

**Univerzita Pardubice**  
**Dopravní fakulta Jana Pernera**

**Návrh pracoviště údržby železničních  
elektrických jednotek s trakční baterií**

**Bakalářská práce**

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2024/2025

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan Pavelka**  
Osobní číslo: **D22239**  
Studijní program: **B0788A040001 Dopravní technika**  
Specializace: **Provoz a údržba vozidel**  
Téma práce: **Návrh pracoviště údržby železničních elektrických jednotek s trakční baterií**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

## Zásady pro vypracování

Se zavedením elektrických jednotek s trakční baterií do provozu bude třeba řešit jejich následnou údržbu. Vzhledem k tomu, že se jedná o nové technologie, se kterými nejsou dostatečné zkušenosti, bude třeba vypracovat manuál pro uspořádání a vybavení pracoviště pro údržbu těchto jednotek.

Vypracujte:

- přehled normativních, legislativních a předpisových ustanovení pro vybavení pracoviště,
- přehled specifických požadavků pro pracoviště pro údržbu elektrických jednotek s trakční baterií z hlediska požární bezpečnosti a bezpečnosti práce,
- návrh modelového pracoviště – nákres, organizace pracoviště a údržby,
- přehled potřebného vybavení a příslušenství pro údržbu elektrických jednotek s trakční baterií.

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle pokynů vedoucího práce**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] RÖSCH, W.: *Compendium railway vehicle maintenance*. Leverkusen: PMC, 2020. ISBN 978-3-96245-203-2.  
[2] Předpis ČD V25. *Organizace udržování železničních kolejových vozidel*. 2020  
[3] Škoda Transportation a.s. *Návod na údržbu a opravy jednopodlažní dvouvozové dvojdvořadové jednotky řady 690.2 (Škoda 15Ev3)*. 2024

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislava Liberová, Ph.D.**  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Radek Sedláček, Ph.D.**  
České dráhy, a.s.  
Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2025**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2025**

L.S.

---

**doc. Ing. Ladislav Řoutil, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Jakub Vágner, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 7. února 2025

Prohlašuji:

Práci s názvem Návrh pracoviště údržby železničních elektrických jednotek s trakční baterií jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

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

V Pardubicích dne

Jan Pavelka v. r.

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucí práce paní Ing. Stanislavě Liberové, Ph.D. za trpělivost, rady a připomínky k práci a čas věnovaný konzultacím. Dále bych rád poděkoval pánům Ing. Radku Sedláčkovi, Ph.D., MPA a Ing. Adamu Bílkovi ze společnosti České dráhy, a. s. a panu Janu Moravcovi, Ph.D. ze společnosti Škoda Transportation, a. s. za poskytnuté materiály nezbytné pro tvorbu práce a za možnost konzultace. Poděkování patří též mé rodině za vytrvalou podporu při studiu.

## **Anotace**

V této bakalářské práci jsou řešeny základní požadavky na provádění údržby a oprav elektrické jednotky s trakční baterií řady 690.2. Dále je v této práci uveden přehled legislativy a technických norem týkajících se požární bezpečnosti staveb, trakčních baterií a bezpečnosti práce na elektrických zařízeních v kontextu železničních vozidel. Významnou kapitolou je výčet legislativních a normativních požadavků na požární bezpečnost staveb. V závěru práce je pak navržena úprava uspořádání konkrétního pracoviště údržby včetně řešení uložení náhradních kontejnerů trakční baterie.

## **Klíčová slova**

Elektrická jednotka s trakční baterií, údržba, skladování kontejneru trakční baterie, požární bezpečnost, návrh pracoviště údržby

## **Title**

Desing of railway electric units maintenance workstation with traction battery

## **Abstract**

In this bachelor's thesis are addressed the basic requirements for maintenance and repair of the electric unit with a traction battery of the 690.2 series. Furthermore, this work provides an overview of legislation and technical standards relating to the fire safety of structures, traction batteries and the safety of work on electrical equipment in the context of railway vehicles. An important chapter is an account of legislative and prescriptive requirements for the fire safety of structures. At the end of the work, it is proposed to modify the arrangement of the particular maintenance workstation including the solution of storing the spare containers of the traction battery.

## **Keywords**

Electric multiple unit with traction battery, maintenance, traction battery container storage, fire safety, maintenance workplace design

## Obsah

Seznam zkratk .....	9
1 Úvod.....	10
2 Popis jednotky Škoda 15Ev3 (690.2) .....	12
2.1 Mechanická část .....	12
2.2 Elektrická část.....	14
2.2.1 Trakční baterie .....	14
2.3 Provozní určení jednotky .....	17
2.4 Požární bezpečnost jednotky .....	17
3 Údržba jednotky .....	18
3.1 Základní požadavky na údržbu.....	18
3.2 Údržba trakční bateriové skříně .....	20
3.3 Bezpečnost personálu při provádění údržby.....	21
4 Požární bezpečnost.....	22
4.1 Legislativa a technické normy upravující požární bezpečnost.....	22
4.1.1 Požární riziko.....	24
4.1.2 Požární zatížení.....	24
4.1.3 Ekonomické riziko .....	25
4.1.4 Požární úsek.....	26
4.1.5 Stupeň požární bezpečnosti.....	27
4.1.6 Stavební konstrukce.....	27
4.1.7 Únikové cesty .....	28
4.1.8 Požární bezpečnost technických a technologických zařízení .....	29
4.1.9 Odstupy .....	29
4.1.10 Zařízení pro protipožární zásah .....	30
4.2 Základní požadavky na protipožární opatření opravárenských hal .....	30
5 Pracoviště údržby jednotek s trakční baterií .....	31
5.1 Popis stávajícího pracoviště údržby .....	31

5.2	Návrh organizace pracoviště údržby.....	33
5.2.1	Varianta s odstraněním přístavby.....	33
5.2.2	Varianta se zachováním/rozšířením přístavby .....	35
5.3	Vybavení pracoviště údržby.....	36
5.4	Návrh uložení náhradních bateriových skříní.....	41
5.4.1	Požadavky na skladovací prostor náhradních kontejnerů trakční baterie .....	41
5.4.2	Uložení náhradních kontejnerů trakční baterie uvnitř budovy OPJ .....	41
5.4.3	Uložení náhradního kontejneru trakční baterie mimo budovu OPJ.....	43
6	Závěr.....	45
	Literatura .....	46
	Seznam příloh .....	48

## Seznam zkratk

AC	<i>Alternating Current</i>	střídavý elektrický proud
BEMU	<i>Battery Electric Multiple Unit</i>	
BMS	<i>Battery Monitoring System</i>	
ČD	České dráhy, a. s.	
DC	<i>Direct Current</i>	stejnoseměrný elektrický proud
DMU	<i>Diesel Multiple Unit</i>	
ETCS	<i>European Train Control System</i>	
HV	Hlavový vůz	
Li-Ion	<i>Lithium-Ion</i>	lithium-iontový článek/baterie
LTO	<i>Lithium-Titanium-Oxide</i>	lithium-titanátový článek/baterie
MHD	Městská hromadná doprava	
OCÚ	Oblastní centrum údržby	
OPJ	Opravena pantografových jednotek	
PÚ	Požární úsek	
SOC	<i>State of Charge</i>	úroveň nabití baterie vztažená ke kapacitě
SÚ	Středisko údržby	
SŽ	Správa železnic, s. o.	
TSI	<i>Technical Specifications for Interoperability</i>	technické specifikace pro interoperabilitu
TV	Trakční vedení	

# 1 Úvod

Česká republika disponuje jednou z nejhustších železničních sítí na světě. Méně pozitivní je fakt, že podíl elektrizovaných tratí patří k nejmenším (necelých 35 % z celkové délky tratí). To si vyžaduje nasazování velkého množství vozidel se spalovacím motorem nejen na tratě lokálního významu. Časté jsou případy, kdy za účelem zatraktivnění železni osobní dopravy jsou vedeny přímé spoje mezi většími městy, respektive významnými přestupními uzly, a menšími obcemi ležícími na neelektrizovaných tratích. Dokonce je v současnosti zavedeno několik rychlíkových (meziregionálních) linek obsluhovaných výhradně motorovou trakcí. Tyto spoje bývají často vedeny z části po elektrizovaných a z části po neelektrizovaných tratích, což je řešeno nasazováním vozidel se spalovacími motory v celé trase. V některých případech to vede k situaci, kdy na elektrizovaném úseku jsou nasazována výhradně vozidla se spalovacím motorem. Dalším faktem je, že tato vozidla se již blíží ke konci životnosti, a vzhledem ke stále se zpřísnujícím požadavkům na spalovací motory, se výrobci od tohoto způsobu pohonu postupně odklánějí. Z těchto důvodů (až na výjimky) již nelze pořídit vhodná nová vozidla se spalovacími motory (DMU).

Řešení se nabízí několik, ale ne všechna vychází ekonomicky přijatelně. Jedním z řešení je elektrizace dalších úseků tratí, což ale vyžaduje vynaložení poměrně velkých nákladů, a tudíž se toto řešení nehodí pro tratě s nízkým provozem. Další možností je nasazení dvouzdrojových vozidel disponujících jak elektrickým pohonem s liniovým napájením, tak spalovacím motorem. Toto řešení se jeví problematické v případě osobních jednotek či samostatných „motorových“ vozů, jelikož osazení vozidla těmito pohony je náročné na prostorovou zástavbu, a proto tato vozidla nejsou na trhu dostupná. Jako vhodným kompromisem se jeví akutrolejové provedení jednotek či vozů (BEMU). Výhodou těchto vozidel je využití výhod elektrické trakce i bez nutnosti instalace stovek kilometrů trakčního vedení. Mezi výhody elektrické trakce oproti motorové patří příznivější energetická bilance (vyšší účinnost a možnost rekuperace), dynamičtější jízda, tišší provoz... Naopak nevýhodou těchto vozidel je především omezený dojezd. Ideální provozní koncept je takový, kdy nabitě vozidlo přejezdí z elektrifikované tratě na neelektrifikovanou a na „jedno nabití“ zvládne dojet do cílové stanice a zpět na elektrifikovanou trať. V případě, že je jízda v bateriovém režimu delší, lze v koncové stanici zřídit nabíjecí body. V tomto případě je ale nutné počítat s prostojem za účelem nabití trakční baterie. Dále je možné realizovat tzv. ostrovní provoz, to znamená, že bude provedena elektrizace pouze části tratě. V tomto případě je provozní model následující: Vozidlo s nabitou trakční baterií přejezdí z elektrizované tratě na neelektrizovanou, po níž ujede několik desítek kilometrů v bateriovém režimu, následně bude pokračovat po (nově) elektrizovaném úseku v režimu liniového napájení trakce, během čehož se zároveň bude dobíjet trakční baterie. Poté může vozidlo opět přejít do bateriového režimu. Prvním dvěma uvedeným konceptům odpovídá regionální provoz a konceptu s ostrovním provozem by odpovídal dopravní model meziregionálních spojů. Každopádně pro zajištění smysluplného a spolehlivého provozu akutrolejových vozidel je nezbytná spolupráce objednatele dopravní obslužnosti, dopravce a správce infrastruktury.

Na české železnici je v zavádění provozu akutrolejových jednotek průkopníkem Moravskoslezský kraj, který jako první v České republice poptával nasazení takovýchto jednotek. Výrobcem prvních jednotek s trakční baterií je Škoda Transportation, a. s. a Škoda Vagonka, a. s. a jejich

provozovatelem jsou České dráhy, a. s. Jedná o první vícesystémové jednotky s trakční baterií na trhu. Tento počín Moravskoslezského kraje vzbudil velký zájem o provoz vozidel s trakční baterií i u dalších objednatelů dopravy. V první fázi byly pořízeny čtyři jednotky s trakční baterií. Jednotky jsou totožné s klasickými elektrickými jednotkami RegioPanter druhé generace řady 650.2, jen byly doplněny systémem trakční baterie. Jednotkám s trakční baterií bylo přiděleno řadové označení 690.2. Do budoucna by v tomto regionu mělo být nasazeno až 15 dalších bateriových jednotek.

S novou technikou přišly i nové výzvy. Jednou z nich je otázka, jak se změní nároky a způsob provádění údržby oproti doposud provozovaným jednotkám bez trakční baterie. Nárokům na pracoviště údržby jednotek s trakční baterií se věnuje tato práce. Jelikož se v českém prostředí jedná o novinku, tak současná legislativa ani technické normy tuto problematiku přímo nijak neupravují, a proto je nutné vycházet z obecných předpisů. Dále lze využít zkušeností a poznatků ze zahraničí, případně z provozů MHD, kde jsou bateriová vozidla rozšířena více. Cílem této práce je vytvořit přehled legislativních požadavků především z hlediska požární bezpečnosti na pracoviště, kde bude probíhat údržba a opravy jednotek s trakční baterií a navrhnout uspořádání takového pracoviště.

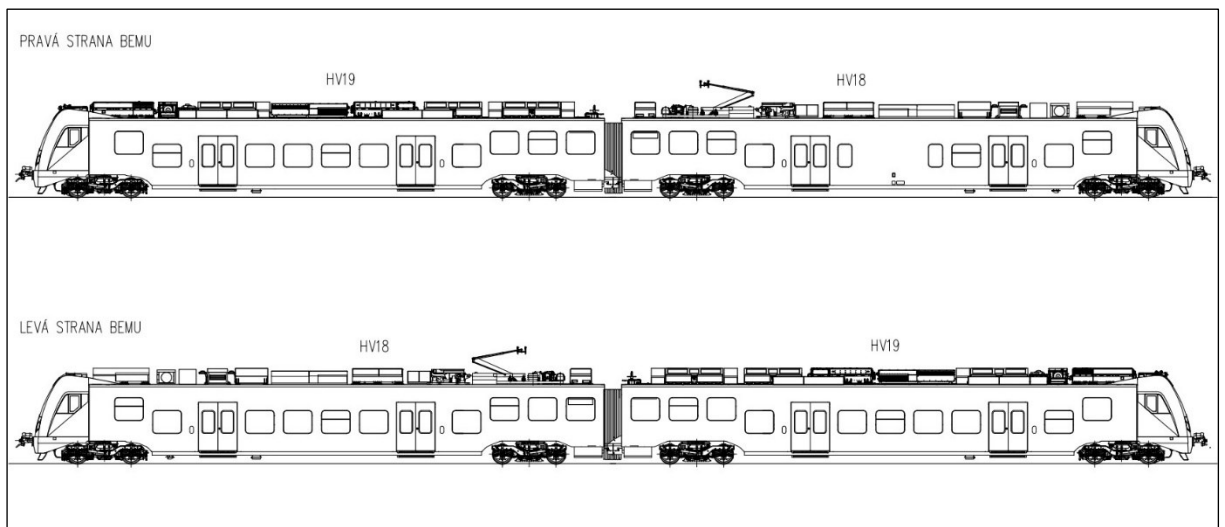


*Obr. 1: Elektrická jednotka RegioPanter s trakční baterií řady 690.2*

Zdroj: [12]

## 2 Popis jednotky Škoda 15Ev3 (690.2)

Jedná se o dvouzdrojovou vícesystémovou jednotku kombinující napájení pohonu z troleje (systém 3 000 V DC nebo 25 000 V/50 Hz AC) nebo z trakčních baterií. Jednotka je složena ze dvou hlavových vozů, které jsou dle řadového označení označeny 690.2 a 691.2. Dle technické dokumentace odpovídá vůz HV 18 řadovému označení 690.2 a vůz HV 19 řadovému označení 691.2. Tovární označení jednotky je Škoda 15Ev3. Jednotka je konstrukčně odvozena od jednotky typu Škoda 15Ev. Typ 15Ev3 vzniknul doplněním trakčních baterií, v důsledku čehož musely být provedeny potřebné změny, jinak jsou z mechanického i elektrického hlediska oba typy jednotek shodné. Vůz HV 18 odpovídá vozu HV 14 (řada 650.2) jednotky 15Ev a vůz HV 19 odpovídá vozu HV 15 (řada 651.2) jednotky 15Ev. [22], [26]



Obr. 2: Typový výkres jednotky Škoda 15Ev3

Zdroj: [23] upraveno

### 2.1 Mechanická část

Hlavové vozy jsou konstruovány jako klasické podvozkové, to znamená, že každý hlavový vůz je vybaven dvěma dvounápravovými podvozky, jedním hnacím a jedním běžným, kde hnací je přední podvozek (u stanoviště strojvedoucího) a běžný zadní (u mezivozového přechodu). Každá hnací náprava hnacího podvozku je poháněna třífázovým asynchronním trakčním motorem s cizím chlazením. Trakční motory jsou napájeny z trakčního měniče, který se nachází na střeše příslušného vozu. Uspořádání pojezdu jednotky je tedy Bo'2'+ 2'Bo'. Rámy podvozků jsou svařované konstrukce a skládají se ze dvou prolomených podélníků, jednoho příčnicku a dvou čelníků. Vedení dvojkolí je zajištěno čepy. Vypružení pojezdu je dvoustupňové. První stupeň vypružení je realizován ocelovými válcovými šroubovitými pružinami. Druhý stupeň vypružení je tvořen vzduchovými pružinami membránového typu. Tlumení zajišťují hydraulické tlumiče. Hnací i běžné podvozky disponují brzdovou jednotkou s brzdovými kotouči v kolech. Běžné podvozky jsou navíc vybaveny elektromagnetickou kolejnicovou brzdou. [22]

Na obou koncích jednotky se nachází stanoviště strojvedoucího přístupné z oddílu pro cestující. Oba hlavové vozy jsou vybaveny dvěma dvoukřídlými představnými nástupními dveřmi z každé strany vozu. Interiér jednotky je koncipován jako jednopodlažní a částečně nízkopodlažní s velkoprostorovým uspořádáním s oddíly 1. a 2. vozové třídy. Jednotka je plně průchozí. Mezi jednotlivými oddíly nejsou instalovány interiérové dveře kromě oddílu 1. třídy, jenž je od nástupního prostoru oddělen skleněnými dveřmi. Nástupní prostory a střední část vozů jsou nízkopodlažní (výška nad temenem kolejnice 550 mm), krajní části vozů v oblasti nad podvozky jsou vyvýšeny. Ve voze HV 18 se nachází 35 sedadel 2. třídy, 15 sklopných sedadel umístěných podélně a 8 míst v 1. třídě. Oddíl 1. třídy se nachází za stanovištěm strojvedoucího. Střední nízkopodlažní oddíl vozu je rozměrově uzpůsoben pro přepravu dvou cestujících na invalidním vozíku, případně jízdnicích kol, které je možno opřít o sklopné sedačky a zajistit pásem. V tomto oddílu se rovněž nachází buňka WC, ta svými rozměry vyhovuje využití cestujícími na invalidním vozíku. V části středního oddílu blíže k zadním nástupním dveřím jsou podélně umístěny další sklopné sedačky a háky pro zavěšení jízdnicích kol. Zde je rovněž možnost přepravy dětských kočárků. Za druhým nástupním prostorem následuje oddíl 2. třídy, jehož větší část je umístěna ve vyvýšené části vozu. Tento oddíl, respektive celý vůz, je zakončen mezivozovým přechodem s přechodovým můstkem chráněným izolačním dvojitým měchem. Mechanické spojení obou vozů jednotky je zajištěno centrálním spřáhlem typu „socket joint“. Uspořádání interiéru vozu HV 19 je obdobné jako vozu HV 18. Ve voze HV 19 je umístěno celkem 72 sedadel 2. třídy a 10 sklopných sedadel. Oproti vozu HV 18 se zde nenacházejí sedadla 1. třídy a buňka WC. [22]

Hrubá stavba skříní obou vozů jednotky sestává ze dvou částí, a sice z části tvořící prostor pro cestující a kabinového modulu. Část skříně tvořící prostor pro cestující je označována jako tubus a je zhotovena z velkoplošných protlačovaných profilů ze slitiny hliníku. Z důvodu nutnosti umístění trakční výzbroje na střechu jednotky je střecha provedena jako plochá. Pro upevnění komponent na střechu jednotky a vnitřní vybavy slouží podélně orientované c-drážky. Aby kabinový modul splňoval požadavky na odolnost vůči nárazu, je zhotoven z ocelových profilů a plechů. Spojení kabinového modulu a tubusu je zajištěno šrouby. Nosná kostra kabinového modulu je opatřena sendvičovými panely z laminátu. Vnější povrch tubusu zároveň tvoří vnější povrch jednotky. V tab. 1 jsou uvedeny základní rozměrové parametry jednotky a tab. 2 obsahuje základní hmotnostní parametry. [22]

*Tab. 1: Základní rozměrové parametry jednotky*

<b>Rozměrové parametry</b>	
délka jednotky přes spřáhla	52 900 mm
délka vozu přes styčnou rovinu spřáhel	26 450 mm
maximální šířka skříně	2 820 mm
rozvor jednotky	21 400 mm
rozvor podvozků	2 400 mm
vzdálenost středů otáčení podvozků	19 000 mm

Zdroj: [22]

Tab. 2: Základní hmotnostní parametry jednotky

Hmotnostní parametry		
	HV 18	HV 19
provozní hmotnost	56,1±3 % t	56,6±3 % t
hmotnost hnacího podvozku	10,5±3 % t	10,5±3 % t
hmotnost běžného podvozku	7,65±3 % t	7,65±3 % t
hmotnost na nápravu hnacího podvozku	15,15 t	19,1 t
hmotnost na nápravu běžného podvozku	12,9 t	13,2 t

Zdroj: [22]

## 2.2 Elektrická část

Z důvodu požadavku na nízkopodlažnost jednotky je většina elektrické výzbroje rozmístěna na střechách vozů. Na střeše obou vozů přibližně nad příslušným hnacím podvozkem se nachází trakční měnič sloužící pro pohon trakčních motorů. Každý vůz je dále vybaven primárním měničem pomocných pohonů, brzdovým odporákem a klimatizační jednotkou. Vůz HV 18 je dále vybaven sběračem trakčního proudu, hlavním vypínačem, trakčním transformátorem, kompresorem a dvěma palubními 24 V bateriemi (jedna je určena pro vůz HV 19). Bloky 24 V baterie jsou umístěny pod zadním čelníkem vozu. Vůz HV 19 je vybaven třemi kontejnery trakční baterie. Kontejnery trakční baterie kromě článků obsahují pojistky, odpojovače, nabíjecí obvody a řídicí blok BMS (Battery Monitoring System). Každý kontejner má připojen vlastní chladicí, respektive topný kapalinový okruh. [26]

### 2.2.1 Trakční baterie

Jak již bylo zmíněno, trakční baterie jednotky sestává ze tří samostatných kontejnerů (trakčních bateriových skříní viz obr. 3). Základní parametry trakční bateriové skříně jsou uvedeny v tab. 3. Trakční bateriové skříně jsou spojeny paralelně a v případě jízdy v bateriovém režimu napájí měnič 15MKL-2. Každý kontejner trakční baterie je chlazen, případně ohříván, vlastní termoregulační jednotkou (obr. 4). Trakční baterie je tvořena bateriovými články typu LTO (Lithium Titanate Oxid), jejichž výrobcem je firma Toshiba. Jejich využitelná kapacita je 320 kWh. Předností bateriových článků typu LTO je vyšší bezpečnost oproti v současnosti nejrozšířenějšímu typu Li-Ion (Lithium-Ion). Předpokládaná životnost trakční baterie je 8 let. [9]

Tab. 3: Rozměrové a hmotnostní parametry trakční bateriové skříně

Parametry bateriové skříně	
šířka	2370 mm
výška	636 mm
délka	2570 mm
hmotnost	2770 kg

Zdroj: [24]

### LTO články

Lithium-titanátové (LTO) články vychází z klasických lithium-iontových článků. V případě LTO článků jsou na povrchu anody využity lithium-titanátové nanokrystaly místo uhlíku. Díky nanokrystalům lze zvětšit plochu povrchu anody až asi na 100 m<sup>2</sup> na gram oproti 3 m<sup>2</sup> na gram v případě uhlíkové anody. Větší plocha umožňuje rychlejší vstup, respektive výstup elektronů z elektrody. Kromě toho je redoxní potenciál interkalace tzn. umístění iontu Li<sup>+</sup> do mřížky oxidů titanu výhodnější než v případě interkalace Li<sup>+</sup> do grafitu. To vede k rychlejšímu nabíjení, respektive vyššímu nabíjecímu proudu, a dále je v případě LTO článků dosaženo vyšší bezpečnosti tím, že je oproti uhlíku snížena pravděpodobnost tvorby lithiových dendritů. [8], [10], [13]



Obr. 3: Trakční bateriová skříň

Zdroj: autor



Obr. 4: Termoregulační jednotka trakční bateriové skříně

Zdroj: autor

### Způsoby nabíjení trakční baterie

Existuje několik způsobů dobíjení trakčních baterií jednotky. Jedním z nich je nabíjení z trolejového vedení s napájecím systémem 3 kV DC nebo 25 kV/50 Hz AC, a to jak při stání jednotky, tak i během jízdy. V případě, že jednotka stojí, je dle normy EN 50367 „Pevná trakční zařízení a drážní vozidla – Kritéria pro dosažení technické kompatibility mezi pantografovými sběrači a trolejovým vedením“ v případě stejnosměrné napájecí soustavy maximální proudový odběr omezen na 200 A na sběrači. To odpovídá při jmenovitém napětí v troleji 3 kV nabíjecímu výkonu 600 kW, což není dostatečné vzhledem k tomu, že maximální příkon pro nabíjení trakčních baterií jednotky se pohybuje okolo 800 kW. Z tohoto důvodu byla firmou Elektrizace železnic Praha vyvinuta speciální nabíjecí armatura („armatura pro nabíjení BEMU z TV“) typu E79/I. Základní rozměrové parametry nabíjecí armatury jsou uvedeny v tab. 4. Jedná se o zdvojený trolejový drát, čímž dojde ke zvýšení počtu kontaktních bodů mezi sběračem a trolejí ze dvou na čtyři. V obou paralelních větvích armatury je stejné napětí a dále platí, že součet proudů tekoucích jednotlivými větvemi je roven celkovému proudu. Takto je možné zvýšit nabíjecí proud asi na 350 A. To odpovídá nabíjecímu výkonu 1050 kW, díky čemuž se zkrátí čas potřebný pro nabití. Pokud probíhá nabíjení stojící jednotky z troleje s napájecím systémem 25 kV/50 Hz AC, je dle normy maximální proudový odběr omezen na 80 A na sběrači. Díky vyššímu napětí to představuje nabíjecí výkon 2000 kW, což je vzhledem k maximálnímu příkonu pro nabíjení více než dostatečné, a proto již není třeba instalovat armaturu pro nabíjení. Nabíjecí armaturu lze instalovat bez nutnosti přerušování trolejového vedení a je možné ji pojíždět rychlostí až 80 km.h<sup>-1</sup>. Všechny způsoby nabíjení jsou uvedeny níže. [9]

Tab. 4: Parametry nabíjecí armatury

Parametry nabíjecí armatury	
šířka	342 mm
délka	5897 mm
hmotnost	24,3 kg

Zdroj: [9]

Všechny způsoby dobíjení trakční baterie jednotky Škoda 15Ev3 jsou shrnuty v následujících bodech [22]:

- z troleje 3 000 V DC při stání i za jízdy 40–45 minut, s nabíjecí armaturou 22–30 minut,
- z troleje 25 000 V/50 Hz AC při stání i za jízdy 20–25 minut,
- z topného stojanu 3 000 V DC nebo 1 500 V/50 Hz AC,
- ze sítě 3x 400 V 125 A / 63 A / 32 A,
- rekuperačním brzděním (výkon asi 800 kW).

## 2.3 Provozní určení jednotky

Jednotka je určena k provozu na dráze celostátní, regionální a na vlečkách o rozchodu kolejnic 1435 mm, traťové třídy B2 (18 t/náprava). Součástí výbavy je i zabezpečovač ETCS L2 B3 a Mirel VZ1. Jak již bylo zmíněno v úvodu, jednotku lze provozovat na elektrifikovaných tratích o napájecím systému 3 000 V DC, případně 25 000 V/50 Hz AC nebo i na neelektrifikovaných tratích. Maximální dojezd jednotky v bateriovém režimu se pohybuje okolo 80 km. Plnohodnotný provoz jednotky na neelektrifikovaných tratích je podmíněn povolením centrálního napájení vozů elektrickou energií DC. V opačném případě je provoz jednotky možný pouze na jeden hnací podvozek, a to vozu HV 19. Minimální jmenovitý poloměr oblouku, který lze projíždět traťovou rychlostí, je 125 m. Do vícečlenného řízení lze spojit až 3 jednotky. V trolejovém režimu je umožněno spojovat jednotky do vícečlenného řízení i s jednotkami typu 15Ev. V bateriovém režimu lze do vícečlenného řízení spojovat pouze jednotky typu 15Ev3. Pro spřáhování jednotek slouží centrální automatické spřáhlo s mechanickou hlavou typu 10. Spřáhlo zajišťuje mechanické spojení jednotek, přenos tažných i tlačných sil, elektrické spojení a spojení pneumatických soustav. Základní výkonové parametry jsou uvedeny v tab. 5. [22]

Tab. 5: Základní výkonové parametry jednotky

	Hodnota výkonového parametru jednotky	
	napájení z troleje	napájení z trakčních baterií
trvalý výkon na hřídelích trakčních motorů	4x 340 kW	4x 180 kW <sup>1</sup>
rychlost při trvalém výkonu	65,4 km.h <sup>-1</sup>	34,8 km.h <sup>-1</sup>
maximální rychlost	160 km.h <sup>-1</sup>	120 km.h <sup>-1</sup>

Zdroj: [22]

## 2.4 Požární bezpečnost jednotky

Výrobce uvádí, že během vývoje jednotky byla vytipována a ošetřena požární rizika ve spolupráci s Hasičským záchranným sborem a Hasičskou záchrannou službou Správy železnic. Vozy jednotky podle TSI SRT (1303/2014) spadají do kategorie A. Pro zvýšení požární bezpečnosti jednotky jsou instalovány dva odpojovače obvodů baterií. Na střeše vozu pod skříněmi trakční baterie jsou umístěny plechy, jež chrání skříně vozu před zářem a zabraňují šíření požáru do interiéru jednotky. Další ochranné plechy jsou zřízeny nad nástupními dveřmi pro bezpečnější evakuaci osob z jednotky. [22]

<sup>1</sup> v závislosti na odběru pomocných pohonů

### 3 Údržba jednotky

Údržba mechanických částí, pneumatické výzbroje a většiny komponent elektrické výzbroje jednotky typu Škoda 15Ev3 je shodná s údržbou jednotky typu Škoda 15Ev. Odlišnost způsobu údržby jednotky Škoda 15Ev3 nastává v důsledku přítomnosti trakční baterie, což s představuje nejen vyšší nároky na údržbu, ale i na bezpečnost.

#### 3.1 Základní požadavky na údržbu

Výhodou jednotek s trakční baterií je možnost vlastního pohybu bez použití posunovacího zařízení nebo lokomotivy i po kolejích bez trakčního vedení, čehož lze s výhodou využít k pohybu jednotky po areálu depa. Jednotka je navržena tak, že pro běžnou údržbu není nutné jednotlivé vozy jednotky rozpojovat. Mechanické a elektrické rozpojování vozů je předpokládáno pouze v případě údržby vyšších stupňů nebo rozsáhlejších oprav. Zvedání skříní vozů jednotky podepřením je možné v určených místech, která jsou označena příslušnými značkami na boku jednotky. Rozteč míst určených ke zvedání je u obou vozů jednotky shodná. Vozy jednotky lze podepřít i na čelech, kde jsou opěrné plochy umístěny na protišplhových deskách deformačních prvků. Zvedání skříní je možné i s přilehlým podvozkem bez použití dalších přídavných prvků. Jak již bylo zmíněno, většina komponent elektrické a pneumatické výzbroje se nachází na střeších vozů. Výrobce uvádí, že pro přístupnost k těmto zařízením jsou nezbytné minimálně jednostranné montážní lávky v celé délce jednotky. Je nutné dbát na to, že některé části střechy jednotky nejsou pochozí. Kryty, na něž je zakázáno stoupat, jsou označeny příslušnými piktogramy. Komponenty umístěné na střeších vozů jsou upevněny prostřednictvím podélně orientovaných c-drážek (viz obr. 5 a obr. 6). Pro demontáž (případně zpětnou montáž) jednotlivých zařízení je nutné použít jeřáb. Zvedání zařízení musí být prováděno dle pokynů výrobce. Například v případě trakční bateriové skříně je vyžadováno použití speciálního zvedacího rámu (viz obr. 7). Konstrukce jednotky umožňuje mechanické mokré čištění vozů. Skříně vozů jednotky lze čistit v automatickém mycím zařízení. [22], [24]



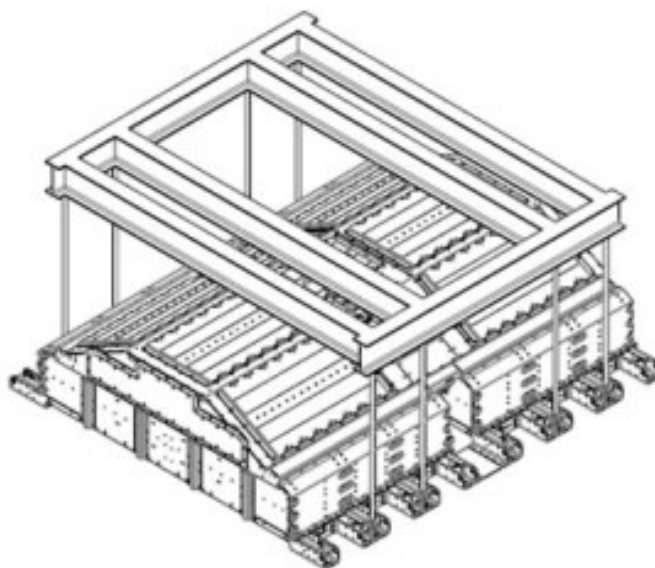
Obr. 5: Detail uchycení pomocí c-drážek

Zdroj: autor



Obr. 6: Detail uchycení trakční bateriové skříně pomocí c-drážek

Zdroj: autor



Obr. 7: Zvedací rám trakční bateriové skříně

Zdroj: ČD

Výrobce dále uvádí, že pokud bude jednotka během údržby bez přístupu k trolejovému napětí (stažený sběrač a vypnutý hlavní vypínač) po dobu delší než 30 minut a zároveň bude zapnuta bateriová síť, pak je nutné připojit jednotku k vnějšímu zdroji 3x400 V/50 Hz nebo vypnout stykač trakční baterie. [24]

Kilometrické proběhy jednotky do jednotlivých stupňů údržby jsou následující [24]:

- E0 Provozní ošetření 25 000 km
- EM Malá prohlídka 100 000 km
- EV Velká prohlídka 300 000 km
- R1 obnova 1 200 000 km
- E3 obnova 2 400 000 km

## 3.2 Údržba trakční bateriové skříně

### Bezpečnostní pokyny

Segmenty trakční baterie, jež jsou uloženy v jednotlivých kontejnerech, jsou i ve vybitém stavu vždy pod napětím. Než budou zahájeny jakékoliv práce související s kontrolou, údržbou či instalací trakční bateriové skříně, musí být páka odpojovače ve svislé poloze „odpojeno“ a vyjmutý klíč pro uzemňovač v kontejneru 15MKL-2. Pokud je páka odpojovače trakční bateriové skříně v poloze „odpojeno“, pak je silový konektor odpojen od napětí baterie. Dále je nutné se měřením přesvědčit, že na silovém konektoru „BAT“ a následně na svorkách DW+, DW-, UP+, UP- a na každém PDU DECK není napětí. [24]

### Zásady bezpečného zacházení s trakční bateriovou skříní [24]

- Je třeba zabránit jakémukoliv riziku roztržení, propíchnutí a deformaci trakční bateriové skříně. Dále musí být zabráněno pádu z výšky a dbáno na ochranu před silnými nárazy.
- Manipulace s trakční bateriovou skříní musí být provedena dle manuálu a jen prostředky k tomu určenými.
- Poškozené baterie nesmí být nabíjeny ani vybíjeny.
- Baterie nesmí být nabíjeny nad limit napětí. Přepětí poškodí baterie a může způsobit nebezpečnou událost (únik elektrolytu, požár, výbuch...).
- Jednotlivé články (bateriové moduly) a trakční bateriová skříně musí být přepravovány s maximálně 50 % SOC (maximálně 30 % SOC při přepravě letadlem).
- Nepoužívaná trakční bateriová skříně musí být odpojena od všech zařízení a musí být zakrytovány konektory.
- Trakční bateriová skříně nesmí být používána mimo její pracovní rozsah teploty okolí (−25 °C až +45 °C).
- Při zapojování musí být zkontrolována správnost připojení polarity na konektorech trakční bateriové skříně. Připojení baterie s nesprávnou polaritou by mohlo vést k prasknutí bateriových článků nebo požáru nebo způsobit vážné zranění osob v důsledku chemické reakce.
- Pokud jsou kontakty (vývody) trakční bateriové skříně znečištěné, musí být očištěny suchým hadříkem nebo nylonem. Znečištěné připojovací svorky mohou způsobit degradaci ve výkonu baterie a její nadměrné zahřívání.
- Trakční bateriové skříně nesmí být zapojeny do série.
- Dílčí kabelové silové a ovládací svazky nesmí být odpojovány, je-li zbytek trakční baterie připojen (v provozu).

- Bateriové články ani moduly nesmí být drceny ani do nich nesmí být vrtáno. Hrozí nebezpečí požáru nebo výbuchu.
- K trakční bateriové skříni musí mít přístup pouze proškolené osoby. Trakční bateriová skříň je vybavena bezpečnostními štítky a piktogramy dle ISO 7010.

#### **Podmínky skladování trakčních baterií**

Pro dosažení maximální životnosti trakčních baterií a zajištění bezpečnosti během skladování je žádoucí dodržovat daná opatření. Uvedená opatření platí obecně pro celou řadu typů baterií [9]:

- skladování na suchém chladném místě s maximálním rozsahem teplot od 0 do 40 °C,
- ochrana před přímým slunečním zářením,
- ochrana před mechanickým poškozením (pády, otřesy, vibrace),
- prostorové nebo stavební oddělení od ostatních prostor a zajištění dostatečné vzdálenosti od úložišť hořlavých látek,
- uložení ve speciálních skříních na Li-Iontové baterie s požární odolností alespoň 90 minut,
- uložení poškozených baterií mimo budovu a zajištění likvidace dle doporučení.

#### **Podmínky likvidace baterií**

Vysloužilé baterie/články nesmí být likvidovány společně s komunálním odpadem. Musí být odevzdány na specializovaných odběrných místech. Neodborná likvidace může způsobit požár, ujmu na zdraví nebo životním prostředí. [24]

### **3.3 Bezpečnost personálu při provádění údržby**

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, při provádění údržby a oprav jednotky je nutné dbát na to, že trakční bateriové skříňe jsou vždy pod napětím, tudíž riziko úrazu elektrickým proudem je nepřetržitě. Výrobce uvádí, že během všech prací na jednotce je nezbytné dodržovat předpisy o ochraně proti nebezpečnému dotyku živých a neživých částí dle norem **ČSN EN 60077-1** „Drážní zařízení – Elektrická zařízení drážních vozidel – část 1: Obecné provozní podmínky a obecná pravidla“, **ČSN EN 60077-2** „Drážní zařízení – Elektrická zařízení drážních vozidel – část 2 Elektrotechnické součástky – Obecná pravidla“, **ČSN EN 60077-3** „Drážní zařízení – Elektrická zařízení drážních vozidel – část 3: Elektrotechnické součástky – pravidla pro vypínače DC “ a **ČSN 33 2000-4-41 ED.2** „Elektrické instalace nízkého napětí, část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem“ a dále místní bezpečnostní předpisy pro obsluhu a údržbu. [24]

Dále je doporučeno používat osobní ochranné pomůcky [24]:

- izolovaný a nehořlavý oděv bez vodivé části pro ochranu proti teplu a plamenům odpovídající IEC 61482-1-2 a EN ISO 14116,
- ochranné rukavice elektrické ochrany třídy 0 označené symbolem dvojitého trojúhelníku (EN 60903, EN 388),
- obličejový štít pro ochranu proti elektrickému oblouku dle NF EN 166,
- izolační ochranu nohou.

## 4 Požární bezpečnost

Nejčastějšími příčinami požárů trakčních baterií jsou závady vzniklé již během výrobního procesu (poškození izolace v baterii), nesprávné nabíjení, vadné šroubové spoje vysokého napětí, závady softwaru nebo zkrat v baterii. Nečastější příčiny zkratu jsou stárnutí baterie nebo tvorba vláken (dendritů), která vznikají ve fázi vylučování látek na elektrodě, tím dochází k nežádoucím reakcím elektrolytu s lithiem. Dendrity mohou prorůst mezi oběma elektrodami tak, že způsobí zkrat s rizikem vzplanutí, příp. výbuchu baterie. Při požáru teplota přesahuje 1 000 °C a dochází k uvolňování toxických látek. Jak již bylo uvedeno, v případě jednotek Škoda 15Ev3 jsou použity LTO baterie, jež jsou bezpečnější než doposud běžně používané Li-Ion baterie. Výhodou LTO baterií oproti klasickým bateriím Li-Ion je především vyšší protipožární odolnost, nižší riziko tzv. „Thermal Runaway“ (rychlá řetězová reakce po překročení kritické teploty baterie), vyšší rozsah provozních teplot a stabilní výkon, vyšší životnost, respektive počet nabíjecích cyklů, a rychlejší nabíjení. [9]

Z hlediska šíření požáru je klíčové vhodné rozmístění vozidel a nabíjecích bodů v prostorách pracoviště údržby, díky čemuž lze alespoň snížit výši případné škody. [9] S tím souvisí stanovení bezpečnostních rozestupů mezi jednotlivými vozidly, ovšem v případě železničních jednotek s trakční baterií není dosud velikost bezpečnostních rozestupů nikde definována. Dle doporučení výrobce by se v opravárenské hale měla nacházet nejvýše jedna jednotka s trakční baterií, pokud nejsou přijata opatření v podobě instalace hydrantů a elektronické požární signalizace s napojením na dispečink Hasičského záchranného sboru. V případě přijetí těchto opatření se může v prostoru opravárenské haly nacházet vícero jednotek s trakční baterií.

### 4.1 Legislativa a technické normy upravující požární bezpečnost

#### Přehled legislativy

- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- Vyhláška č. 246/2001 Sb., o požární prevenci
- Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb
- Vyhláška č. 268/2011 Sb., kterou se mění vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb

#### Přehled technických norem

- ČSN 73 0802, požární bezpečnost staveb – nevýrobní objekty
- ČSN 73 0804, požární bezpečnost staveb – výrobní objekty
- ČSN 73 0810, požární bezpečnost staveb – společná ustanovení
- ČSN 73 0834, požární bezpečnost staveb – změny staveb
- ČSN 73 0848, požární bezpečnost staveb – kabelové rozvody
- ČSN 73 0873, požární bezpečnost staveb – zásobování požární vodou
- ČSN 73 0875, požární bezpečnost staveb – stanovení podmínek pro navrhování elektrické požární signalizace v rámci požárně bezpečnostního řešení

### Přehled technických norem – lithiové články/baterie

- ČSN EN IEC 62281, bezpečnost lithiových primárních a akumulátorových článků a baterií během přepravy
- ČSN EN IEC, drážní zařízení – drážní vozidla – palubní lithium – ion trakční baterie
- ČSN EN 62485-3, bezpečnostní požadavky pro akumulátorové baterie a akumulátorové instalace – část 3: trakční baterie

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) klade podmínky pro projektování a provádění staveb a obecné požadavky na výstavbu. Požadavky na bezpečnost a vlastnosti staveb jsou pak konkrétně definovány v prováděcím předpise vyhlášce č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Jedním ze základních požadavků je mimo jiné požadavek na požární bezpečnost. Ze stavebního zákona vyplývá, že orgány územního plánování a stavební úřady musí spolupracovat s orgány chránícími veřejné zájmy dle zvláštních předpisů. Mezi tyto dotčené orgány mimo jiné patří i orgán státního požárního dozoru. Zvláštním předpisem je v tomto případě zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, kde je stanoveno, že prováděcí předpis (vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb) definuje technické podmínky požární ochrany pro navrhování, výstavbu nebo užívání staveb, a to za účelem omezení rozvoje a šíření ohně a kouře ve stavbě, omezení šíření požáru na sousední stavby, evakuace osob a zvířat v případě ohrožení stavby požárem nebo při požáru a umožnění účinného a bezpečného zásahu jednotek požární ochrany. [15]

Dle vyhlášky musí být stavba umístěna a navržena tak, aby byly splněny technické podmínky požární ochrany stanovené v technických normách [15]:

- odstupové vzdálenosti a požárně nebezpečný prostor,
- zdroje požární vody a jiného hasiva,
- vybavení stavby vyhrazeným požárně bezpečnostním zařízením,
- přístupové komunikace a nástupní plochy pro požární techniku,
- zabezpečení stavby či území jednotkami požární ochrany,
- stavební konstrukce a technologické zařízení,
- evakuace osob a zvířat.

Podle české legislativy a technických norem je základním parametrem určování požárního rizika požární zatížení [9]. Dle § 3 vyhlášky č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb „*musí být vymezeny požární úseky a určena pravděpodobná intenzita případného požáru v těchto požárních úsecích nebo jejich částech (požární riziko) v souladu s českými technickými normami*“. Na železniční opravárenské haly lze aplikovat normu ČSN 73 0804 ed.2, požární bezpečnost staveb – výrobní objekty. V případě výrobních objektů jsou požadavky na protipožární zajištění požárních úseků určeny:

- dle požárního rizika (požadavky na stavební konstrukce a odstupové vzdálenosti),
- dle ekonomického rizika (požadavky na požárně bezpečnostní zařízení a opatření a velikost požárního úseku).

Dále následuje přehled parametrů požární bezpečnosti dle normy ČSN 73 0804 ed.2. Jedná se pouze o letmý přehled, pro zjištění podrobností je nutné vycházet přímo z normy.

### 4.1.1 Požární riziko

Požární riziko je dle normy definováno jako „pravděpodobná intenzita případného požáru v posuzovaném požárním úseku nebo jeho části; je určeno ekvivalentní dobou trvání požáru a normovými teplotami plynů v hořícím prostoru, nebo pravděpodobnou dobou trvání požáru a pravděpodobnými teplotami plynů v hořícím prostoru, závisí zejména na množství a druhu hořlavých látek, na rychlosti jejich odhořívání, účinnosti požárně bezpečnostních zařízení a na tepelně technických vlastnostech konstrukcí ohraničujících posuzovaný požární úsek.“ [4] Přítomností trakčních baterií je oproti stávajícímu stavu požární zatížení opravárenských hal vyšší. [28]

Požární riziko požárního úseku je dle normy ČSN 73 0804 dáno ekvivalentní dobou trvání požáru a určuje se pro:

- a) celý požární úsek pro
  - požární zatížení  $p$ , nebo
  - průměrné požární zatížení  $\bar{p}$ ,
- b) danou část požárního úseku pro místě soustředěné požární zatížení  $p_m$ .

Pokud je požární riziko stanoveno pro jednotlivé části požárního úseku, pak platí, že nejvyšší hodnota požárního rizika zjištěná pro jednotlivé části požárního úseku je považována za hodnotu požárního rizika pro celý požární úsek. Přesnější výpočet požárního rizika lze provést řešením rovnice energetické rovnováhy v hořícím prostoru požárního úseku. [4]

### 4.1.2 Požární zatížení

**Požární zatížení**  $p$  [kg.m<sup>-2</sup>] [4] je dáno součtem nahodilého požárního zatížení  $p_n$  a stálého požárního zatížení  $p_s$ .

**Průměrné požární zatížení**  $\bar{p}$  [4] lze stanovit dle rovnice (1):

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot S_i \cdot k_{1i} + \sum_{i=1}^j p_{si} \cdot S_i \cdot k_{1i}}{S}, \quad (1)$$

- kde:
- $p_{ni}$  i-té nahodilé požární riziko,
  - $p_{si}$  i-té stálé požární zatížení,
  - $S_i$  půdorysná plocha na níž se vyskytuje i-té nahodilé a stálé požární zatížení,
  - $S$  celková půdorysná plocha požárního úseku,
  - $k_{1i}$  součinitel výhřevnosti i-tého nahodilého a stálého požárního zatížení; stanovuje se dle přílohy B normy ČSN 73 0804,
  - $j$  počet druhů hořlavých látek.

**Nahodilé požární zatížení**  $p_n$  nebo **stálé požární zatížení**  $p_s$  v [kg.m<sup>-2</sup>] [4] je dáno vztahem (2):

$$p_n \text{ nebo } p_s = \frac{\sum_{i=1}^j M_i \cdot K_i}{S}, \quad (2)$$

kde:  $M_i$  hmotnost i-té hořlavé látky v [kg] určené např. dle ČSN 73 0035,  
 $K_i$  součinitel ekvivalentního množství dřeva i-tého druhu hořlavé látky dle ČSN 73 0824,  
 $S$  celková půdorysná plocha požárního úseku v [m<sup>2</sup>]; stanovuje-li se  $p_n$  či  $p_s$  v části požárního úseku, pak je do jmenovatele rovnice dosazována půdorysná plocha posuzované části PÚ,  
 $j$  počet druhů hořlavých látek.

**Místně soustředěné požární zatížení  $p_m$  [4]** není zjišťováno v následujících případech:

- pokud je požární úsek vícepodlažní, kde je požární zatížení stanoveno součtem hmotností hořlavých látek nacházejících se v jednotlivých podlažích požárního úseku,
- pokud požární zatížení  $p \geq 150 \text{ kg.m}^{-2}$ , nebo průměrné požární zatížení  $\bar{p} \geq 150 \text{ kg.m}^{-2}$ .

Místně soustředěné požární zatížení je určeno vztahem (3):

$$p_m = \frac{\sum_{i=1}^j M_i \cdot K_i \cdot k_{1i}}{S_s}, \quad (3)$$

kde:  $M_i$  hmotnost i-té hořlavé látky v [kg] určené např. dle ČSN 73 0035,  
 $K_i$  součinitel ekvivalentního množství dřeva i-tého druhu hořlavé látky dle ČSN 73 0824,  
 $k_{1i}$  součinitel výhřevnosti i-tého nahodilého a stálého požárního zatížení; stanovuje se dle přílohy B normy ČSN 73 0804,  
 $S_s$  půdorysná plocha požárního úseku v [m<sup>2</sup>], kde se vyskytuje posuzované místně soustředěné požární zatížení,  
 $j$  počet druhů hořlavých látek vyskytujících se na ploše posuzovaného místně soustředěného požárního zatížení.

### 4.1.3 Ekonomické riziko

Ekonomické riziko je dle normy ČSN 73 0804 dáno „*indexem pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru  $P_1$  a indexem pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem  $P_2$ . Hodnoty těchto indexů závisí na druhu a charakteru provozu, požárně bezpečnostních zařízeních a opatřeních, velikosti požárních úseků, počtu podlaží v objektu, konstrukčním systému a na předpokládaných škodách*“. [4]

**Index pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru  $P_1$  [4]** je dán vztahem (4):

$$P_1 = p_1 \cdot c \geq 0,11, \quad (4)$$

kde:  $p_1$  pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru stanovená dle přílohy E normy ČSN 73 0804,  
 $c$  součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních zařízení a opatření.

**Index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem  $P_2$  [4]** je určen vztahem (5):

$$P_2 = p_2 \cdot S \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7, \quad (5)$$

kde:	$p_2$	pravděpodobnost vyjadřující rozsah škod způsobených požárem určená dle přílohy E normy ČSN 73 0804,
	$S$	půdorysná plocha požárního úseku v [m <sup>2</sup> ],
	$k_5$	součinitel vyjadřující vliv počtu podlaží v objektu,
	$k_6$	součinitel vyjadřující vliv hořlavosti hmot v konstrukčním systému objektu,
	$k_7$	součinitel vyjadřující vliv následných škod.

#### 4.1.4 Požární úsek

Požární úsek je dle normy definován jako „*prostor stavebního objektu ohraničený od ostatních částí tohoto objektu, popř. sousedních objektů požárně dělicími konstrukcemi nebo požárně bezpečnostním zařízením; jedná se o základní posuzovanou jednotku z hlediska požární bezpečnosti stavených objektů*“. [4] Smyslem požárních úseků je zabránění šíření požáru v objektu. Požární odolnost požárně dělicích konstrukcí je doba, po kterou je konstrukce schopna odolávat teplotám vzniklým při požáru bez toho, aniž by ztratila svou funkci. Požární odolnost se udává v minutách (30, 45, 60 90, 120, 180 min) a je stanovena na základě požárního rizika, případně dle předpokládané doby trvání požáru. [1]

Stavební objekt musí být dělen do požárních úseků, jestliže [1]:

- jeho velikost přesahuje mezní rozměry požárního úseku určené dle ekonomického rizika nebo
- se v něm vyskytují provozy, jež musí tvořit samostatné požární úseky.

Požární úsek může být tvořen [6]:

- jednou místností,
- skupinou místností, které jsou propojeny dveřmi,
- skupinou místností, které nejsou propojeny dveřmi,
- celým objektem,
- souborem objektů.

Dále musí být splněna podmínka, že z jednoho požárního úseku lze uniknout pouze jedním sousedním požárním úsekem, který zavede unikající osoby buď na volné prostranství mimo objekt nebo do chráněného prostoru (tzv. chráněné únikové cesty). Proto je žádoucí rozdělit objekt pouze na nezbytně nutný počet požárních úseků, to znamená vytvoření požárních úseků, jež musí být samostatnými požárními úseky a zbývající prostory rozdělit dle mezních rozměrů a počtu podlaží. [6]

V normě jsou uvedeny prostory, jež musí tvořit samostatný požární úsek bez ohledu na rozměry a počet podlaží. Samostatný požární úsek musí tvořit mimo jiné [6]:

- chráněné únikové cesty,
- výtahové a instalační šachty,
- kabelové šachty,
- strojovny výtahů,
- strojovny vzduchotechniky,
- prostory, kde hrozí nebezpečí výbuchu nebo úniku toxických látek atd.

Dle normy jsou stanovovány délkové a šířkové limity požárních úseků s ohledem na hořlavost konstrukčního systému, výškovou polohu a na povahu umístěného materiálu.

Pokud dojde ke změně požárních úseků (např. v důsledku stavebních úprav) v rámci stavebního řízení, musí být vypracováno nové požárně bezpečnostní řešení stavby a musí být schváleno Hasičským záchranným sborem. [1]

#### **4.1.5 Stupeň požární bezpečnosti**

Požární bezpečnost stavebního objektu je popsána stupněm požární bezpečnosti. Stupeň požární bezpečnosti je stanovován pro každý požární úsek zvlášť a vyjadřuje schopnost stavebních konstrukcí jako celku odolávat požáru z hlediska rozšíření požáru a stability konstrukcí objektu. Celkem existuje sedm stupňů požární bezpečnosti. Podle toho, do kterého stupně spadá daný PÚ vyplývají požadavky na stavební konstrukce z hlediska požární odolnosti a druhu konstrukčních částí. [4], [19]

#### **4.1.6 Stavební konstrukce**

Ze zjištěného stupně požární bezpečnosti lze dále stanovit konkrétní požadované vlastnosti stavebních konstrukcí jednotlivých požárních úseků. Požadavky jsou dány nejnižší požadovanou požární odolností konstrukcí v minutách nebo přípustným druhem konstrukční části.

Požární odolnost konstrukcí je dle normy ČSN 73 0804 definována jako „*doba, po kterou je konstrukce schopna odolávat teplotám vznikajícím při požáru, aniž by došlo k porušení její funkce specifikované mezními stavy požární odolnosti*“. Požární odolnost stavební konstrukce musí být navržena s přihlédnutím k druhu konstrukce a stavby postupem podle českých technických norem.

Mezní stavy požární odolnosti jsou rozlišeny v normě ČSN EN 13501-2. Mezi základní typy mezních stavů patří [5]:

- R – únosnost a stabilita,
- E – celistvost,
- I – izolační schopnost,
- W – omezení radiace tepla,
- C – samozavírání (pro výplně otvorů),
- S – kouřotěsnost (pro výplně otvorů).

Doba požární odolnosti je doba, po kterou musí stavební konstrukce vzdorovat požáru, tzn. musí být plněny dané mezní stavy. Technickými normami jsou dány doby: 15, 30, 45, 60, 90, 120 a 180 minut. [5]

Aby konkrétní navržená stavební konstrukce vyhověla, musí být splněna podmínka, že hodnota požární odolnosti musí být větší nebo rovna, než je hodnota uvedená v normě. Způsoby zjištění skutečné hodnoty požární odolnosti jsou následující [5]:

- požární zkouška,
- výpočet dle tzv. Eurokódů,
- kombinace zkoušky a výpočtu,
- dle hodnotových norem.

V případě novostaveb je obvykle návrh konstrukcí proveden tak, aby byly požadavky požární odolnosti splněny přímo bez nutnosti dodatečných opatření pro zvýšení požární odolnosti. Ovšem v případě starších budov současné požadavky na požární odolnost nebývají splněny přímo od doby výstavby, a proto je nutné přijmout dodatečná opatření. Zvýšení požární odolnosti starších stavebních konstrukcí lze dosáhnout překrytím původní konstrukce hmotou, jež zpomaluje zahřívání konstrukce. Mezi opatření zvyšující požární odolnost stavebních konstrukcí patří [5]:

- **Obetonování nebo obezdění**, jehož výhodou je dlouhá trvanlivost, ale nevýhodou je, že pro dosažení optimální účinnosti tohoto opatření je nutnost opatřit stávající konstrukci až několikacentimetrovou vrstvou hmoty, což představuje vyšší prostorovou náročnost a zatížení konstrukce tíhou hmoty.
- **Aplikace požárních omítek**; nevýhodou tohoto řešení je podobně jako v předchozím případě nutnost aplikace až několikacentimetrové vrstvy dále hrozí omezená soudržnost s původním povrchem, výhodou je opět delší trvanlivost.
- **Aplikace požárních nástřiků**; jedná se v podstatě o obdobu omítek, ale toto řešení odstraňuje některé nevýhody předchozích a zároveň je jejich nanesení na původní povrch časově méně náročné.
- **Požární obklady a podhledy**; výhodou je, že se opět jedná o poměrně trvanlivé řešení.
- **Aplikace požárních nátěrů**; výhodou požárních nátěrů je, že po jejich aplikaci je zachován původní tvar konstrukce a možnost různého barevného řešení. Jejich nevýhodou je omezená trvanlivost a účinnost. V současnosti existuje velké množství různých druhů nátěrů, mezi něž patří například **intumescentní nátěry**, které jsou vhodné pro aplikaci na dřevěné, ocelové či betonové povrchy. Dalším typem nátěrů jsou tzv. **zábranové nátěry**, ty slouží pro ochranu kabelů či jiných plastových výrobků. Méně často jsou využívány **sublimující nátěry**, které jsou vhodné pro ochranu pouze ocelových konstrukcí.

#### 4.1.7 Únikové cesty

Dalším důležitým aspektem požární bezpečnosti staveb jsou únikové cesty. Smyslem únikových cest je bezpečná a co nejrychlejší evakuace osob z hořící budovy. Musí být zajištěno, aby evakuované osoby nebyly vystaveny především kritické koncentraci zplodin hoření a sálavému toku a aby byl umožněn přístup jednotek požární ochrany k zasaženým místům budovy. Pro správné navržení únikových cest je nezbytné znát předpokládaný počet osob nacházejících se uvnitř budovy. Podmínky obsazení budovy osobami jsou specifikovány normou ČSN 73 0818. Za únikovou cestu je považována komunikace uvnitř nebo vně objektu, jejíž prostřednictvím lze provést evakuaci do míst mimo objekt, a odkud je evakuovaným osobám umožněn volný a bezpečný pohyb směrem od objektu. Tato místa jsou označována jako volný prostor. [4], [7]

Dle úrovně ochrany existují dva druhy únikových cest [4], [7]:

- **Nechráněné únikové cesty;** jedná se o každý volný prostor, jež dovede prchající osoby k východu na volný prostor nebo do chráněné únikové cesty; není podmínkou, aby byly od ostatních prostorů budovy odděleny stavebními konstrukcemi,
- **Chráněné únikové cesty;** jedná se o trvale volný prostor, který vede k východu na volné prostranství; zde se však jedná o samostatný požární úsek a prostor chráněné únikové cesty musí být chráněn proti účinkům požáru a musí být tvořen požárně dělicí konstrukcí DP1, stavební otvory musí být opatřeny požárními uzávěry a samozavíracím zařízením; dále zde nesmí být žádné požární zatížení a nesmí se zde vyskytovat hořlavé materiály a rozvody technických zařízení.

Při navrhování únikových cest musí být dodržena podmínka, že z každého místa požárního úseku nebo objektu musí být dosažitelné nejméně dvě samostatné únikové cesty vedoucí různým směrem do bezpečí. [4], [7]

#### **4.1.8 Požární bezpečnost technických a technologických zařízení**

Technickými a technologickými zařízeními budov se rozumí kabelové rozvody, potrubní rozvody, vzduchotechnická zařízení, vytápění a dopravní zařízení. V normě ČSN 73 0804 je uvedeno, že technická a technologická zařízení uvnitř budovy mají být navrhována tak, aby pokud možno co nejméně propustovala požárně dělicími konstrukcemi. [4], [18]

#### **4.1.9 Odstupy**

Dle vyhlášky o technických podmínkách požární ochrany staveb musí být u požárních úseků staveb vymezen požárně nebezpečný prostor a stanovena odstupová vzdálenost v souladu s českými technickými normami. Smyslem odstupů je zabránění šíření požáru mimo požární úsek, respektive objekt. Požárně nebezpečný prostor je prostor v okolí stavby, v němž je v případě požáru stavby nebezpečí přenosu požáru prostřednictvím [4], [17]:

- padajících hořících úlomků stavby nebo
- sáláním tepla požárně otevřenými plochami.

Odstupová vzdálenost je nejprve stanovena pro oba případy zvlášť. Výsledná odstupová vzdálenost je větší z obou hodnot.

Velikost odstupové vzdálenosti závisí na [4], [17]:

- velikosti požárně otevřených ploch PÚ,
- hustotě tepelného toku z PÚ.

#### 4.1.10 Zařízení pro protipožární zásah

Norma ČSN 73 0804 vyžaduje na každém objektu instalaci zařízení, které umožňuje protipožární zásah vedený vnitřkem nebo vnějškem budovy. Těmito zařízeními se rozumí [4], [20]:

- přístupové komunikace,
- vjezdy a průjezdy,
- nástupní plochy,
- vnitřní zásahové cesty,
- vnější zásahové cesty,
- přenosné hasicí přístroje,
- zásobování požární vodou.

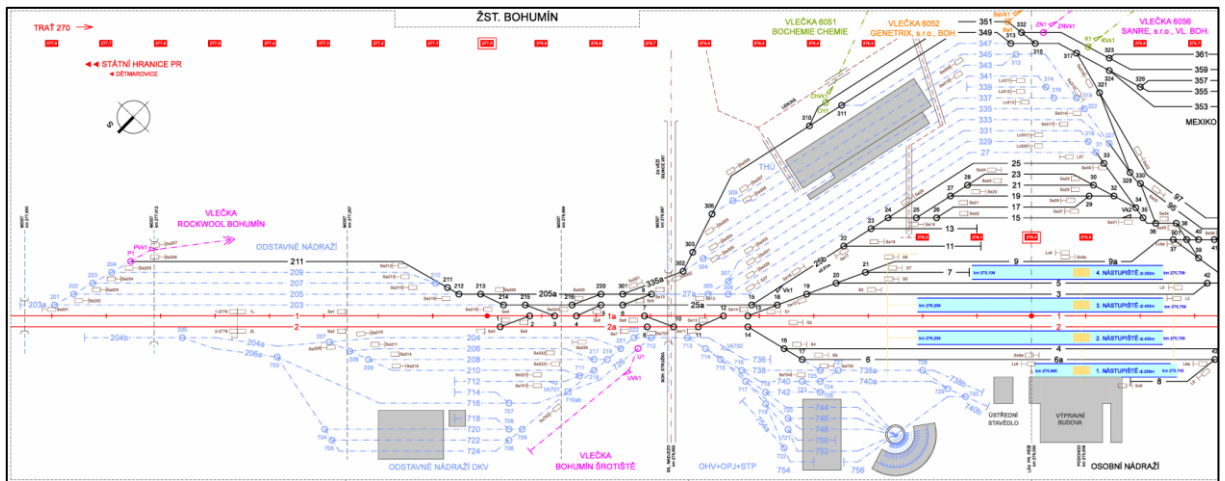
### 4.2 Základní požadavky na protipožární opatření opravárenských hal

Získání podkladů pro realizaci účinného protipožárního opatření pro konkrétní opravárenskou halu lze zajistit provedením numerických simulací případných požárů s možností definování scénářů požárů a provedení výpočtů šíření požárů a kouře. Analýza těchto výsledků umožní vytipovat kritická místa. V případě starších hal je doporučeno odstranění hořlavých izolací ze střešních pláštů a zajištění stability budov během požáru pro bezpečnou evakuaci osob a bezpečný zásah Hasičského záchranného sboru. Minimální požadavek na požární odolnost nosné konstrukce budov je 90 minut. Prostory se zvýšeným rizikem vzniku požáru (tzn. nabíjecí místa nebo prostory pro skladování náhradních a poškozených baterypacků) by měly mít požární odolnost minimálně 120 minut. Požární odolnost dveří a oken by měla být minimálně 90 minut. Šíření požáru uvnitř budov lze omezit pomocí speciálních požárních zábran. Dále je žádoucí zajistit odpovídající elektroinstalaci uvnitř budov průřezy vodičů vyhovujícími vysokým nabíjecím výkonům trakční baterie. Dále je doporučeno instalovat speciální systémy, které dokážou řídit zátěž nabíjení baterií a systémy pro tepelný monitoring elektrických rozvaděčů, systém termografie elektrických zařízení a ochran proti přepětí. Šíření případného požáru lze rovněž omezit instalací stabilního hasicího zařízení do prostoru elektrických rozvaděčů. [9]

## 5 Pracoviště údržby jednotek s trakční baterií

### 5.1 Popis stávajícího pracoviště údržby

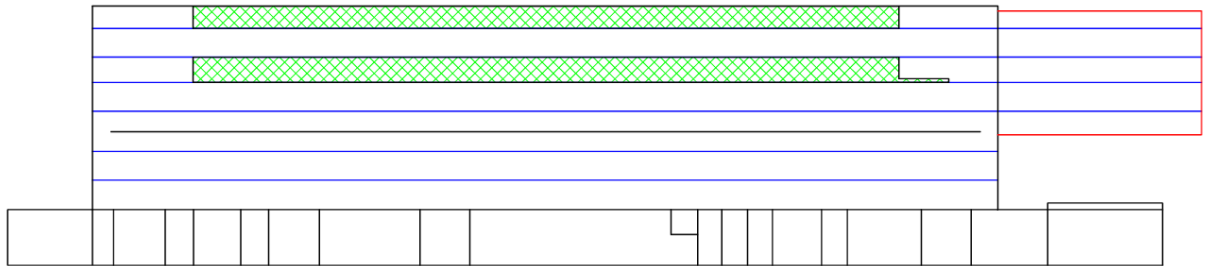
Opravná pantografových jednotek se nachází v okrajové části města Bohumín a hala je přístupná z ulice Na Hrázi. Kolejiště depa je zaústěno do železniční stanice Bohumín. V rámci stanice je hala situována u dětmarovického zhlaví (viz obr. 8). Opravná pantografových jednotek Bohumín spadá dle organizačního členění ČD pod Oblastní centrum údržby (OCÚ) Východ, Středisko údržby (SÚ) Bohumín.



Obr. 8: Výřez ze situačního plánu železniční stanice Bohumín

Zdroj: [2]

Opravná hala vystavěná v roce 1972 disponuje třemi kolejemi, z nichž dvě byly v roce 1976 dodatečně prodlouženy z důvodu nasazení delších souprav, v současnosti prodloužení není využíváno. Užitečná délka neprodloužené koleje je přibližně 100 m a přibližně 130 m prodloužených kolejí. Každé kolejové stání je vybaveno prohlídkovým kanálem. Podlaha podél dvou prodloužených kolejí je zahloubena pro usnadnění prohlídek podvozků. Podél krajní prodloužené koleje jsou zřízeny z obou stran prohlídkové lávky v délce přibližně 85 m. Celková šířka haly je přibližně 24 m a výška od zahloubené podlahy po střešinu činí asi 15 m. Hala je vybavena mostovým jeřábem s maximální únosností 12,5 t. K opravné hale přiléhá přístavba, v níž se nacházejí kanceláře, zázemí pro dělníky, specializované dílny, sklady, kompresorovna, elektrický rozvaděč a trafostanice v majetku Správy železnic. Zjednodušený náčrtek uspořádání haly ve stávajícím stavu je uveden na obr. 9. Pro větší přehlednost je tento zjednodušený náčrtek bez popisků, popisky jsou uvedeny na obrázku v příloze 1.



Obr. 9: Náčrtek stávajícího uspořádání pracoviště údržby

Legenda k obr. 9:

- modře jsou vyznačeny průjezdné profily jednotlivých kolejí,
- červeně je vyznačena dodatečná přístavba z roku 1976,
- zelené šrafy značí prohlídkové lávky.

Uspořádání kolejových stání v opravárenské hale [3]:

- vzdálenost průjezdného profilu koleje 724 od stěny budovy: 2,7 m
- vzdálenost osy koleje 724 od stěny budovy: 4,4 m
- vzdálenost průjezdných profilů kolejí 724 a 722: 3 m
- vzdálenost os kolejí 724 a 722: 6,5 m
- vzdálenost průjezdného profilu koleji 722 a 720: 4,8 m
- vzdálenost os kolejí 722 a 720: 8,3 m
- vzdálenost průjezdného profilu koleje 720 od stěny budovy: 3,6 m
- vzdálenost osy koleje 720 od stěny: 5,3 m



Obr. 10: Letecký snímek současného stavu OPJ a přilehlého prostoru

Na tomto pracovišti údržby jsou v současnosti udržovány kromě dvouvozových jednopodlažních jednotek s trakční baterií také jednopodlažní klasické elektrické jednotky (bez trakční baterie) ve dvouvozovém a třívozovém provedení a dvoupodlažní třívozové jednotky. Jak již bylo uvedeno, předpokládaný počet jednotek s trakční baterií nasazovaných v tomto regionu je 19 kusů. Předpokládá se, že bude potřeba provádět údržbu a opravy až na třech bateriových jednotkách současně. Dále samozřejmě musí být zajištěna odpovídající kapacita i pro ostatní jednotky.

## 5.2 Návrh organizace pracoviště údržby

Návrh pracoviště údržby je v této práci proveden v kontextu již existujícího pracoviště, ale uvedené poznatky lze aplikovat i v případě realizace zcela nového pracoviště. V současnosti se (zatím) neuvažuje, že by na předmětném pracovišti údržby probíhala údržba a opravy trakční bateriové skříně, respektive jednotlivých bateriových modulů či článků. Takovéto práce by představovaly zřízení zcela nového specializovaného pracoviště s ještě vyššími bezpečnostními nároky. Aktuálně jsou předpokládány práce s trakční bateriovou skříní spočívající pouze v její demontáži/montáži. V případě nutnosti zásahu „dovnitř“ bateriové skříně bude skříně odeslána výrobcí. Aby byl v případě poruchy bateriové skříně možný co nejrychlejší návrat jednotky zpět do provozu, je požadováno uskladnění náhradních skříní v areálu pracoviště údržby. Protože by do budoucna by mělo být v této lokalitě nasazeno až 19 jednotek s trakční baterií, předpokládá se, že bude potřeba mít k dispozici alespoň dvě náhradní trakční bateriové skříně. Náhradní bateriové skříně lze uložit buď přímo v budově OPJ, anebo ve speciálním kontejneru mimo budovu OPJ. Každá z obou variant představuje jisté výhody a nevýhody. Konkrétní možnosti jsou specifikovány v kapitole 5.4.

Úprava pracoviště údržby pro elektrické jednotky s trakční baterií je navržena různými způsoby. První varianta počítá s odstraněním dodatečného prodloužení z roku 1976, které není v současnosti využíváno. V případě druhé varianty je navrženo využití dodatečného prodloužení, případně jeho rozšíření. Každá z variant má své technologické výhody a nevýhody a rozdílnou finanční náročnost.

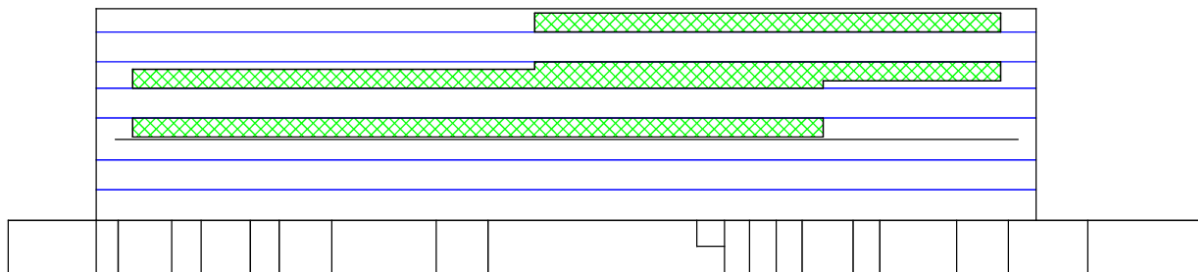
### 5.2.1 Varianta s odstraněním přístavby

Pro údržbu jednotek s trakční baterií je navrženo vyčlenit jednu kolej výhradně k tomuto účelu. Dle návrhu je z bezpečnostních důvodů vybrána nejvzdálenější kolej od zázemí, jednotlivých dílen a skladů, tzn. kolej 724. Jak již bylo uvedeno výše, pro snížení rizika šíření požáru na další vozidla nacházející se v údržbářské hale, je žádoucí dodržovat mezi odstavenými vozidly co největší rozestupy. Jelikož je vzdálenost sousedních kolejí poměrně malá, zajištění bezpečné vzdálenosti mezi odstavenými vozidly je problematické. Pro získání maximální možné vzdálenosti mezi odstavenými jednotkami je místo pro odstavení jednotky s trakční baterií navrženo v pravé části haly, kde je zároveň navrženo zřídit oboustrannou prohlídkovou lávku vyhovující délce dvouvozové jednotky. Tedy potřebná délka lávky je 54 m.

Místo pro odstavení další jednotky je na sousední koleji (722) navrženo naopak v levé části haly. Zde je též navržena instalace oboustranné prohlídkové lávky, která ale v tomto případě musí vyhovovat třívozové jednotce, z čehož plyne potřebná délka lávky 80 m. Jelikož však není délka

kolejí dostatečná, tak i přes toto opatření budou krajní vozy jednotek stát vedle sebe s malým rozestupem.

Třetí kolej (720) je navržena pro údržbu dvoupodlažních jednotek a pro vyvazování podvozků zvednutím celé jednotky pomocí patkových zvedáků. Rozvržení prohlídkových lávek je zjednodušeně znázorněno na obr. 11, větší verze obrázku včetně popisků je v příloze 2.



Obr. 11: Varianta s odstraněním dodatečné přístavby

Legenda k obr. 11:

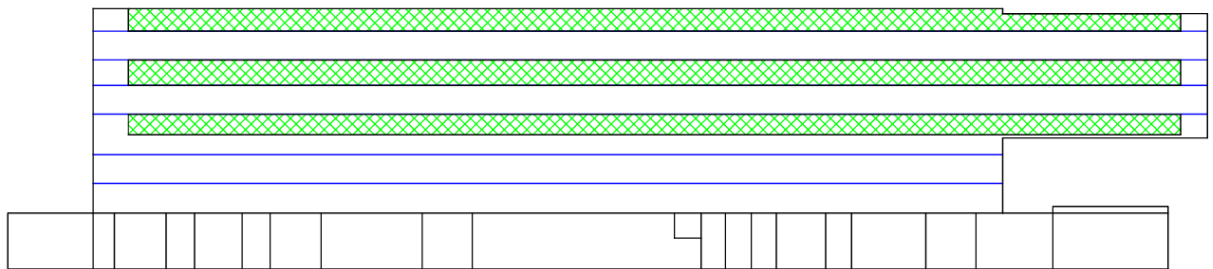
- modře jsou vyznačeny průjezdné profily jednotlivých kolejí,
- zeleně jsou vyšrafovány prohlídkové lávky.

Pro případ, že by došlo k požáru ať už odstavené jednotky nebo jinde v opravárenské hale, lze k vozidlům odstaveným v hale připojit dálkově ovládané posunovací zařízení (tzv. želvu). Pomocí tohoto zařízení by byla vozidla vytažena na určená bezpečná místa mimo halu. Vytažení vozidel mimo halu je ovšem omezeno bezpečností osob a aktuálním stavem vozidla (např. pokud bude vozidlo zvednuto na zvedácích s vyvázanými podvozky). Vzhledem k navržené umístění vozidel je účelné vytáhnout bateriovou jednotku dle náčrtku směrem doprava (v praxi tento směr bývá označován jako směr „Polsko“) a ostatní vozidla dle náčrtku nalevo od budovy OPJ (tento směr bývá označován jako směr „nádraží“). Pro usnadnění zásahu hasičů a ochranu majetku lze vpravo od budovy OPJ zřídit speciální prostor pro hašení jednotky. Pro vytvoření takového prostoru je navrženo odstranit nevyužívanou přístavbu z roku 1976. Tím lze posunout příjezdovou cestu blíže k opravárenské hale a prostor vzniklý vpravo od cesty lze využít ke zřízení hasebního prostoru. Dalším důvodem, proč je navrženo přístavbu odstranit, je omezená přístupnost přístavby, což může komplikovat provádění údržby vozidel. Přístup do prodloužení je omezen čelní zdí původní haly, jež zůstala zachována, respektive musela zůstat zachována z důvodu statiky původní budovy. Dále je přístupnost omezena schody a současná koncepce přístavby znemožňuje využití mostového jeřábu pojízdného nad halou v celé její délce. Kromě toho konstrukce přístavby nesplňuje současné požadavky na požární odolnost. Splnění těchto požadavků by vyžadovalo její rozsáhlou rekonstrukci.

Výhodou tohoto řešení je možnost zřízení venkovního hasebního prostoru. Naopak hlavní nevýhodou tohoto řešení je nedostatečná kapacita haly, která by nevyhovovala předpokládanému počtu vozidel. Dle tohoto návrhu lze na jedno kolejové stání odstavit nejvýše jednu dvouvozovou nebo nejvýše jednu třívozovou jednotku, protože užitečná délka kolejí činí přibližně 100 m. Aby bylo možné na jedno kolejové stání odstavit dvě dvouvozové jednotky se zachováním dostatečného volného prostoru mezi čely jednotek a vraty haly, musela by užitečná délka kolejí činit alespoň 108 m.

## 5.2.2 Varianta se zachováním/rozšířením přístavby

Pro dosažení vyšší kapacity opravárenské haly musí být možné přistavit dvě jednotky na jednu kolej. Pokud by došlo k takovým stavebním úpravám, aby bylo možné prodloužit prohlídkové lávky až do dodatečné přístavby haly se zachováním stávajících rozměrů přístavby, byla by maximální dosažitelná délka prohlídkových lávek 126 m. Při této délce by bylo možné na jednu kolej odstavit dvě dvouvozové jednotky, což s ohledem na to, že jsou zde udržovány i třívozové jednotky, stále představuje kapacitní omezení. V úvahu tak připadá další prodloužení haly. Vzhledem k prostorovým možnostem areálu depa lze halu maximálně prodloužit na zhruba 150 m ve směru „Polsko“ (dle náčrtku doprava), čemuž by odpovídala maximální dosažitelná délka lávek asi 144 m. Aby bylo možné provádět údržbu a opravy na dvou třívozových jednotkách odstavených na téže koleji, je nezbytná délka prohlídkových lávek 160 m, což je příliš. Pokud budou na jedné koleji odstaveny jedna třívozová a jedna dvouvozová jednotka, pak je potřebná délka prohlídkových lávek minimálně 133 m, což by znamenalo prodloužení haly minimálně o 7 m. Při tomto prodloužení by byla délka budovy 140 m, což by již mohlo být realizovatelné. Schematický náčrtek tohoto provedení je na obr. 12, respektive v příloze 3.

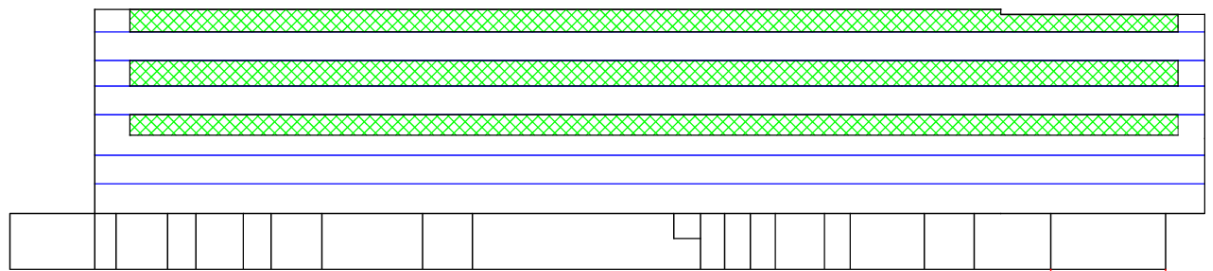


Obr. 12: Varianta s prodloužením dvou kolejových stání

Legenda k obr. 12:

- modrá značí průjezdné profily jednotlivých kolejí,
- zelenými šrafy jsou vyznačeny prohlídkové lávky.

Další možností úpravy haly je rozšíření zastřešení i nad zbývající kolej 720 (viz obr. 13, respektive příloha 4). Tím by ale došlo k omezení přístupu do trafostanice ve vlastnictví Správy železnic. Aby byl přístup do trafostanice umožněn z vnějšku budovy OPJ, musel by být přemístěn na opačnou stranu postranní přístavby, což by si pravděpodobně vyžádalo i přestavbu vnitřního uspořádání trafostanice. To je ale vzhledem ke složitým smluvním vztahům prakticky nerealizovatelné.



Obr. 13: Varianta s prodloužením tří kolejových stání

Legenda k obr. 13:

- modrá značí průjezdné profily jednotlivých kolejí,
- červeně je vyznačena přesunutá přístupová rampa do trafostanice,
- zelenými šrafy jsou vyznačeny prohlídkové lávky.

Výhodou tohoto řešení je dosažení požadované kapacity haly. Nevýhodou oproti variantě s odstraněním přístavby je nemožnost zřízení bezpečného hasebního prostoru. Další nevýhodou je poměrně složitá a finančně náročnější realizace. Jak již bylo zmíněno, pro splnění současných požadavků na požární bezpečnost a dosažení potřebné délky, bude nutné dodatečnou přístavbu strhnout a vystavět znovu. Aby bylo možné prodloužit prohlídkové lávky, bude potřeba upravit čelní stěnu původní haly. Odstranění čelní stěny původní haly představuje vzhledem ke statické budovy náročnou operaci. Omezením provedení dle obr. 12 je možnost využití mostového jeřábu pouze v délce původní haly.

## 5.3 Vybavení pracoviště údržby

### Prohlídkové lávky

Protože mají zde udržované jednotky většinu výzbroje umístěnou na střechách vozů, jsou nezbytnou výbavou pracoviště údržby oboustranné prohlídkové lávky v celé délce vozidel. Pro zajištění maximální kapacity haly, je navrženo zřízení oboustranných prohlídkových lávek podél dvou kolejových stání. Konkrétní umístění lávek je navrženo v kapitolách 5.2.1 a 5.2.2.



*Obr. 14: Oboustranná prohlídková lávka*

Zdroj: [29]



Obr. 15: Oboustranná prohlídková lávka a zahloubení podlahy

Zdroj: [29]

### Zahloubení podlahy pro snadnou údržbu podvozků

Podél kolejí s prohlídkovými lávkami (724 a 722) je navrženo zachování zahloubení podlahy haly, díky čemuž je dosaženo pohodlného přístupu k podvozkům jednotek.



Obr. 16 Zahloubení podlahy

Zdroj: [27]

### **Mostový jeřáb**

Aby byla možná demontáž jednotlivých komponent ze střech jednotek, je nutné mít k dispozici jeřáb. Výhodou mostového jeřábu je jeho dosah prakticky v celé délce haly, a díky umístění pod střechou haly nezabírá další prostor. Aby bylo možné pomocí jeřábu zvednout celý podvozek třívozové dvoupodlažní jednotky, je potřebná minimální nosnost jeřábu 13 t.

Jak již bylo uvedeno, zvedání kontejnerů trakční baterie musí probíhat předepsaným způsobem za použití speciálního zvedacího rámu (viz obr. 7 na straně 19), který rovněž patří do nezbytné výbavy pracoviště údržby.



*Obr. 17: Mostový jeřáb*

Zdroj: [29]

### **Patkové zvedáky**

Jednou z možností vyvazování podvozků jednotek je uvolnění vazeb mezi podvozkem a skříní vozu a následným zvednutím skříně vozu, vyvázaný podvozek tak zůstane na koleji. Aby nebylo nutné za účelem vyvázání podvozků rozpojovat jednotlivé vozy jednotek, lze instalovat sestavu patkových zvedáků, pomocí nichž bude možné zdvihnout celou jednotku naráz bez rozpojování. Pro zdvihnutí celé třívozové jednotky je nutné instalovat sestavu 12 patkových zvedáků.



Obr. 18: Patkové zvedáky

Zdroj: [14]

### Hříž

Další možností vyvazování podvozků je využití hříže. Tato metoda nevyžaduje zdvihání skříní jednotek. Instalace hříže ovšem vyžaduje poměrně velký prostor, a navíc se jedná o poměrně drahé zařízení, proto návrh počítá s využitím patkových zvedáků.



Obr. 19: Hříž

Zdroj: [29]

### **Posunovací zařízení**

Pro posun s elektrickými jednotkami mimo trolejové vedení je nutné použít pomocnou lokomotivu nebo jiné posunovací zařízení. Pro posun v rámci depa je oproti posunovací lokomotivě ekonomičtější využít akumulátorové dálkově řízené posunovací zařízení (tzv. želvy). V tomto směru představují jistou výhodu jednotky s trakční baterií, které se dokáží pohybovat po vlastní ose i po neelektrifikovaných kolejích, ale může nastat situace, kdy bude jednotka s trakční baterií vlastní silou nepojízdná, a tak bude posunovací zařízení stejně potřeba. Jak již bylo zmíněno, pro minimalizaci škod na vozidlech v případě požáru lze takovéto zařízení připojit k jednotkám odstaveným v opravárenské hale a v případě vzniku požáru lze odstavená vozidla odtáhnout mimo halu.



*Obr. 20: Akumulátorové dálkově ovládané posunovací zařízení*

Zdroj: [30]

### **Vysokozdvížený vozík**

Možností, jak přesunout trakční bateriovou skříň ze skladovacího prostoru na místo odkud ji bude možné zvednout mostovým jeřábem, je využití vysokozdvížného vozíku. Vzhledem k rozměrům a hmotnosti bateriové skříně, je nutné disponovat vysokozdvížným vozíkem s nosností 3 t.

## 5.4 Návrh uložení náhradních bateriových skříní

### 5.4.1 Požadavky na skladovací prostor náhradních kontejnerů trakční baterie

Skladovací prostory musí splňovat požadavky na požární bezpečnost, a také musí být uvnitř vytvořeno vhodné prostředí pro skladování baterií, aby bylo dosaženo jejich maximální životnosti. Z hlediska požární bezpečnosti musí být zajištěna dostatečná vzdálenost od skladů hořlavých látek, tlakových lahví, plynových a elektrických zařízení a dále musí být zajištěna dostatečná požární odolnost stěn a stavebních otvorů tvořících skladovací prostor. Kromě těchto opatření je doporučeno instalovat do skladovacího prostoru elektronickou požární signalizaci a případně stabilní hasicí systém. Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.2, náhradní skříně trakční baterie by měly být skladovány za předepsaných vlastností prostředí. Z toho vyplývá požadavek na klimatizaci, respektive vytápění skladovacího prostoru. Při dlouhodobém skladování je vhodné udržovat předepsanou úroveň nabití baterie, k čemuž slouží speciální dobíjecí zařízení. Dále je nutné, aby byl do skladovacího prostoru zaveden dostatečně dimenzovaný přívod elektrické energie a případně požární vody nebo jiného hasiva.

Manipulace s trakční bateriovou skříní je vzhledem k její velikosti a hmotnosti možná pouze pomocí vysokozdvížného vozíku nebo jeřábu. Manipulace musí probíhat zvlášť opatrně, například nesmí docházet k rázům atp. (viz kapitola 3.2). Zvedání kontejneru pomocí jeřábu musí probíhat předepsaným způsobem za použití speciálního zvedacího rámu (viz obr. 7 na straně 19), aby nedošlo ke zlomení kontejneru a tím poškození bateriových článků, což může způsobit požár. Předpokládaná manipulace s trakční bateriovou skříní je, že pomocí vysokozdvížného vozíku bude skřín vytažena ze skladovacího prostoru na místo v opravárenské hale, odkud ji bude možné zvednout jeřábem a dopravit k instalaci. Pro bezpečnou manipulaci pomocí vysokozdvížného vozíku je navrženo vyrobit speciální paletu, na které bude skřín položena. Speciální paletu lze rovněž využít k tomu, aby nebyla skřín pokládána přímo na podlahu v případě potřeby krátkodobého odložení při provádění údržby.

### 5.4.2 Uložení náhradních kontejnerů trakční baterie uvnitř budovy OPJ

Z prostorových důvodů, a především z hlediska požární bezpečnosti, je vyloučeno dlouhodobé skladování náhradních kontejnerů trakční baterie přímo v údržbářské hale. Jedinou možností skladování náhradního kontejneru uvnitř budovy OPJ je umístit náhradní kontejnery do některého z oddílů boční přístavby s dílnami. V současné době se zde ale nenachází žádný volný oddíl, proto bude nutné přemístit některou z dílen. Při volbě vhodného oddílu musí být samozřejmě dbáno na požární bezpečnost, to znamená, že prostor pro skladování náhradního kontejneru nesmí být bezprostředně vedle skladu nebo pracoviště, kde se vyskytují hořlavé látky a vedle oddílů s plynovým nebo elektrickým zařízením. Místo pro skladování bude muset být upraveno tak, aby byly zajištěny vhodné podmínky pro skladování baterie. Zvýšení požární bezpečnosti lze dosáhnout zesílením stěn a stropu o materiál s patřičnou požární odolností a instalovat stabilní hasicí zařízení. Nutností jsou protipožární dveře.

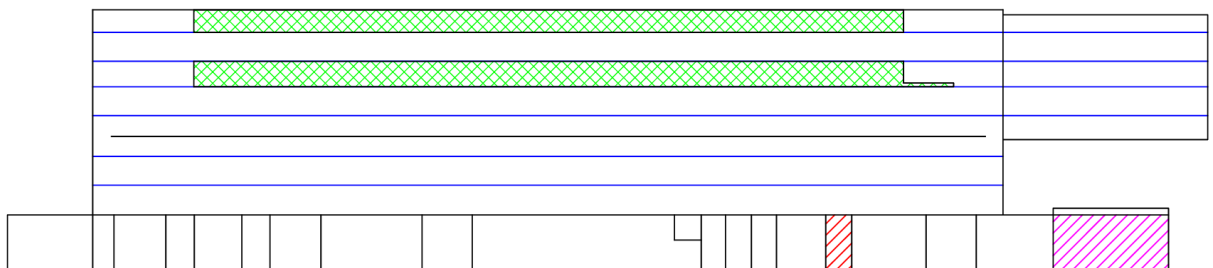
Zřízení skladu náhradní skříně je navrženo místo stávající čalounické a truhlářské dílny (červeně vyšrafovaný prostor na obr. 21, resp. pozice 6 přílohy 1). Tato dílna se nachází mezi oddělením elektrických přístrojů a zkušebnou vysokonapěťových přístrojů. Rozměry prostoru jsou následující:

- šířka: 2,7 m,
- délka: 6 m.

Šířka vstupních dveří do tohoto prostoru je 1,7 m, což nevyhovuje rozměrům trakční bateriové skříně. Vzhledem k rozmístění nosných prvků budovy lze dveře rozšířit maximálně na cca 2,4 m, což je při rozměrech skříně 2,37 m x 2,57 m stále nedostačující. Dále by bylo nutné pro usnadnění přístupu hasičů, zřídit druhé dveře z venkovní strany boční přístavby.

Další vhodný prostor představuje prostor trafostanice (fialové šrafy na obr. 21, resp. pozice 2 v příloze 1). V případě, že by se majitel trafostanice (Správa železnic) rozhodl trafostanici přemístit, což ale není v dohledné době v plánu, bylo by možné zřídit sklad náhradních skříní zde. Výhodou by z hlediska požární bezpečnosti byla větší vzdálenost od dílen a opravárenské haly. Větší vzdálenost by se ale změnila v nevýhodu z hlediska manipulace se skříní. V případě využití prostoru trafostanice by bylo snazší zajistit dostatečnou šířku vstupních dveří a dále by bylo dosaženo většího prostoru pro uskladnění skříní. Rozměry prostoru trafostanice jsou následující:

- šířka: 6,1 m,
- délka: 13,1 m.



Obr. 21: Navrhované prostory pro uskladnění náhradních bateriových skříní

Legenda k obr. 21:

- modrou barvou jsou vyznačeny průjezdné profily jednotlivých kolejí,
- zelené šrafy značí prohlídkové lávky,
- červené šrafy značí čalounickou a truhlářskou dílnu,
- fialové šrafy značí prostor trafostanice.

### 5.4.3 Uložení náhradního kontejneru trakční baterie mimo budovu OPJ

V tomto případě je navrženo uložení náhradní trakční bateriové skříně ve speciálním protipožárním kontejneru umístěným vně budovy OPJ. Uvnitř kontejneru musí být opět zajištěny předepsané podmínky pro skladování náhradní baterie a musí obsahovat dobíjecí zařízení. Skladovací kontejner by měl být vyroben z materiálu s dostatečnou požární odolností. Umístění skladovacího kontejneru musí být vhodně zvoleno opět s ohledem na požární bezpečnost a také na způsob manipulace s náhradní skříní. Skladovací kontejner musí být umístěn tak, aby byly zajištěny dostatečné odstupové vzdálenosti od skladů hořlavých látek. Skladovací kontejner vyžaduje přívod elektřiny a případně požární vody. Výhodou tohoto řešení je, že v případě požáru skříně uložené uvnitř kontejneru, lze kontejner zalít vodou a tím efektivně hasit vzniklý požár bez vzniku škody na okolních objektech. Příklad speciálního protipožárního skladovacího kontejneru pro baterie je uveden na obr. 22. Minimální požadované rozměry kontejneru jsou následující:

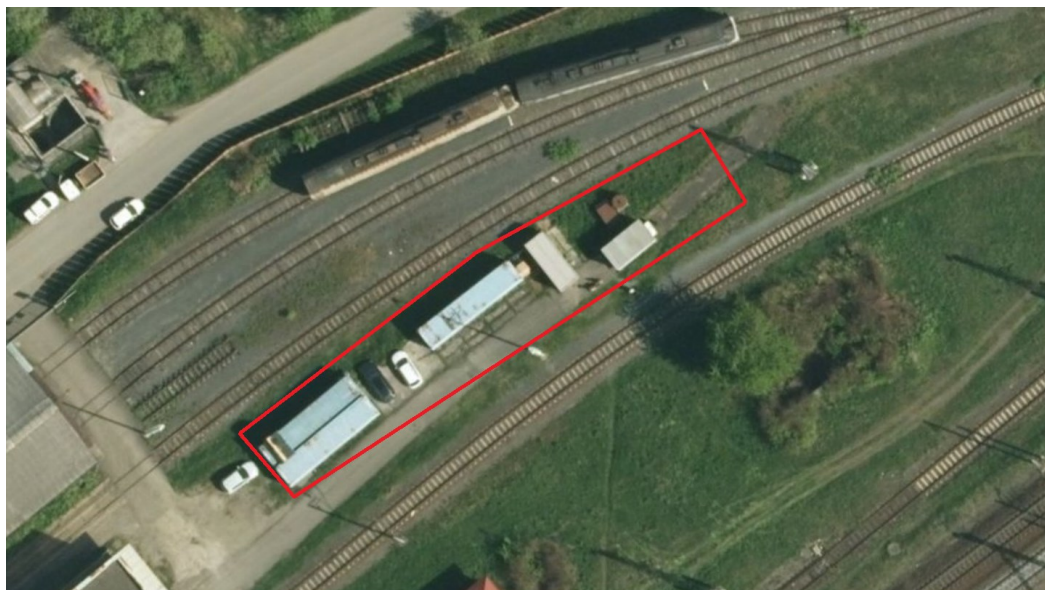
- šířka: 2,7 m,
- délka: 3,5 m,
- výška 2,3 m,



Obr. 22: Protipožární skladovací kontejner

Zdroj: [16]

Vhodný prostor pro umístění skladovacího kontejneru vně budovy OPJ je vyznačen na obr. 23. Jedná se o prostor vedle budovy OPJ ve směru „Polsko“. V současnosti se zde nacházejí sklady, které ale budou přesunuty.



*Obr. 23: Vyznačený prostor pro umístění skladovacího kentejneru*

Zdroj: [11] (upraveno)

## 6 Závěr

Vlivem přítomnosti jednotek s trakční baterií vzroste požární zatížení haly, kterémuž opravárenské haly staršího data výstavby zpravidla nevyhovují. Aby bylo dosaženo současných požadavků na požární bezpečnost, musí dojít ke stavebním úpravám těchto hal. Mezi tyto stavební úpravy, jak již bylo uvedeno v kapitole 4.2, patří především odstranění hořlavých izolací, rekonstrukce elektroinstalace a výměna oken a dveří, tak aby splňovaly požární odolnost alespoň 90 minut. Dále musí být provedeny takové stavební úpravy, aby byla zajištěna stabilita budov během požáru. Pro minimalizaci šíření požáru uvnitř budov je doporučena instalace požární dělicích konstrukcí. Dále je doporučeno instalovat zařízení pro varování ještě před vznikem potenciálního požáru, tzn. termografický systém. Čidla termografického systému lze instalovat jak přímo v hale, tak v prostoru elektrických rozvaděčů a ve skladovacích prostorách náhradních bateriových skříní. Doporučena je též instalace elektronické požární signalizace umožňující rychlé varování v případě již vzniklého požáru. Pro minimalizaci škod způsobených požárem je mimo jiné klíčová rychlost a účinnost provedení hasební zásahu, proto musí být k dispozici dostatek vhodně rozmístěných hasicích přístrojů. Dále by měly být instalovány požární hydranty, suchovody a žebříky. Možností je i zřízení stabilního hasicího zařízení. Dalším způsobem zamezení šíření požáru a minimalizaci škod je vhodné rozmístění vozidel v hale. V halách, v nichž není instalována elektronická požární signalizace s napojením na dispečink Hasičského záchranného sboru a nejsou zde instalovány požární hydranty, smí být odstavena nejvýše jedna jednotka s trakční baterií. V neposlední řadě musí být zajištěno vhodné uskladnění náhradních bateriových skříní ideálně mimo opravárenskou halu.

Součástí práce je návrh uspořádání konkrétního pracoviště údržby. Úprava pracoviště údržby je navržena ve třech variantách. První varianta (varianta s odstraněním dodatečné přístavby) se s ohledem na nízkou kapacitu haly nejeví jako příliš vhodná. Varianta počítající s prodloužením a rozšířením zastřešení nad všechna tři kolejová stání sice kapacitně vyhovuje, ale s ohledem na umístění trafostanice se též nejeví jako vhodná. Vhodný kompromis představuje varianta počítající s prodloužením dvou kolejových stání. Díky tomu bude možné na obě koleje s prohlídkovými lávkami odstavit celkem čtyři dvouvozové jednotky nebo jednu třívozovou a tři dvouvozové jednotky nebo dvě třívozové a dvě dvouvozové jednotky. Další jednotka může být odstavena na koleji 720, kde bude zároveň k dispozici sestava 12 patkových zvedáků pro vyvazování podvozků. V tříkolejném prostoru haly bude rovněž k dispozici mostový jeřáb.

V práci jsou také řešeny možnosti skladování náhradních bateriových skříní. První varianta předpokládá uložení náhradních bateriových skříní v boční přístavbě haly. S ohledem na požární bezpečnost a stísněné prostorové poměry není tento způsob skladování doporučován. Z hlediska požární bezpečnosti vychází jako vhodná varianta uložení náhradních bateriových skříní ve speciálních kontejnerech mimo budovu OPJ. Výhodou tohoto řešení je další nezvyšování požárního zatížení haly a v případě zahoření uskladněných bateriových skříní, lze v tomto případě poměrně snadno provést hasební zásah.

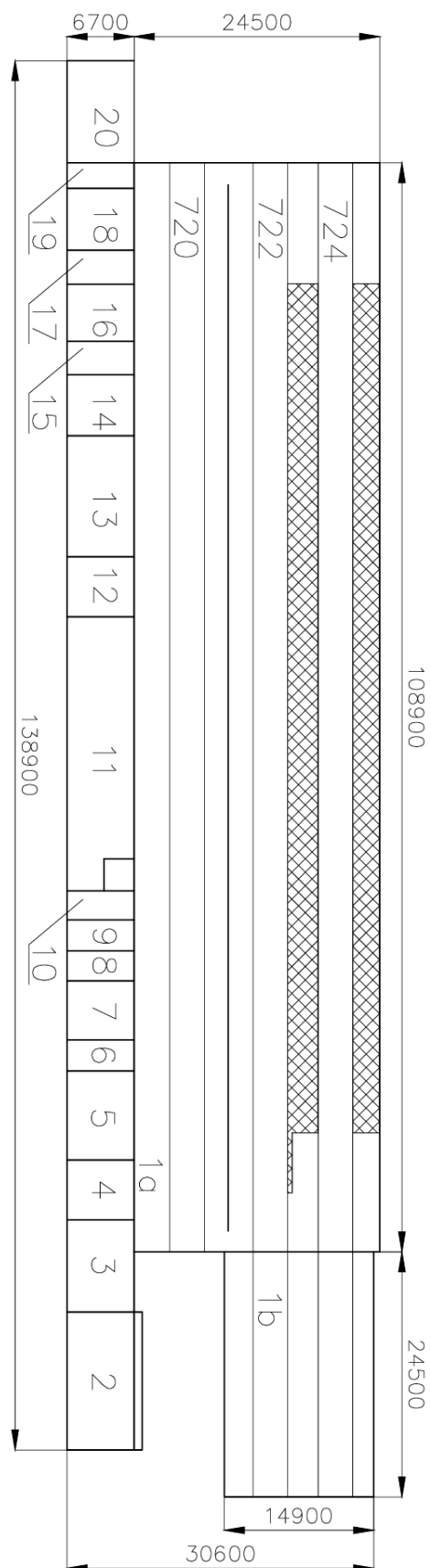
## Literatura

- [1] *Požární úseky nevýrobních objektů* [online]. In CIVOP [cit. 2025-03-30]. Dostupné z: <https://www.civop.cz/pozarni-useky-nevyrobnich-objektu/>
- [2] České dráhy, a. s. *Situační plánek železniční stanice Bohumín*.
- [3] České dráhy, a. s. *Výkresová dokumentace OPJ Bohumín*.
- [4] ČSN 73 0804:2023. *Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty*.
- [5] HEJTMÁNEK, Petr, Hana NAJMANOVÁ a Marek POKORNÝ. *Požární odolnost stavebních konstrukcí* [online]. In TZB-INFO, 7.3.2016 [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13655-pozarni-odolnost-stavebnich-konstrukci>
- [6] HEJTMÁNEK, Petr, Hana NAJMANOVÁ a Marek POKORNÝ. *Požární úseky* [online]. In TZB-INFO, 22.2.2016 [cit. 2025-03-30]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13653-pozarni-useky>
- [7] HEJTMÁNEK, Petr, Hana NAJMANOVÁ a Marek POKORNÝ. *Únikové cesty* [online]. In TZB-INFO, 25.3.2016 [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13656-unikove-cesty>
- [8] Interkalační sloučeniny. In: UNIVERZITA PARDUBICE. *Univerzita Pardubice Fakulta chemicko-technologická* [online]. 2023 [cit. 2025-03-17]. Dostupné z: <https://fcht.upce.cz/fcht/slchpl/vyzkum/interkalacni.html>
- [9] KADERÁVEK, Petr a Jaromír PERNIČKA (2025). Provoz prvních bateriových jednotek ČD. *Železniční magazín*, roč. 32, č. 1, s. 20-23.
- [10] Lithium-titanate battery: Chemistry. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2025-01-05 [cit. 2025-03-17]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-titanate\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-titanate_battery)
- [11] Mapy.cz. [Bohumín]. Získáno 7. 4. 2025, Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?l=0&x=18.3723783&y=49.9081644&z=18>
- [12] MATOUŠEK, Daniel. *České dráhy převzaly všechny elektrické RegioPantery druhé generace. Na řadě jsou bateriové vlaky*. Barevná fotografie. [online]. In: ČESKÉ DRÁHY. 2025, 10. 1. 2025 [cit. 2025-05-02]. Dostupné z: <https://www.ceskedrahy.cz/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/ceske-drahy-prevzaly-vsechny-elektricke-regiopantery-druhe-0>
- [13] OSSILA. *What is an LTO Battery?* [online]. 2025 [cit. 2025-03-17]. Dostupné z: <https://www.ossila.com/pages/lto-battery>
- [14] *Patkové zvedáky na vlakové soupravy ESSH 12082*. Barevná fotografie. [online]. In: AG-AUTOLIFT. [cit. 2025-04-22]. Dostupné z: <https://www.ag-autolift.cz/produkt/vlakove-patkove-zvedaky-essh-od-12-do-25-ton-sloup/>
- [15] *Požární ochrana* [online]. [cit. 2025-03-10]. Dostupné z: <https://pozarniochrana.netstranky.cz/>
- [16] *Protipožární sklady REI 120*. Barevná fotografie. [online]. In: IKAPOL. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://protipozarni-sklady.cz/skladovani-lithium-iontovych-baterii/>

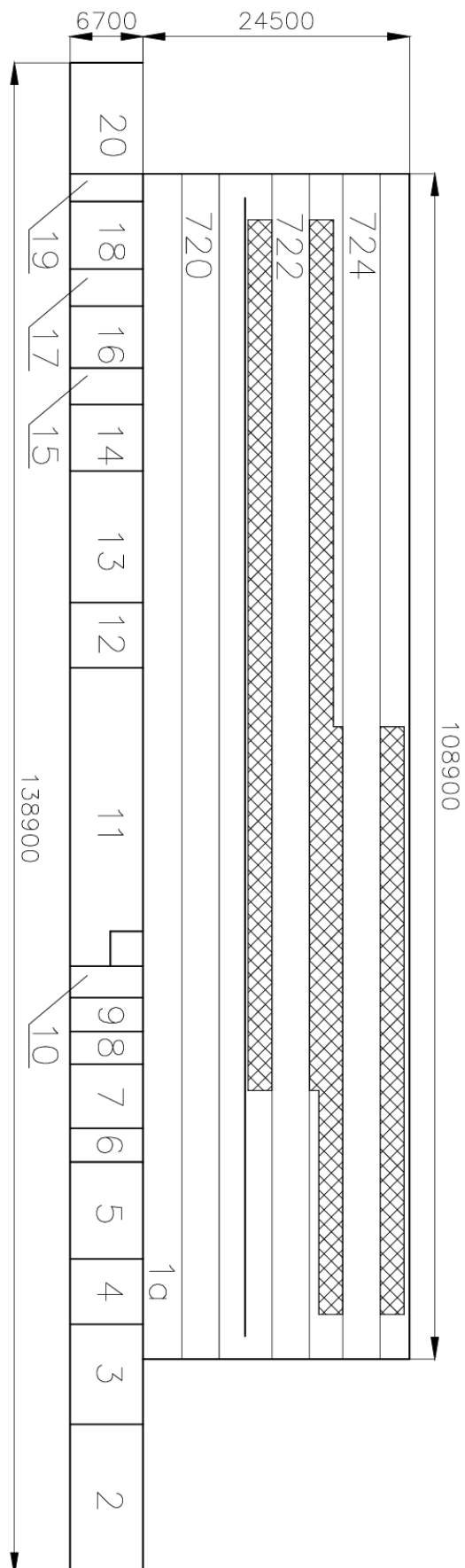
- [17] ROMAN FOJTÍK F-AIR SERVIS TZB. *Požárně nebezpečný prostor a odstupové vzdálenosti* [online]. [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: <https://pozarniochrana.netstranky.cz/otazky/33-pozarne-nebezpecny-prostor-a.html>
- [18] ROMAN FOJTÍK F-AIR SERVIS TZB. *Požární bezpečnost technických a technologických zařízení* [online]. [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: <https://pozarniochrana.netstranky.cz/temata/31-pozarni-bezpecnost-technickyh-a.html>
- [19] ROMAN FOJTÍK F-AIR SERVIS TZB. *Stupeň požární bezpečnosti a z něho vyplývající požadavky na stavební konstrukce* [online]. [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: <https://pozarniochrana.netstranky.cz/temata/20-pozarni-bezpecnost-vyrobnich-a/stupen-pozarni-bezpecnosti-a-z-neho.html>
- [20] ROMAN FOJTÍK F-AIR SERVIS TZB. *Zařízení pro protipožární zásah* [online]. [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: <https://pozarniochrana.netstranky.cz/temata/20-pozarni-bezpecnost-vyrobnich-a/stupen-pozarni-bezpecnosti-a-z-neho/zarizeni-pro-protipozarni-zasah.html>
- [21] Škoda Group. *Schvalovací list dodatku* [cit. 3.1.2025]
- [22] Škoda Group. *Technické podmínky pro konstrukci, výrobu, zkoušení a přejímku vozů jednopodlažních 2-vozových elektrických jednotek s vozy řady 690.2 a 691.2* [cit. 15.12.2024]
- [23] Škoda Group. *Typový výkres jednotky 15Ev3*
- [24] Škoda Group. *Návod na údržbu a opravy 15Ev3* [cit. 5.1.2025]
- [25] ŠRÁMEK, Milan (2024). Dvouzdrojová vozidla, jejich provoz a infrastruktura. *Dráha*, roč. 31, č. 11, s. 14-19.
- [26] ŠRÁMEK, Milan (2024). Elektrické jednotky s trakční baterií řady 690.2 ČD. *Dráha*, roč. 31, č. 11, s. 20-24.
- [27] *V Brně-Maloměřicích uvedly České dráhy do provozu novou halu pro údržbu železničních vozidel*. Barevná fotografie. [online]. In: ODBOROVÉ SDRUŽENÍ ŽELEZNIČÁŘŮ. 2021, 8. 3. 2021 [cit. 2025-05-02]. Dostupné z: <https://www.osz.org/index.php/zpravodajstvi-online-osz/37-zol-zajimavosti/5892-v-brne-malomerich-uedly-ceske-drahy-do-provozu-novou-halu-pro-udrzbu-zeleznicnich-vozidel>
- [28] VÁVRA, Luděk. *Postup návrhu a posouzení výrobních objektů, rozdíly v posuzování výrobních a nevýrobních objektů, požární a ekonomické riziko, požární riziko – zjednodušený a podrobný postup, posuzování garáží* [online]. [cit. 30.3.2025]. Dostupné z: [https://www.fce.vutbr.cz/pst/mstud/VUTc\\_8.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/pst/mstud/VUTc_8.pdf)
- [29] *Výstavba opravárenské haly Maloměřice*. Barevná fotografie. [online]. In: MORAVIA CONSULT OLOMOUC. [cit. 2025-05-02]. Dostupné z: <https://moravia.cz/projekt/vystavba-opravarenske-haly-malomerice/>
- [30] *Želvy pomáhají s posunem vozidel v moravských depech*. Barevná fotografie. [online]. In: ČESKÉ DRÁHY. 2025, 6. 2. 2025 [cit. 2025-05-02]. Dostupné z: <https://www.ceskedrahy.cz/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/zelvy-pomahaji-s-posunem-vozidel-v-moravskych-depech>

## Seznam příloh

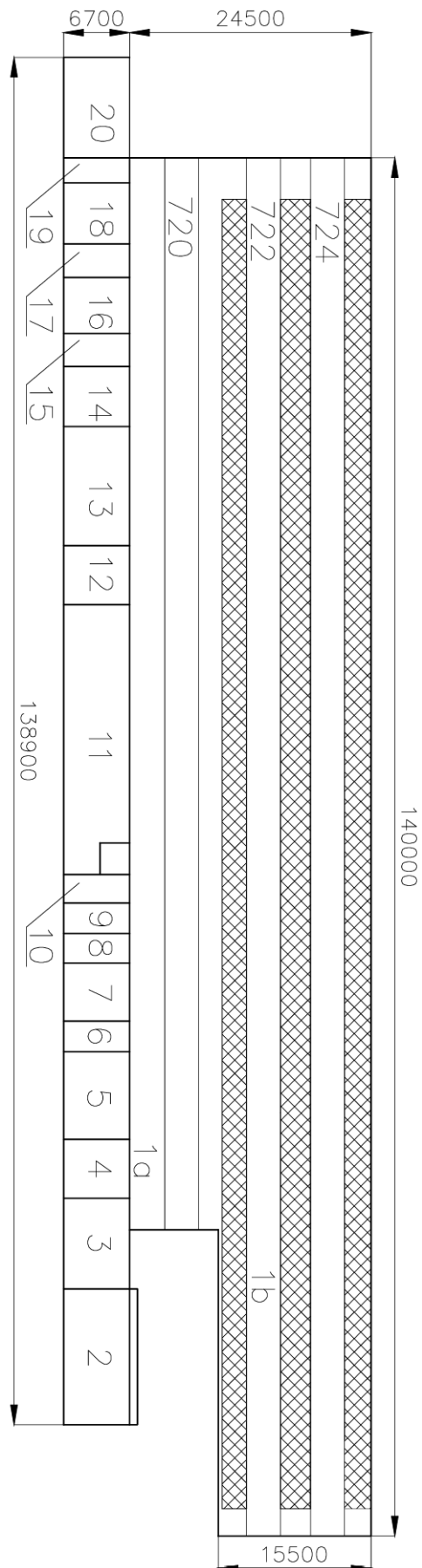
### Příloha 1



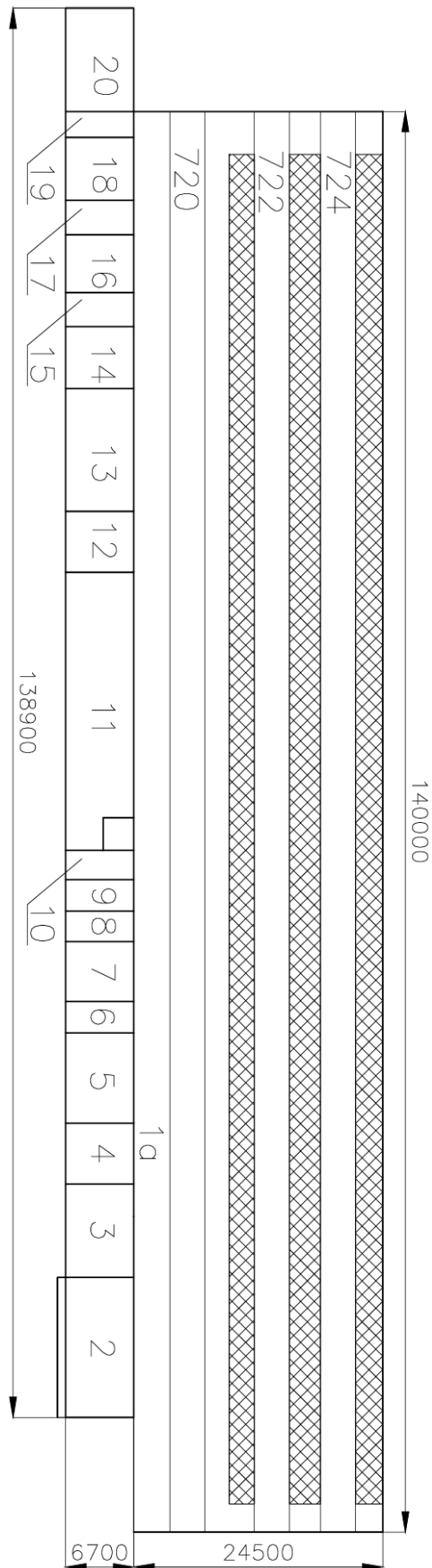
Příloha 2



Příloha 3



Příloha 4



## Legenda k příloze 1 až 4

<b>pozice</b>	<b>prostor</b>
1a	původní hala
1b	přístavba
2	trafostanice (Správa železnic)
3	kompresorovna
4	strojovna a zkušebna
5	zkušebna vysokonapěťových přístrojů
6	truhlář a čalouník
7	oddělení elektrických přístrojů
8	sklad
9	autostop
10	svářeči
11	zámečnická a mechanická dílna
12	nástrojář výdej
13	sklad náhradních dílů
14	olejárna
15	WC a umývárna ženy
16	průchod a schodiště
17	WC a umývárna muži
18	šatny, sprchy, oblékárna
19	nabíjení akumulátorových vozíků
20	kanceláře
720	kolej č. 720
722	kolej č. 722
724	kolej č. 724