.aspx>>.

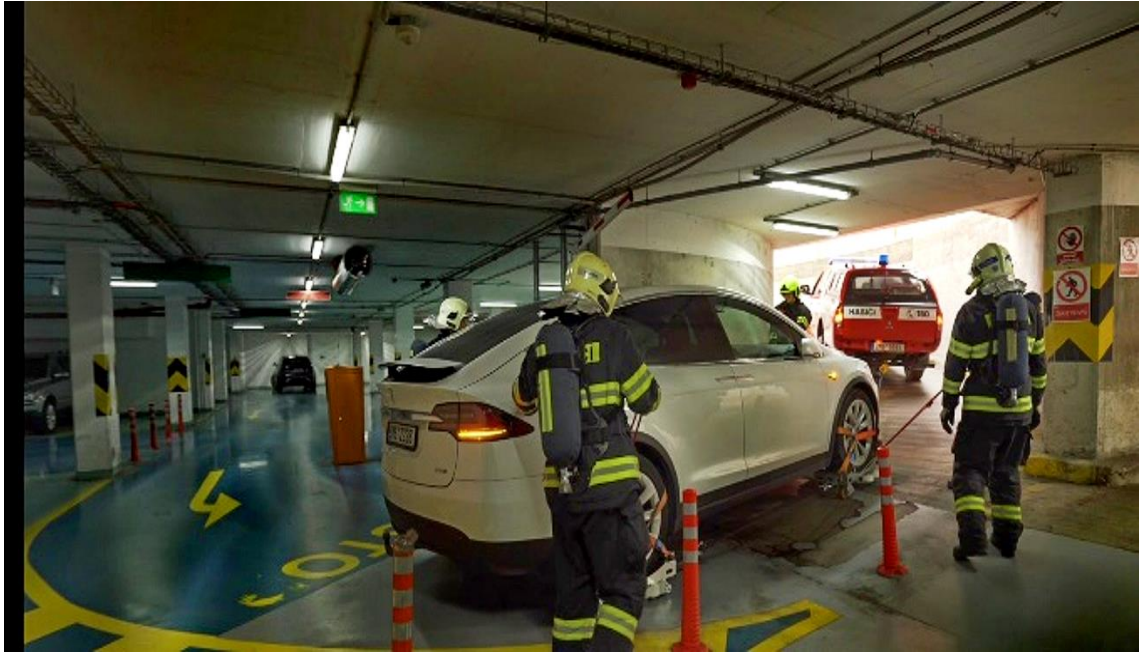
⁷⁴ Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2023-01-04]. s. 20-21. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.



Obrázek č. 15 Upevnění vozíků na elektromobil.⁷⁵

Pro uchycení a tažení vozidla lze využít lana, textilní zvedací popruhy s oky, řetězy nebo naviják. Samotný transport probíhá buď tažením, nebo brzděním. Záleží na parkovaném umístění vozidla. Z podzemních pater se vozidlo transportuje tažením a z nadzemních podlaží garáží brzděním. Na transport lze využít techniky HZS nebo PČR, která splňuje průjezdnou výšku garáží (obrázek č. 16). Nebo využít malý vyprošťovací automobil Toyota Hilux s odtahovými brýlemi Omars 3 (obrázek č. 17).

⁷⁵ Olomoučtí hasiči vyvinuli speciální vozíky. Usnadní zásah u hořícího elektromobilu [online]. HZS Olomouckého kraje, 2021 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z WWW: <<https://www.hzscr.cz/clanek/video-olomoucti-hasici-vyvinuli-specialni-voziky-usnadni-zasah-u-horiciho-elektromobilu.aspx>>.



Obrázek č. 16 Transport elektromobilu na manipulačních vozících.⁷⁶



Obrázek č. 17 Vyprošťovací automobil Toyota Hilux s odtahovými brýlemi Omars.⁷⁷

⁷⁶ Olomoučtí hasiči vyvinuli speciální vozíky. Usnadní zásah u hořícího elektromobilu [online]. HZS Olomouckého kraje, 2021 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z WWW: <<https://www.hzscr.cz/clanek/video-olomoucti-hasici-vyvinuli-specialni-voziky-usnadni-zasah-u-horiciho-elektromobilu.aspx>>.

⁷⁷ Vyprošťovací automobil Toyota Hilux pražských hasičů je vybaven odtahovými brýlemi Omar [online]. Praha: Požáry.cz, 17. 07. 2022 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z WWW: <<https://www.pozary.cz/clanek/262641-vyprostavaci-automobil-toyota-hilux-prazskych-hasicu-je-vybaven-odtahovymi-brylemi-omars/>>.

Po provedení transportu elektromobilu z prostoru garáží a umístění na určené karanténní místo, probíhá kontrola a měření teploty baterie, popřípadě ochlazování a samotné dokončení zásahu.⁷⁸

6.4 Vyhodnocení metod hašení

Po zpracování aktuálně dostupných informací a zásadních poznatků účinnosti druhů hasiv a způsobů hašení baterií nebo bateriových systémů, které nemají porušený obal, je nejvhodnější použití vysokotlakého řezacího a hasicího zařízení CCS COBRA s hasební vodou. Po proříznutí obalu baterie dochází ke vpravení vody pod tlakem mezi bateriové články a dochází k hašení a ochlazování. Pokud je obal porušený, stačí k hašení voda aplikovaná útočným proudem. Pro zvýšení účinnosti vody lze využít smáčedla na bázi AFFF, která snižují povrchové napětí vody a zvyšují hasicí efekt 2× až 4×.

V případě požáru baterie elektromobilu se jeví nejefektivnější metoda hašení pomocí zařízení CCS COBRA. Při této metodě dochází k porušení karoserie automobilu a vzniká riziko poškození dalších článků baterie. Nejvhodnějším místem pro proříznutí a hašení je prostor mezi předními a zadními sedadly uprostřed středového tunelu. Pokud z nějakého důvodu nelze zařízení CCS COBRA použít, nebo je tato metoda hašení neúčinná, je nutné elektromobil na několik desítek hodin až několik dní ponořit do kontejneru s vodou. V takovém případě vzniká velké množství kontaminované vody a bude nutná odborná ekologická likvidace.

⁷⁸ *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR* [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2020 [cit. 2023-01-04]. s. 20-21. Dostupné z WWW: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.

7 OBECNÝ METODOLOGICKÝ RÁMEC VÝZKUMU – STANOVENÍ CÍLŮ A VÝZKUMNÝCH OTÁZEK

V praktické části bakalářské práce se autor zabývá stanoveným hlavním cílem: zjistit znalosti, zkušenosti a dovednosti u příslušníků Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje při řešení mimořádných událostí požárů lithiových a lithium-iontových baterií.

Pro stanovený cíl byl použit osobní strukturovaný rozhovor s respondenty. Každý z respondentů obdržel následující otázky k tématu:

Otázka č. 1: Setkal jste se během Vašeho služebního poměru u Hasičského záchranného sboru se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

Otázka č. 2: Máte nějaké zkušenosti se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

Otázka č. 3: Myslíte si, že existuje dostatek dostupných informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

Otázka č. 4: Věděli byste, kde se vyskytují lithiové a lithium-iontové baterie ve Vašem hasičském obvodu?

Otázka č. 5: Znáte možná rizika, která vznikají při zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

Otázka č. 6: Existuje pracovní postup v rámci Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových úložišť?

Otázka č. 7: Věděli byste, jak postupovat při zásahu na požár elektromobilu?

Otázka č. 8: Věděli byste, jaká je dostupná technika a prostředky na územním odboru v rámci Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilu?

Otázka č. 9: Jaký je Váš osobní názor na problematiku lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilitu?

7.1 Výzkumný soubor

Pro výzkumný soubor byl vybrán vždy jeden respondent/příslušník z každého územního odboru Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje (HZS PK), který nejčastěji vykonává velící funkci na místě zásahu – velitel družstva nebo velitel čety. HZS PK je členěn na sedm územních odborů – Domažlice, Klatovy, Plzeň-město, Plzeň-jih, Plzeň-sever, Rokycany a Tachov.

Respondent (označení)	Územní odbor	Délka služebního poměru	Služební místo
Respondent 1 (R1)	Domažlice	16 let	Inspektor-velitel družstva
Respondent 2 (R2)	Klatovy	20 let	Vrchní inspektor-velitel čety
Respondent 3 (R3)	Plzeň-město	22 let	Vrchní inspektor-velitel čety
Respondent 4 (R4)	Plzeň-jih	17 let	Inspektor-velitel družstva
Respondent 5 (R5)	Plzeň-sever	19 let	Inspektor-velitel družstva
Respondent 6 (R6)	Rokycany	17 let	Inspektor-velitel družstva
Respondent 7 (R7)	Tachov	20 let	Vrchní inspektor-velitel čety

Tabulka č. 1 Informační údaje respondentů.⁷⁹

K tomu, aby se předešlo porušení zákona o ochraně osobních údajů, tak byly veškeré informace získané od respondentů anonymizované. Před provedením osobních strukturovaných rozhovorů byli respondenti seznámeni s tématem otázek a ujištění o tom, že získané informace budou použity jen pro potřebu dané bakalářské práce. Všichni respondenti udělili souhlas k provedení rozhovoru. Rozhovory probíhaly v období 3. ledna až 18. února 2023 na stanicích, kde příslušníci vykonávají své služební

⁷⁹ AUTOR, 2023.

povinnosti. S respondentem R1 na CPS Domažlice, R2 – CPS Klatovy, R3 – CPS Plzeň-Košutka, R4 – PS Přeštice, R5 – PS Plasy, R6 – CPS Rokycany, R7 – CPS Tachov.

7.2 Interpretace výsledků

Autorem bylo stanoveno devět otázek. Každý ze sedmi respondentů odpovídal na stejné otázky.

Na první otázku: **Setkal jste se během Vašeho služebního poměru u Hasičského záchranného sboru se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?** Jediný respondent R5 odpověděl, že již zasahoval na požár lithium-iontových baterií. Jednalo se o požár elektrokoloběžky v bytě. Respondent R7 uvedl, že zasahoval na požár baterie umístěné v pracovní plošině. V tomto případě se ale jednalo o trakční baterii, která má odlišné složení než lithiové a lithium-iontové baterie. Na požár baterií zasahoval i respondent R3, ale neví, o jaký druh baterií se jednalo. Ostatní respondenti odpověděli, že se s takovým zásahem ještě nesetkali.

Druhá otázka byla: **Máte nějaké zkušenosti se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?** Respondenti R1, R2, R6 a R7 odpověděli, že nemají žádné zkušenosti s tímto typem zásahu. Respondent R5 uvádí, že zkušenosti má, ale jsou malé. Respondent R3 odpovídá ano, zde se ale neví, o jaký typ baterií se jednalo. Respondent R4 uvedl, že zkušenosti čerpal od kolegy, který zasahoval na starším druhu elektromobilu, který používal olověné baterie.

Další otázka zněla: **Myslíte si, že existuje dostatek dostupných informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?** Na tuto otázku by se odpovědi všech respondentů daly shrnout slovy – nevím; je jich málo.

Čtvrtá stanovená otázka: **Věděl byste, kde se vyskytují lithiové a lithium-iontové baterie ve Vašem hasebním obvodu?** Respondent R4 odpověděl, že nemá žádné informace, kde by se vyskytovaly. Ostatní respondenti uvedli alespoň nějaké místo, kde se s lithiovými nebo lithium-iontovými bateriemi můžeme setkat.

Pátá otázka: **Znáte možná rizika, která vznikají při zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?** Všichni respondenti shodně odpověděli, že rizika znají. Nejvíce rizik vyjmenovali respondenti R4 a R5. Nejméně respondent R7.

Následovala otázka šest: **Existuje pracovní postup v rámci Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových úložišť?** Na tuto otázku všichni respondenti odpověděli ve stejném smyslu – nevím, jestli existuje; neexistuje; nedokáži odpovědět.

Na sedmou otázku: **Věděl byste, jak postupovat při zásahu na požár elektromobilu?** Všichni odpověděli, že by věděli. Každý respondent by elektromobil ponořil do kontejneru s vodou. Respondent R2, R3, R5 a R6 by před ponořením provedl hašení pomocí vodního proudu. Respondent R4 by hasil vodním proudem, případně vysokotlakým hasicím a řezacím zařízením CCS COBRA.

Osmá otázka: **Věděl byste, jaká je dostupná technika a prostředky na územním odboru v rámci Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilu?** Na tuto otázku všichni respondenti, až na respondenta R1, odpověděli kontejner s plachtou z CPS Plzeň-Košutka. Případně kontejner určený přímo na elektromobil ze záchranného útvaru Zbiroh. R2 odpověděl, každá cisternová automobilová stříkačka s dostatečným množstvím vody. Respondent R1 a R4 uvádí techniku CCS COBRA. Hasicí hřeby uvedl respondent R5.

Poslední otázka byla: **Jaký je Váš osobní názor na problematiku lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilitu?** K této otázce R1 odpověděl, že tato problematika není vyřešena. Respondent R2 uvedl, že je to směr dnešní doby. Používání má své výhody i nevýhody a rizika. R3 zmínil, že jsou tam velká rizika a je důležité se této problematice více věnovat. Respondent R4 si myslí, že výrobci nemají dořešená rizika elektromobilů a přesto probíhá prodej. Respondent R5 uvádí, že je to trend moderní doby a je důležité sbírat zkušenosti a informace. Ve stejném smyslu odpověděl R7, který uvedl, že se lithiové a lithium-iontové baterie používají ve velké míře, a je zapotřebí se na tenhle druh zásahu do budoucna připravit. Respondent R6 odpovídá, že zásahů na danou problematiku není mnoho, proto chybí zkušenosti. Dále uvádí, že by se měli výrobci zaměřit na snížení rizik, které hrozí při používání baterií.

7.3 Diskuze

Hlavním cílem bakalářské práce, které si autor stanovil v úvodu, bylo zjistit znalosti a dovednosti příslušníků Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje při řešení mimořádných událostí požárů lithiových a lithium-iontových baterií. K dosažení

cíle autor dospěl získáním dat ze strukturovaných osobních rozhovorů s příslušníky z každého územního odboru HZS Plzeňského kraje. Jejich zásadní poznatky a zkušenosti doplněné o dostupné informace byly sumarizované a použité při tvorbě pracovních listů pro zásah na danou problematiku.

Lithiové a lithium-iontové baterie se využívají stále častěji a s tím roste riziko vzniku požáru s možným dopadem na každou domácnost. Závažnost těchto problémů, jejich příčiny a možná řešení byly předmětem této práce. Autor práce považuje toto téma za velmi aktuální.

Data byla získána z osobních rozhovorů od sedmi respondentů. Každý odpovídal na devět otázek. Tři respondenti vykonávají služební funkci vrchní inspektor-velitel čety. Ostatní respondenti jsou zařazeni pro výkon inspektor-velitel družstva. Všichni respondenti řeší mimořádné události jako velitelé zásahu. Délka služebního poměru u respondentů je v rozmezí 16 až 22 let.

První otázka byla zvolena tak, aby autor zjistil, zda nějaký z respondentů již zasahoval na mimořádnou událost týkající se lithiových nebo lithium-iontových baterií. Zde bylo zjištěno, že jen jediný z dotazovaných zasahoval na tento druh zásahu.

Druhá otázka navazovala na první, kde byly zjišťovány zkušenosti ze zásahem na danou problematiku. Z dotazovaných odpověděl stejný respondent jako na první otázku a uvedl, že zkušenosti sice má, ale jsou velmi malé. Výsledek odpovědi na první dvě otázky autor předpokládal.

Ohledně třetí otázky, která byla směřována na zjištění dostatku a dostupnosti informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie. Respondenti shodně uvádějí, že informací je málo. Takové odpovědi autor očekával.

Čtvrtá otázka se zaměřovala na získání orientace v umístění či používání lithiových a lithium-iontových baterií ve svém hasebním obvodu. Až na jednoho respondenta všichni dokázali uvést alespoň nějaké místo výskytu. Zde byl autor odpověďmi překvapen. Očekával, že výčet míst s možným požíváním baterií bude od respondentů četnější a logičtější.

U další otázky se autor ptal na znalost možných rizik vznikajících u zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie. Každý z respondentů znal nějaká rizika a dokázal je vyjmenovat.

Šestou otázkou autor zjišťoval, zda respondenti vědí o nějakém pracovním postupu u Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových úložišť. Zde všichni dotazovaní shodně odpověděli, že neví, jestli existuje nebo že neexistuje. Autor takové odpovědi očekával.

Sedmá otázka směřovala na znalost postupu hašení elektromobilu. Všichni respondenti shodně odpověděli, že by elektromobil potopili do kontejneru s vodou. Pět respondentů by před ponořením vozidla do kontejneru použili k uhašení požáru vodní proud. Jeden z respondentů by využil vysokotlaké hasicí a řezací zařízení CCS COBRA. Postup s ponořením elektromobilu do kontejneru s vodou je nejčastěji používán a medializován. Takovou odpověď autor očekával.

Další otázka měla od respondentů zjistit, zda vědí jakou technikou či jakými prostředky disponují v rámci územních odborů Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilu. Respondenti nejčastěji uvádějí improvizované řešení pomocí plachty a kontejnerového nosiče, který je umístěn na centrální požární stanici Plzeň-Košutka. Popřípadě využití speciálního kontejneru ze Záchranného útvaru Zbiroh, který je přímo určený na požáry elektromobilů. Dva respondenti uvádějí cisternovou automobilovou stříkačku. Jeden respondent uvedl vysokotlaké hasicí a řezací zařízení CCS COBRA. Další uvedl hasicí hřeby. Zde autor očekával, že všichni dotazovaní uvedou cisternové automobilové stříkačky, kterými disponuje každá požární stanice územního odboru.

Poslední otázka byla směřována na osobní názor respondentů týkající se problematiky lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobility. Zde respondenti uvádění různorodé odpovědi. Od nového trendu moderní doby, nedostatku zkušeností a informací až po vyřešení rizik výrobcem, před uvedením do provozu. Autor s odpověďmi respondentů souhlasí a je stejného názoru.

Ze zjištěných informací v praktické části od příslušníků Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje je zřejmá důležitost věnování pozornosti problematice požárů lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilů. Pozornost by měla být zaměřena především na dostatečné informace o možných rizicích při zásahu. Stanovit techniku, kterou lze využít. Zavedení jednotného postupu, který by řešil mimořádnou událost a tím usnadnil rozhodovací proces velitelům na místě zásahu.

Dle mého názoru by se měli výrobci baterií, především výrobci elektromobilů zaměřit na vyřešení problémů, které hrozí a vznikají v důsledku používání, až poté distribuovat své výrobky. V současné době je to přesně naopak. Zodpovědnost přenášejí na hasiče v rámci zásahu a tím je vystavují rizikům.

V následující kapitole jsou zpracované možné postupy při hašení požáru lithiových a lithium-iontových baterií.

8 PRACOVNÍ LISTY PRO HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR PLZEŇSKÉHO KRAJE NA POŽÁRY LITHIOVÝCH A LITHIUM-IONTOVÝCH BATERIÍ

V pracovních listech jsou zjednodušeně charakterizované různé objekty, kde by se velitelé zásahu mohli setkat s lithiovými a lithium-iontovými bateriemi. Obsahují základní výčet dostupné techniky pro provedení zásahu. Následuje postup pro řešení různých druhů mimořádných událostí týkajících se této problematiky. Každý zásah je jedinečný a postup řešení je veden dle reálné situace na místě. Tyto pracovní listy by mohly sloužit jako doporučení a manuál veliteli zásahu při řešení mimořádné události.

Hašení elektromobilu vodním proudem

Charakteristika:

- automobil s baterií uloženou zpravidla v prostoru podlahy a zadní nápravy,
- nepřímý přístup k baterii – skrytá v karoserii,
- jedná se o baterie větších rozměrů a hmotnosti.

Dostupnost techniky:

- CAS – cisternová automobilová stříkačka dostupná na každé požární stanici.

Postup:

- zajištění vozidla proti pohybu – stabilizace,
- uhašení plamenného hoření vodním proudem,
- kontrola teploty baterie termokamerou,
- zvážit přizvednutí osobního automobilu pro usnadnění aplikace vodního proudu,
- po uhašení uložit na karanténní místo.

Hašení elektromobilu nořením

Charakteristika:

- automobil s baterií uloženou zpravidla v prostoru podlahy a zadní nápravy,
- nepřímý přístup k baterii – skrytá v karoserii,
- jedná se o baterie větších rozměrů a hmotnosti,
- pozor na možnost vzniku vodíku,
- vzniká velké množství kontaminované vody – postup likvidace konzultovat s chemickou laboratoří Třemošná.

Dostupnost techniky:

- speciální kontejner pro hašení elektromobilů – Záchranný útvar HZS ČR Zbiroh,
- improvizovaná forma – kontejner s plachtou na CPS Plzeň-Košutka.

Postup:

- zajištění vozidla proti pohybu – stabilizace,
- uhašení plamenného hoření vodním proudem,
- ustavení kontejneru na bezpečné místo,
- vložení elektromobilu do kontejneru pomocí hydraulické ruky/případně vtažení pomocí navijáku,
- hladina vody cca 5cm nad úroveň baterie,
- po vytažení uložit na karanténní místo.

Hašení elektromobilu pomocí CCS COBRA

Charakteristika:

- automobil s baterií uloženou zpravidla v prostoru podlahy a zadní nápravy,
- nepřímý přístup k baterii – skrytá v karoserii,
- jedná se o baterie větších rozměrů a hmotnosti,
- při použití hasicího a řezacího zařízení COBRA dochází k aplikaci vody přímo mezi články baterie.

Dostupnost techniky:

- CAS s CCS COBRA – cisternová automobilová stříkačka s vysokotlakým hasicím a řezacím zařízením CCS COBRA umístěna na požárních stanicích typu C,
- PHLA COBRA – zásahový automobil s kombinací tří technologií hašení umístěný na CPS Plzeň-Košutka.

Postup:

- zajištění vozidla proti pohybu – stabilizace,
- uhašení plamenného hoření vodním proudem,
- aplikace CCS COBRA mezi předními a zadními sedačkami v prostoru středového tunelu,
- kontrola teploty baterie termokamerou,
- po uhašení uložit na karanténní místo.

Hašení elektromobilu při dobíjení

Charakteristika:

- automobil s baterií uloženou zpravidla v prostoru podlahy a zadní nápravy,
- nepřímý přístup k baterii – skrytá v karoserii,
- jedná se o baterie větších rozměrů a hmotnosti.

Postup:

- zajištění vozidla proti pohybu – stabilizace,
- při dostupnosti klíčů a otevření dveří lze vozidlo odpojit od nabíjecího zdroje,
- při nabíjení v domácích podmínkách lze zamčený dobíjecí kabel odpojit od připojené elektrické sítě – vytažením ze zásuvky (záleží na typu nabíječky),
- násilná forma odpojení – např. uražením dobíjecího konektoru od elektromobilu pomocí technického prostředku,
- následuje hašení dle zvoleného postupu na místě události.

Hašení Lithium-iontových baterií ve strojích

Charakteristika:

- jedná se zejména o vysokozdvizné vozíky, zakladačové systémy, stavební stroje,
- baterie různých rozměrů a hmotností,
- různá místa uložení – dle typu stroje,
- baterie mohou být dobře dostupné oproti elektromobilům, zpravidla za otevíratelným krytem.

Dostupnost techniky:

- CAS – cisternová automobilová stříkačka dostupná na každé požární stanici,
- CAS s CCS COBRA – cisternová automobilová stříkačka s vysokotlakým hasicím a řezacím zařízením CCS COBRA umístěna na požárních stanicích typu C.

Postup:

- zajištění stroje proti pohybu – stabilizace,
- uhašení plamenného hoření vodním proudem,
- aplikace CCS COBRA přímo do baterie,
- kontrola teploty baterie termokamerou,
- po uhašení uložit na karanténní místo,
- zvážit demontáž baterie a ponoření do vodní lázně.

Hašení malých dopravních prostředků

Charakteristika:

- zejména elektrokola, elektrokoloběžky, elektrické skútry/motorky, hoverboardy, longboardy,
- obsahují malé zdroje,
- jsou dobře dostupné a demontovatelné,
- zásah jednotek je prováděn zpravidla ve fázi dohořívání.

Dostupnost techniky:

- CAS – cisternová automobilová stříkačka dostupná na každé požární stanici.

Postup:

- ve fázi plamenného hoření uhasit pomocí vodního proudu,
- ochlazování,

- měření teploty baterie termokamerou.

Hašení uložště elektrické energie

Charakteristika:

- množství baterií závisí na požadovaném uložení energie,
- nejčastější výskyt - uložště k fotovoltaickým elektrárnám, kde se budou nacházet baterie v jednotkovém množství,
- baterie dobře dostupné,
- předpoklad umístění uvnitř budovy.

Dostupnost techniky:

- CAS – cisternová automobilová stříkačka dostupná na každé požární stanici,
- CAS s CCS COBRA – cisternová automobilová stříkačka s vysokotlakým hasicím a řezacím zařízením CCS COBRA umístěna na požárních stanicích typu C,
- plynový kontejner CO₂,
- PHLA COBRA – zásahový automobil s kombinací tří technologií hašení umístěný na CPS Plzeň-Košutka.

Postup:

- odpojení přívodu dobíjení baterií, případně celého objektu,
- na uhašení použít CO₂,
- v případě ochlazování použít vodní proud nebo CCS COBRA,
- demontáž a vynesení z objektu,
- kontrola teploty baterie termokamerou,
- po uhašení uložit na karanténní místo.

Hašení skladů lithium-iontových baterií

Charakteristika:

- sklady nových baterií k expedici, mohou být chráněny samočinným hasicím zařízením SHZ, vybaveny elektronickou požární signalizací EPS,

- sklady baterií určené k recyklaci či likvidaci, mohou nebo nemusí být chráněny požárně bezpečnostním zařízením PBZ dle charakteru skladu.

Dostupnost techniky:

- CAS – cisternová automobilová stříkačka dostupná na každé požární stanici,
- CAS s CCS COBRA – cisternová automobilová stříkačka s vysokotlakým hasicím a řezacím zařízením CCS COBRA umístěna na stanicích typu C,
- manipulační technika.

Postup:

- uhasit plamenné hoření pomocí vodního proudu, případně CCS COBRA,
- ochlazovat,
- vyvážení zasažených baterií ze skladů na karanténní místo,
- zvažít noření do vodní lázně,
- kontrola teploty baterií termokamerou.

ZÁVĚR

V současné době s rozvojem nových technologií a snahou o šetrnější přístup k životnímu prostředí se začínají intenzivněji vyrábět a používat lithiové baterie.

Používání baterií s sebou ovšem nese také riziko jejich poškození a možného vzniku požáru. Mechanismy poškození baterií mohou být trojího druhu – mechanické, tepelné a elektrické. Ty jsou popsány v první části této bakalářské práce, kde je popsána také fáze rozvoje požáru. Požár baterií probíhá poměrně dynamicky za intenzivního vývinu toxických zplodin hoření, zejména plynného fluorovodíku. Díky popsaným příčinám vzniku požáru jsme schopni stanovit preventivní opatření, kterými můžeme vzniku požáru předcházet. Preventivně je důležité působit především při činnostech spojených s přepravou, skladováním, projektováním a následnou instalací bateriových systémů a dobíjecích stanic.

Při skladování baterií musí být dodrženy podmínky stanovené výrobcem. Především je kladen důraz na prostředí skladování včetně teplotních limitů. Baterie nesmí být vystaveny vlivům okolního prostředí (vlhkost, voda, chemikálie). Důležitým parametrem pro skladování baterií je úroveň jejich nabití. Z hlediska stavebně technického řešení skladování je dobré využívat ideálně samostatných požárních úseků a instalovat požárně bezpečnostní zařízení. Tam, kde selžou preventivní opatření a dojde ke vzniku mimořádné události, je nutné, aby měly bezpečnostní složky, především jednotky požární ochrany dostatek informací pro řešení této situace.

Tato bakalářská práce řeší taktické postupy při poškození baterie a zejména při vzniku jejího požáru. V odborných kruzích se diskutuje o několika možných způsobech hašení požárů baterií. V této práci jsou jednotlivé způsoby popsány a je vyhodnocena jejich efektivita. Jako nejlépe dostupné a nejvíce efektivní hasivo byla vyhodnocena voda, příp. voda se smáčedly. Nejúčinnější metodou hašení baterie, která nemá porušený obal, je použití vysokotlakého řezacího a hasícího zařízení CCS COBRA, jímž je do baterie po proříznutí obalu aplikována voda, eventuálně voda s přísadami pro zlepšení hasebního účinku. Na hašení baterie s poškozeným obalem postačuje nasazení běžně používaných vodních proudů s kombinovanými proudnicemi, neboť voda může být aplikována přímo k bateriovým článkům skrze otvor v bateriovém obalu.

Jedna kapitola se také zabývá požáry elektromobilů včetně problematiky požárů v hromadných garážích. Závěrečná část hasebního zásahu na požár baterie vždy končí stanovením karanténních opatření, které mají působit preventivně při opětovném vzniku požáru, což není u baterií žádnou zvláštností.

Praktická část bakalářské práce je zpracovaná pomocí strukturovaných rozhovorů, kdy autor získával data od sedmi respondentů/příslušníků Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje pomocí osobního setkání. Otázky byly směřovány tak, aby autor zjistil, zda existuje dostatek dostupných informací, popřípadě postupů a zkušeností týkajících se této problematiky. Ze získaných odpovědí vyplynulo, že dotazovaní nemají dostatek informací a zkušeností se zásahy na lithiové a lithium-iontové baterie. Proto autor na závěr bakalářské práce zpracoval pracovní listy, které by mohly sloužit jako doporučení a manuál veliteli zásahu, při řešení mimořádné události.

Celá oblast bezpečnosti lithiových baterií je stále ve fázi vývoje a výzkumu. Řada výzkumníků se snaží vyvinout baterie s nižším rizikem vzniku požáru při zachování její dostatečné kapacity. Hasičské sbory vyvíjejí tlak na výrobce elektromobilů za účelem docílit dobrých výchozích podmínek pro rychlý a účinný zásah.

Cíle, které si autor v bakalářské práci stanovil, byly splněny.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literární zdroje

1. ANDREA, D. *Battery Managment Systems for Large Lithium-Ion Battery Packs*. Norwood: Artech House, © 2010. 302 s. ISBN 978-1-60807-104-3.
2. ANDREA, D. *Lithium-Ion Batteries and Applications*. Norwood: Artech House, © 2020. 450 s. ISBN 978-1-63081-769-5.
3. BEDNARSKI, L. *Lithium – The Global Race for Battery Dominance and the New Energy Revolution*. London: C. Hurst & Co. Publishers Ltd., 2021. 256 s. ISBN 9781787385634.
4. BISSCHOP, R., WILLSTRAND, O., AMON, F., ROSENGREN, M. *Fire safty of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. Borås: RISE Research Institut of Sweden AB, 2019. 106 s. ISBN 978-91-88907-78-3.
5. CENEK, M. *Akumulátory od principu k praxi*. Praha: FCC Public, 2003. 248 s. ISBN 80-86534-03-0.
6. *Emergency Field Guide Now Includes Hybrid, Electric, Fuel Cell, and Gaseous Fuel Vehicles*. Quincy, Messachusetts: NFPA National Fire Protection Association, © 2015. 344 s. ISBN 978-1-4559-1274-2.
7. HANUŠKA, Z. *Organizace požární ochrany*. 2. aktualizované vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2008. 116 s. ISBN 978-80-7385-035-7.
8. HORÁČEK, Z., KRÁL, M., STRNAD, Z., VYTEJČKOVÁ, V. *Vodní zákon. Komentář*. Praha: SONDY, 2015. 319 s. ISBN 978-80-86846-57-6.
9. HROMÁDKO, J. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony*. Praha: Grada, 2012. 160 s. ISBN 978-80-247-4455-1.
10. KAMEŠ, J. *Alternativní pohony automobilů*. Praha: BEN, 2004. 231 s. ISBN 80-7300-127-6.
11. KAZDA, T. *Pokročilé systémy lithno-iontových a post-lithno iontových akumulátorů*. Brno: Vysoké učení technické Brno, 2020. 40 s. ISBN 978-80-214-5815-4.
12. KOLEKTIV AUTORŮ. *Bojový řád jednotek požární ochrany: P ML 14 požáry garáží*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. 713 s. ISBN 978-80-7385-197-2.
13. LI, Y., Z. *Fire and explosion hazard of alternative fuel vehicles in tunnels*. Borås: RISE Reserch Institut of Sweden AB, 2018. 106 s. ISBN 978-91-88695-55-0.

14. MI, CH., MASRUR M. *Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives*. 2nd ed. Wiley, 2017. 600 s. ISBN: 978-1-118-97056-0.
15. MIKOLAJCZAK, C., KAHN, L., WHEIT, K., LONG, T. *Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment*. New York: Springer New York, © 2012. 115 s. ISBN 978-1-4614-3485-3.
16. PISTOIA, G. *Lithium-Ion Batteries: Advances and Application*. Firsted. Amstrdam: Elsevir, 2014. 659 s. ISBN 978-0-444-59513-3.
17. ZPĚVÁK, A. *Zákon o integrovaném záchranném systému. Komentář*. Praha: Wolters Kluwer ČR, 2019. 164 s. ISBN 978-80-7598-199-8.

Elektronické zdroje

18. *Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR*. [online]. MV-GŘ HZS ČR, Praha, 2020. [cit. 2022-11-04]. 34 s. Dostupné z WWW:<https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf>.
19. *Bezpečnost lithiových baterií* [online]. ELEKTRO č.10/2010. Praha: FCC Public, 2010. [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW:<<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/bezpecnost-lithiovych-baterii--10691>>.
20. BROCK, A. *High Voltage Vehicles Firefighting* [online]. YouTube, 9. 4. 2019 [cit. 2023-01-04]. Dostupné z WWW: <High Voltage Vehicle Firefighting - Brock Archer - YouTube>.
21. CUMMINGS, S. *Li-Ion Tamer off-gas Monitoring vs smoke detection* [online]. Li-Ion Tamer, 27. 11. 2017. [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW:<<https://liiontamer.com/li-ion-tamer-off-gas-monitors-vs-smoke-detection-2/>>.
22. *Dohoda ADR 2019* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 10. 5. 2019 [cit. 2022-11-08]. Dostupné z WWW: <[https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-\(1\)/Dohoda-ADR-2019/10_ADR-2019_Cast_5.pdf.aspx](https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Dohoda-ADR-2019/10_ADR-2019_Cast_5.pdf.aspx)>.

23. FARAG, M. *Lithium-Ion Batteries: Modelling and State of Estimation* [online]. Hamilton, © 2013 [cit. 2022-12-28]. 169. s. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/publication/306240899_LithiumIon_Batteries_Modelling_and_State_of_Charge_Estimation>.
24. JESSE, R., *The Lithium-ion Conundrum* [online]. Quincy: NFPA JOURNAL, © 2016 [cit. 2022-11-08]. 80 s. Dostupné z WWW: <NFPA Journal - leden/únor 2016 (nxtbook.com)>.
25. *Lithiové baterie a požární bezpečnost* [online]. Praha: ELEKTROWIN A.S., 13. 10. 2019 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z WWW: <https://www.elektrowin.cz/cs/aktuality-a-akce/aktuality.html/3_6704-lithiove-baterie-a-pozarni-bezpecnost/1>.
26. *Lithium-Ion Battery Energy Storage Systems* [online]. London: AIG Energy Industry Group, ©1/2018. [cit. 2022-12-05]. 9 s. Dostupné z WWW: Dostupné z WWW: <<https://www.aig.co.uk/content/dam/aig/emea/united-kingdom/documents/Insights/battery-storage-systems-energy.pdf>>.
27. LONG, T., BLUM, A., BRESS, T., COTTS, B. *Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results* [online]. Quincy. © June 2013 [cit. 2022-12-07]. 207 s. Dostupné z WWW: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/final_report_nfpa.pdf>.
28. *Managing Lithium-Ion Battery Exposures* [online]. American International Group, © 2016. [cit. 2022-11-01]. 4 s. Dostupné z WWW: <Headline 1 AIG Futura 35pt>.
29. *Nádoby na lithium-iontové akumulátory* [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2023 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/shop/cistenia-likvidace/nadoby-na-lithium-iontove-akumulatory/?page=1&scroll-target=sku-265740>>.
30. NEUMANN, J., PETRANIKOVA, M., MEEUS, M., et. al. *Recycling-of-Lithium-Ion-Batteries* [online]. Advanced Energy Material, Wiley - VCH GmbH, © 10. 01. 2022. [cit. 2022-11-01]. 26 s. Dostupné z WWW: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aenm.202102917>>.
31. *Olomoučtí hasiči vyvinuli speciální vozíky. Usnadní zásah u hořícího elektromobilu* [online]. HZS Olomouckého kraje, 2021 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z WWW: <<https://www.hzscr.cz/clanek/video-olomoucti-hasici-vyvinuli-specialni-voziky-usnadni-zasah-u-horiciho-elektromobilu.aspx>>.

32. *Požární bezpečnost staveb - elektromobilita. Metodické doporučení* [online]. Praha: generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2021 [cit. 2023-01-10]. 4. s. Dostupné z WWW: <<https://www.hzscr.cz/clanek/metodicke-doporuceni-elektromobilita-a-pozarni-bezpecnost-staveb.aspx>>.
33. *Průvodce bezpečnostním skladováním Li-Ion akumulátorů* [online]. Strakonice: DENIOS s.r.o., 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.denios.cz/o-nas/denios-know-how/pruvodce-bezpecnym-skladovanim-li-ion-baterii>>.
34. *Přepravní box pro lithiové a lithio-iontové baterie* [online]. Roudnice nad Labem: MEVA-TEC, 2022 [cit. 2022-12-27]. Dostupné z WWW: <<https://www.mevatec.cz/Plastovy-box-s-vikem-a-popruhy-s-UN-kodem-600-l-d5190.htm>>.
35. *Při požáru vozidla v autoservisu vznikla dvoumilionová škoda* [online]. Praha: MV-GŘ HZS ČR Oddělení dokumentace, 24. 6. 2020 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z WWW: <<https://www.hzscr.cz/clanek/pri-pozaru-vozidla-v-autoservisu-vznikla-dvoumilionova-skoda.aspx>>.
36. SPECTOR, J. *The Arizona Battery Explosion Is Changing Conventional Wisdom on Safety* [online]. 10. 10. 2019 [cit. 2022-12-07]. Greentech Media. Dostupné z WWW: <<https://www.greentechmedia.com/articles/read/arizona-battery-explosion-conventional-wisdom-safety>>.
37. *Vše, co potřebujete vědět o nabíjení elektromobilů.* [online]. Praha: Alza.cz, 3. 1. 2018 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z WWW: <<https://www.alza.cz/vse-o-nabijeni-elektromobilu>>.
38. *Vyprošťovací automobil Toyota Hilux pražských hasičů je vybaven odtahovými brýlemi Omar* [online]. Praha: Požáry.cz, 17. 07. 2022 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z WWW: <<https://www.pozary.cz/clanek/262641-vyprostovaci-automobil-toyota-hilux-prazskych-hasicu-je-vybaven-odtahovymi-brylemi-omars/>>.
39. *Bezpečnost lithiových baterií* [online]. ELEKTRO č.10/2010. Praha: FCC Public, 2010 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z WWW:<<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/bezpecnost-lithiovych-baterii--10691>>.

Legislativní dokumenty

40. ČESKO. Zákon č. 193 ze dne 15. srpna 2018 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2018, částka 95, s. 3115-3116. Dostupné z WWW: <<https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=2018&typeLaw=zakon&What=Rok&stranka=7>>.

Ostatní zdroje

41. AUTOR, 2023.
42. *HYP-226-MAN-Z-001 Advice note on storage and handling of Hyperdrive Gen 4 lithium-ion batteries*. Hyperdrive Innovation LTD, 2020 [cit. 2022-12-27]. 6 s. Interní zdroj HZS ČR.
43. *Elektromobilita pohledem HZS ČR: Situační zpráva Lázně Bohdaneč*: MV - GŘ HZS ČR, 2019 [cit. 2022-12-07]. 40 s. Interní zdroj HZS ČR.
44. HRZINA, P. *Bezpečnostní aspekty bateriových systémů v souvislosti s požární bezpečností staveb na území České republiky* Odborná studie. 2018. [cit. 2022-12-27]. 21 s. Interní zdroj HZS ČR.
45. *Product Safety Datasheet EG Sicherheitsdatenblatt*. Garching: INVENOX GmbH, 2015 [cit. 2022-12-28]. 5 s. Interní zdroj HZS ČR.
46. Rozhovor s příslušníkem, Inspektor-velitel družstva, HZS Plzeňského kraje – CPS Domažlice, ze dne 3. 1. 2023.
47. Rozhovor s příslušníkem, Vrchní inspektor-velitel čety, HZS Plzeňského kraje – CPS Klatovy, ze dne 4. 1. 2023.
48. Rozhovor s příslušníkem, Vrchní inspektor-velitel čety, HZS Plzeňského kraje – CPS Plzeň-Košutka, ze dne 15.1 2023.
49. Rozhovor s příslušníkem, Inspektor-velitel družstva, HZS Plzeňského kraje – PS Přeštice, ze dne 25.1 2023.
50. Rozhovor s příslušníkem, Inspektor-velitel družstva, HZS Plzeňského kraje – PS Plasy, ze dne 7. 2. 2023.
51. Rozhovor s příslušníkem, Inspektor-velitel družstva, HZS Plzeňského kraje – CPS Rokycany, ze dne 14. 2. 2023.
52. Rozhovor s příslušníkem, Vrchní inspektor-velitel čety, HZS Plzeňského kraje – CPS Tachov, ze dne 18. 2. 2023.

SEZNAM ZKRATEK

ADR - automobilová doprava

BMS - battery management systém

CAS - cisternová automobilová stříkačka

CCS COBRA - vysokotlaké řezací a hasicí zařízení

CID - přerušovače proudu

CPS - centrální požární stanice

DC - stejnosměrný proud

EPS - elektronické požární signalizace

MV-GŘ HZS ČR – ministerstvo vnitra-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky

IATA - mezinárodní asociace leteckých dopravců

PBZ - požárně bezpečnostní zařízení

PE - polyethylen

PP - polypropylen

PTC - omezovače proudu

RID - vlaková doprava

SSHZ - samočinné stabilní hasicí zařízení

TÚPO - technický ústav požární ochrany

UN - mezinárodní identifikační číslo látky

ÚO - územní odbor

ZOKT - zařízení pro odvod kouře a tepla

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Tvar a složení lithiové baterie.....	12
Obrázek č. 2 Modul s články, články baterie – zapojení sériově paralelní.	13
Obrázek č. 3 Označení elektrických a hybridních vozidel.....	20
Obrázek č. 4 Typy dobíjecích konektorů elektromobilů.....	21
Obrázek č. 5 Složení baterie elektromobilu.	22
Obrázek č. 6 Thermal Runaway – proces tepelného úniku.....	24
Obrázek č. 7 Bezpečnostní značení lithiových baterií při přepravě dle ADR, RID.....	30
Obrázek č. 8 Přepravní box pro lithiové a lithium-iontové baterie.....	31
Obrázek č. 9 Požár baterií manipulátoru hašený zařízením CCS COBRA.....	41
Obrázek č. 10 Hašení elektromobilu připojeného na dobíjecí stanici.....	44
Obrázek č. 11 Hašení volně stojícího elektromobilu.	44
Obrázek č. 12 Ochlazování baterie elektromobilu stabilizovaného na boku.	45
Obrázek č. 13 Ponoření elektromobilu do kontejneru s vodou.....	46
Obrázek č. 14 Manipulační vozík pro transport elektromobilu.	49
Obrázek č. 15 Upevnění vozíků na elektromobil.....	50
Obrázek č. 16 Transport elektromobilu na manipulačních vozících.....	51
Obrázek č. 17 Vyprošťovací automobil Toyota Hilux s odtahovými brýlemi Omars....	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Informační údaje respondentů.....	54
--	----

PŘÍLOHY

Souhrn odpovědí respondentů.

Respondent 1

Příslušník slouží na územním odboru Domažlice. Je zařazen na služební místo inspektor-velitel družstva na CPS Domažlice. Délka služebního poměru 16 let.

Otázka č. 1: Setkal jste se během Vašeho služebního poměru u Hasičského záchranného sboru se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Ne, zatím tomu tak nebylo. U nás, na územním odboru Domažlice, takový zásah ještě nebyl.“

Otázka č. 2: Máte nějaké zkušenosti se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Žádné zkušenosti s tímto typem zásahu nemám.“

Otázka č. 3: Myslíte si, že existuje dostatek dostupných informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Myslím, že nějaké informace jsou, je jich ale málo nebo o nich nevím.“

Otázka č. 4: Věděl byste, kde se vyskytují lithiové a lithium-iontové baterie ve Vašem hasebním obvodu?

„V hasebním obvodu je určitě několik majitelů elektrokoloběžek či elektrokol. Dále pak prodejci aut Car Point Domažlice a Auto Volf Holýšov. Zde se může objevit automobil na elektrický pohon.“

Otázka č. 5: Znáte možná rizika, která vznikají při zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Hrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Únik elektrolytu. Při hašení může vznikat vodík.“

Otázka č. 6: Existuje pracovní postup v rámci Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových úložišť?

„Nedokáži odpovědět. O pracovním postupu jsem ještě neslyšel, tak nevím, jestli existuje.“

Otázka č. 7: Věděl byste, jak postupovat při zásahu na požár elektromobilu?

„Myslím, že se zásahem na elektromobil bych si poradil správně. Ponořil bych ho do kontejneru s vodou.“

Otázka č. 8: Věděl byste, jaká je dostupná technika a prostředky na územním odboru v rámci Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilu?

„Ano. Na našem územním odboru na CPS Domažlice, je vysokotlaké hasicí a řezací zařízení COBRA. Je umístěné na vozidle Scania, které se využívá jako první výjezd.“

Otázka č. 9: Jaký je Váš osobní názor na problematiku lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilitu?

„Myslím, že tato problematika zásahů není zcela ještě vyřešena. Osobně nejsem jejím zastáncem. Elektromobilita se začala rychle uvádět na trh a nebyla vyřešena otázka jak nejlépe postupovat při požáru, kam s odpadní vodou, kde skladovat již nepoužitelné baterie a jejich další rizika.“⁸⁰

Respondent 2

Příslušník slouží na územním odboru Klatovy. Délka služebního poměru 20 let. Je zařazen na služební místo vrchní inspektor-velitel čety na CPS Klatovy.

Otázka č. 1: Setkal jste se během Vašeho služebního poměru u Hasičského záchranného sboru se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

⁸⁰ Rozhovor s příslušníkem, Inspektor-velitel družstva, HZS Plzeňského kraje – CPS Domažlice, ze dne 3. 1. 2023.

„Během doby mé služby u hasičského záchranného sboru jsem takový zásah ještě neměl.“

Otázka č. 2: Máte nějaké zkušenosti se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Praktické zkušenosti nemám žádné.“

Otázka č. 3: Myslíte si, že existuje dostatek dostupných informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Nějaké informace jsou. Určitě jich není dostatek. Je to dané tím, že zásahů na lithiové, lithium-iontové baterie případně elektromobilů zatím není mnoho.“

Otázka č. 4: Věděl byste, kde se vyskytují lithiové a lithium-iontové baterie ve Vašem hasebním obvodu?

„V našem hasebním obvodu se hodně vyskytují elektrokola. Ve větší míře též elektromobily.“

Otázka č. 5: Znáte možná rizika, která vznikají při zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Při požáru vznikají toxické zplodiny hoření. Riziko úrazu elektrickým proudem.“

Otázka č. 6: Existuje pracovní postup v rámci Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových úložišť?

„Nevím.“

Otázka č. 7: Věděl byste, jak postupovat při zásahu na požár elektromobilu?

„Uhasit vodou. Popřípadě potopit elektromobil do kontejneru s vodou.“

Otázka č. 8: Věděl byste, jaká je dostupná technika a prostředky na územním odboru v rámci Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilu?

„Každá cisternová automobilová stříkačka (CAS) s dostatkem vody. Dále kontejner na elektromobily, který by měl být dostupný u záchranného sboru ve Zbiroze.“

Otázka č. 9: Jaký je Váš osobní názor na problematiku lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilitu?

„Je to nevyhnutelný směr dnešní doby. Už i u hasičského záchranného sboru se postupně zavádí technická zařízení s provozem na lithium-iontové baterie. Používání má svoje výhody i nevýhody a rizika.“⁸¹

Respondent 3

Příslušník slouží na územním odboru Plzeň-město CPS Košutka. Je zařazen na služební místo vrchní inspektor-velitel čety. Délka služebního poměru 22 let.

Otázka č. 1: Setkal jste se během Vašeho služebního poměru u Hasičského záchranného sboru se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Ano, setkal. Jednalo se o požár záložních zdrojů UPS. Bohužel nevím, o jaký druh baterií se jednalo.“

Otázka č. 2: Máte nějaké zkušenosti se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Ano. Na uhašení byl použit hasicí přístroj CO₂. Při hašení docházelo k opětovnému vzniku požáru do té doby, než se podařilo odpojit záložní zdroje UPS od elektrické sítě.“

Otázka č. 3: Myslíte si, že existuje dostatek dostupných informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Ne, mám pocit, že jsem nikdy žádné ucelené informace nebo metodiku neviděl.“

Otázka č. 4: Věděl byste, kde se vyskytují lithiové a lithium-iontové baterie ve Vašem hasebním obvodu?

„Spíše ne. Vím o záložním zdroji v serverovně Fakultní nemocnice Plzeň Lochotín, v budově O2, autobusy MHD.“

⁸¹ Rozhovor s příslušníkem, Vrchní inspektor-velitel čety, HZS Plzeňského kraje – CPS Klatovy, ze dne 4. 1. 2023.

Otázka č. 5: Znáte možná rizika, která vznikají při zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Určitá rizika si uvědomuji. Především samovznícení při nabíjení, vysoká teplota hoření, neúčinné hašení vodou a pěnou.“

Otázka č. 6: Existuje pracovní postup v rámci Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových uložišť?

„Nejsem si jistý, nějakou metodiku pro zásah na trolejbusy a autobusy jsem viděl, ale nic obsáhlého.“

Otázka č. 7: Věděl byste, jak postupovat při zásahu na požár elektromobilu?

„Zhruba ano. Odpojit vysokonapěťové kabely. Zajistit elektromobil proti pohybu. Poté hasit. Pokud možno vozidlo dostat na volné prostranství, popřípadě ponořit, poté je potřeba řešit i odtékající hasební vodu, nebo vodu, ve které je vozidlo ponořené – rozbory, ekologická likvidace.“

Otázka č. 8: Věděl byste, jaká je dostupná technika a prostředky na územním odboru v rámci Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových bateriových a elektromobilu?

„Je mi známo, že disponuje záchranný útvar Zbiroh kontejnerem, který je možné přivést na místo události a vozidlo do něj ponořit. Na CPS Plzeň-Košutka se řešil požár staršího elektromobilu improvizací za pomoci plachty a kontejneru. O ničem jiném, čím bychom mohli zasahovat v rámci kraje na tento druh události nevím.“

Otázka č. 9: Jaký je Váš osobní názor na problematiku lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilitu?

„Je důležité se téhle problematice více věnovat. Uvažuje se o výstavbě gigafactory v Líních u Plzně, kde by se měly vyrábět baterie do elektromobilů. Riziko požáru tam bude nejspíš velké.“⁸²

⁸² Rozhovor s příslušníkem, Vrchní inspektor-velitel čtyř, HZS Plzeňského kraje – CPS Plzeň-Košutka, ze dne 15. 1. 2023.

Respondent 4

Příslušník slouží na územním odboru Plzeň-jih. Je zařazen na služební místo inspektor-velitel družstva na PS Přeštice. Délka služebního poměru 17 let.

Otázka č. 1: Setkal jste se během Vašeho služebního poměru u Hasičského záchranného sboru se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„V praxi jsem se zatím se zásahem na lithium-iontové baterie neseťkal. Získal jsem jen informace od kolegy, na zásah na starší elektromobil, kde byly použity olověné akumulátory.“

Otázka č. 2: Máte nějaké zkušenosti se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Zatím v podstatě ne. Snažím se čerpat zkušenosti z internetu.“

Otázka č. 3: Myslíte si, že existuje dostatek dostupných informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Myslím si, že zatím ne. Vše je na začátku a není jednotný postup.“

Otázka č. 4: Věděl byste, kde se vyskytují lithiové a lithium-iontové baterie ve Vašem hasebním obvodu?

„V našem hasebním obvodu se asi nevyskytují. Nemám o tom žádné informace“

Otázka č. 5: Znáte možná rizika, která vznikají při zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Rizikem je možný vznik neuhasitelného požáru, vznik toxických zplodin hoření baterie. Po ponoření vozu do kontejneru a zalití vodou vznikne kontaminovaná voda. Dále je to negativní vliv na životní prostředí při úniku elektrolytu z baterie po dopravní nehodě do půdy a vodních toků.“

Otázka č. 6: Existuje pracovní postup v rámci Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových uložišť?

„Myslím si, že pracovní postup neexistuje. Zatím jsem se s ním neseťkal.“

Otázka č. 7: Věděl byste, jak postupovat při zásahu na požár elektromobilu?

„Uhasit požár pomocí proudu nebo pomocí vysokotlakého zařízení CCS COBRA. Poté nechat auto 48 hodin ponořené v kontejneru s vodou, aby byla ponořená baterie.“

Otázka č. 8: Věděl byste, jaká je dostupná technika a prostředky na územním odboru v rámci Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilu?

„Vysokotlaké hasicí a řezací zařízení CCS COBRA, kterým se dá propíchnout karoserie vozu a plášť baterie a injektovat hasivo přímo do baterie. Dále kontejner na ponoření vozidla s plachtou pro zatěsnění.“

Otázka č. 9: Jaký je Váš osobní názor na problematiku lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilitu?

„Nejsem zastávce elektromobility. Myslím si, že výrobce elektromobilů by v první řadě měl vyřešit rizika, která hrozí, a až poté začít s prodejem zákazníkům. V současné době je to přesně naopak.“⁸³

Respondent 5

Příslušník je zařazen na služební místo inspektor-velitel družstva na územním odboru Plzeň-sever PS Plasy. Délka služebního poměru 19 let.

Otázka č. 1: Setkal jste se během Vašeho služebního poměru u Hasičského záchranného sboru se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Zasahoval jsem zatím jen jednou na tenhle typ zásahu. Jednalo se o požár bytu. Požár zapříčinila elektrokoloběžka, od které vyhořel celý byt.“

Otázka č. 2: Máte nějaké zkušenosti se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

⁸³ Rozhovor s příslušníkem, Inspektor-velitel družstva, HZS Plzeňského kraje – PS Přeštice, ze dne 25. 1. 2023.

„Zatím jen velmi malé. Zkušenosti se snažím nasbírat od kolegů, kteří už něco takového řešili. Dále si zjišťuji informace z internetu nebo z článků odborné literatury. Tyto informace jsou bohužel většinou cizojazyčné.“

Otázka č. 3: Myslíte si, že existuje dostatek dostupných informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Myslím si, že neexistuje. Postupů je mnoho, žádný ucelený postup, který by zabíral na všechny typy ale není.“

Otázka č. 4: Věděli byste, kde se vyskytují lithiové a lithium-iontové baterie ve Vašem hasebním obvodu?

„V našem hasebním obvodu přibývá elektromobilů, elektrokoloběžek atd. Dále v Liblíně je firma Bech Akku Power baterie s.r.o., která vyrábí články do baterií. Její dceřiná společnost v Německu, která se zabývá stejným odvětvím nedávno vyhořela.“

Otázka č. 5: Znáte možná rizika, která vznikají při zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Je jich mnoho. Od neuhasitelného požáru, přes vznik extrémně toxických zplodin hoření až po toxickou hasební vodu vzniklou při hašení. Dále z mého pohledu je určitě špatně, že elektromobily mohou zajíždět do podzemních garáží.“

Otázka č. 6: Existuje pracovní postup v rámci Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových uložišť?

„Oficiálně neexistuje. Řešil bych to asi namočením v kontejneru. Dále nevím.“

Otázka č. 7: Věděli byste, jak postupovat při zásahu na požár elektromobilu?

„Pokud bude na volném prostranství, tak ulít požár vodou, ochladit baterii a pak ponořit do kontejneru s vodou. Když to bude v podzemních garážích, tak tam se ještě musí řešit vytažení vozidla mimo garáže.“

Otázka č. 8: Jaký je Věděli byste, jaká je dostupná technika a prostředky na územním odboru v rámci Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilu?

„Hasičí hřeby na propíchnutí a zalití baterie vodou. Do budoucna by měl mít záchranný útvar Zbiroh kontejner, určený pro ponoření hořícího vozidla do vody.“

Otázka č. 9: Váš osobní názor na problematiku lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilitu?

„Je to moderní trend dnešní doby. Elektromobilita se už nedá zastavit. Nezbyvá nám, než sbírat informace a zkušenosti pro případný zásah.“⁸⁴

Respondent 6

Príslušník slouží na územním odboru Rokycany. Je zařazen na služební místo inspektor-velitel družstva na CPS Rokycany. Délka služebního poměru 17 let.

Otázka č. 1: Setkal jste se během Vašeho služebního poměru u Hasičského záchranného sboru se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Ne, zatím jsem se neseťkal.“

Otázka č. 2: Máte nějaké zkušenosti se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Žádné zkušenosti nemám.“

Otázka č. 3: Myslíte si, že existuje dostatek dostupných informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Nějaké informace jsou. Nemohu ale tvrdit, jestli jsou dostatečné. Časem budou určitě přibývat.“

Otázka č. 4: Věděl byste, kde se vyskytují lithiové a lithium-iontové baterie ve Vašem hasebním obvodu?

„Jsou součástí elektromobilů a také fotovoltaických elektráren.“

⁸⁴ Rozhovor s příslušníkem, Inspektor-velitel družstva, HZS Plzeňského kraje – PS Plasy, ze dne 7. 2. 2023.

Otázka č. 5: Znáte možná rizika, která vznikají při zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Vysoce intenzivní hoření. Možný úraz elektrickým proudem.“

Otázka č. 6: Existuje pracovní postup v rámci Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových úložišť?

„O žádném takovém nevím.“

Otázka č. 7: Věděl byste, jak postupovat při zásahu na požár elektromobilu?

„Hasební páce s dostatečným množstvím vody a následným nořením do kontejneru s vodou.“

Otázka č. 8: Věděl byste, jaká je dostupná technika a prostředky na územním odboru v rámci Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilu?

„V rámci Plzeňského kraje máme ve Zbiroze velkoobjemovou vanu pro noření elektrických vozidel po požáru. Nebo improvizované prostředky - vana s plachtou na CPS Plzeň-Košutka.“

Otázka č. 9: Jaký je Váš osobní názor na problematiku lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilitu?

„V současné době ještě není mnoho takových zásahů, proto chybí zkušenosti. Výrobci by se měli zaměřit na snížení rizik, která s používáním baterií vznikají.“⁸⁵

Respondent 7

Příslušníka slouží na územním odboru Tachov – CPS Tachov. Je zařazen na služební místo vrchní inspektor-velitel čtyř. Délka služebního poměru 20 let.

⁸⁵ Rozhovor s příslušníkem, Inspektor-velitel družstva, HZS Plzeňského kraje – CPS Rokycany, ze dne 14. 2. 2023.

Otázka č. 1: Setkal jste se během Vašeho služebního poměru u Hasičského záchranného sboru se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Ne, zatím tomu tak nebylo. Zasažoval jsem jen na požár elektrické vysokozdvížené plošiny. Ta má ale trakční baterii.“

Otázka č. 2: Máte nějaké zkušenosti se zásahem na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Na takový druh zásahu jsem ještě nezasahoval, takže nemám žádné zkušenosti.“

Otázka č. 3: Myslíte si, že existuje dostatek dostupných informací pro potřeby zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Myslím, že tato zásahová oblast je ještě na začátku cesty. Informací je málo.“

Otázka č. 4: Věděl byste, kde se vyskytují lithiové a lithium-iontové baterie ve Vašem hasebním obvodu?

„Některá místa bych dokázal jmenovat, ale jsem si jist, že zdaleka nevím většinu. První co mne napadne, jsou podniky, kde se používá aku nářadí.“

Otázka č. 5: Znáte možná rizika, která vznikají při zásahu na lithiové a lithium-iontové baterie?

„Ano. Například toxické zplodiny hoření“

Otázka č. 6: Existuje pracovní postup v rámci Hasičského záchranného sboru na zásah lithiových a lithium-iontových bateriových úložišť?

„Osobně nevím, že by takový postup byl dostupný.“

Otázka č. 7: Věděl byste, jak postupovat při zásahu na požár elektromobilu?

„Myslím, že se zásahem na elektromobil bych si poradil správně. Ponořil bych ho do kontejneru s vodou.“

Otázka č. 8: Věděl byste, jaká je dostupná technika a prostředky na územním odboru v rámci Plzeňského kraje na požár lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilu?

„Pro zásah na elektromobil je dostupný kontejner. Aktuálně na CPS Plzeň-Košutka. Kontejner by měl být dostupný také u záchranného útvaru ve Zbiroze. Nevím to přesně, zda tomu tak aktuálně je.“

Otázka č. 9: Jaký je Váš osobní názor na problematiku lithiových, lithium-iontových baterií a elektromobilitu?

„Lithiové a lithium-iontové baterie se začínají používat ve velké míře, takže nás nějaký zásah asi nemine. Je zapotřebí se do budoucna na takové zásahy připravovat.“⁸⁶

⁸⁶ Rozhovor s příslušníkem, Vrchní inspektor-velitel čety, HZS Plzeňského kraje – CPS Tachov, ze dne 18. 2. 2023.