

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh principu konstrukce kontejneru pro střešní výzbroj

Autor: **Jana BRANTLOVÁ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Petr HELLER, CSc.**

Akademický rok 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jana BRANTLOVÁ**

Osobní číslo: **S14B0093P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Návrh principu konstrukce kontejneru pro střešní výzbroj**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Zpracovat obecnou problematiku střech tramvají (vazba: střecha - střešní výzbroj - střešní zákryty). Popsat typologii elektrické výzbroje tramvaje. Navrhnout pravidla pro rozmístění elektrické výzbroje (kontejnerů) na střeše tramvaje. Navrhnout zastřešení/zakrytování elektrické výzbroje (kontejnerů) tramvaje. Navrhnout základní princip konstrukce kontejneru s ohledem na snížení hmotnosti.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Zpracovat obecnou problematiku střech tramvají (vazba: střecha - střešní výzbroj - střešní zákryty).
2. Popsat typologii elektrické výzbroje tramvaje.
3. Navrhnout pravidla pro rozmístění elektrické výzbroje (kontejnerů) na střeše tramvaje.
4. Navrhnout zastřešení/zakrytování elektrické výzbroje (kontejnerů) tramvaje.
5. Navrhnout základní princip konstrukce kontejneru s ohledem na snížení hmotnosti.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HELLER, P., DOSTÁL, J. Kolejová vozidla III. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011

POHL., R. Dopravní prostředky. Železniční vozidla I: uspořádání a stavba. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002

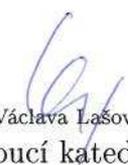
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Pavel Hříbal**
Škoda Transportation a.s., Praha

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2017

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat panu Doc. Ing. Petrovi Hellerovi, CSc. za odborné rady, dohled, poskytnutá skripta a za ochotný přístup při tvorbě bakalářské práce. Poděkování také patří panu Ing. Pavlovi Hříbalovi za poskytnuté informace, cenné rady a věcné připomínky při konzultacích bakalářské práce

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Brantlová	Jméno Jana	
STUDIJNÍ OBOR	„Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Heller,CSc.	Jméno Petr	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh principu konstrukce kontejneru pro střešní výzbroj		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	43	TEXTOVÁ ČÁST	39	GRAFICKÁ ČÁST	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce se zabývá problematikou střech tramvají a jejich výzbrojí. Teoretická část pojednává o obecné problematice stavby skříní, střech a kontejnerů. Hlavní část práce se věnuje střešní výzbroji, popisu jejího rozdělení, návrhu základních principů pro rozmístění elektrické výzbroje, návrhu zastřešení elektrické výzbroje a návrhu základních principů konstrukce kontejnerů s ohledem na snížení hmotnosti. Součástí práce je návrh rozmístění elektrické výzbroje na střeše tramvaje s ohledem na funkčnost a hmotnost jednotlivých kontejnerů.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Tramvaj, střešní výzbroj, kontejner, stavba skříně, zastřešení, rozmístění, snížení hmotnosti</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Brantlová	Name Jana	
FIELD OF STUDY	“Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Heller, CSc.	Name Petr	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Draft principle of container design for roof equipment		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2018
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	43	TEXT PART	39	GRAPHICAL PART	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<p style="text-align: center;">BRIEF DESCRIPTION</p> <p>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</p>	<p>The bachelor thesis is focused on issues of trams roofs and their equipment. The theoretical part contains the general description of casing, roofs and containers construction. The main part deals with roof equipment, its sorting, basic rules for its layout, design of roof equipment casing and basic principles of containers construction with respect to weight reduction. The graphical part of this thesis is the draft of layout of tram roof equipment with respect to function and weight of particular containers.</p>
<p style="text-align: center;">KEY WORDS</p>	<p>Tram vehicles, structural tram units design, roof equipment, layout, design of roof equipment casing, weight reduction</p>

Obsah

1	Úvod	9
2	Hrubá stavba skříní kolejových vozidel	11
2.1	Požadavky na konstrukci skříně kolejového vozidla.....	11
2.2	Důvody pro lehkou stavbu	12
2.3	Skříně osobních vozů.....	12
2.4	Diferenciální stavba	13
2.5	Integrální stavba.....	14
2.6	Hybridní stavba.....	15
2.7	Materiály pro stavbu skříně	16
3	Ekologie	17
4	Střecha a kontejnery	18
4.1	Střecha.....	18
4.2	Kontejnery	18
5	Typologie střešní výzbroje tramvaje	21
5.1	Pantograf	21
5.2	Příslušenství pantografu.....	21
5.3	Trakční kontejner	21
5.4	Kontejner pro řídicí (kabinovou) elektroniku	22
5.5	Kontejner pro pomocné pohony	22
5.6	Kontejner pro palubní baterie.....	22
5.7	Kontejner trakční baterie (superkapacitor).....	22
5.8	Kontejner HVAC.....	23
5.9	Svorkovnice	23
5.10	Kabelové kanály.....	23
6	Rozmístění střešní výzbroje.....	24
6.1	Uchycení kontejnerů na vozidle	24
6.2	Příklad rozmístění kontejnerů	25
6.2.1	Nové možnosti pro umístění elektrické výzbroje	26
6.2.2	Příklad jiného řešení.....	29
7	Návrh zastřešení/zakrytování elektrické výzbroje (kontejnerů) tramvaje.....	30
7.1	Způsoby zakrytování.....	30
7.1.1	Důvody pro využití úplně zakrytované střechy	30
7.1.2	Trendy pro zakrytování.....	31

7.1.3	Obecné zásady pro zákryty.....	31
7.2	Návrh střešních zákrytů.....	31
7.2.1	Varianta částečného zakrytování	31
7.2.2	Návrh úplného zakrytování	32
8	Návrh základního principu konstrukce kontejneru s ohledem na snížení hmotnosti.....	33
9	Závěr.....	35
10	Seznam použité literatury	36
11	Seznam obrázků	38
12	Seznam příloh.....	39

1 Úvod

V současnosti se neustále zvyšuje objem dopravy. Zejména města jsou velmi přetížená a panuje zde snaha přimět lidi jezdit hromadnou dopravou. (Taková kampaň proběhla i v Plzni.) Proto se musí neustále zkvalitňovat nejen síť hromadné dopravy, ale je zde kladeno stále více požadavků na jednotlivé vozy a jejich kvalitu poskytovaných služeb.

Mezi vozy městské hromadné dopravy patří autobusy, tramvaje, trolejbusy a metra. Nejvíce rozšířené jsou autobusy, ale jejich hlavní nevýhodou je, že jsou ovlivněné aktuálním provozem na silnicích a velmi snadno tak nabudou zpoždění. Proto se na hlavních trasách ve velkých městech nejvíce využívají tramvajová vozidla, která se pohybují po svém vlastním tělese, čímž je zajištěn mnohonásobně hladší provoz. V tomto ohledu jsou pak nejlepší vozidla metra, která se navíc pohybují převážně pod povrchem země a jsou tudíž plně nezávislá na provozu na silnicích.

V našich městech se stále využívají staré tramvaje. Některé již prošly renovací (typickým příkladem jsou tramvaje typu T3, které, nejen v Plzni, jezdí stále ve své zrenovované podobě), ale musejí se dodávat také nové tramvaje, na které jsou kladeny vyšší nároky.

Tramvaje musejí splňovat náročná bezpečnostní kritéria. Měly by být z co největší části nízkopodlažní, aby byla umožněna rychlá výměna cestujících. Tramvaje by měly vydržet dlouhou provozní dobu, ale s co nejmenšími potřebami údržby. To také znamená, že musí být zajištěna vysoká spolehlivost v provozu. Další velmi žádaná podmínka je, aby byla tramvaj co nejlehčí a byl ušetřen materiál použitý na stavbu vozu. Nižší hmotnost tramvaje přináší úspory i v rámci života (např. při spotřebě elektrické energie a opotřebení pojezdového ústrojí).



Obrázek 1: Tramvaj Škoda Forcity Plus [1]

Nejen z konstrukčního hlediska jsou kladeny požadavky na nové tramvaje. Výrobci tedy musejí zajistit i komfort pro pasažéry. Ať už se jedná o nová sedadla, větší prostory mezi sedadly nebo nutnost klimatizace v letních měsících. Dále je velice moderní zavádět ve vozech MHD bezdrátové internetové pokrytí wi-fi a případně možnost připojit si své mobilní zařízení přes USB ke zdroji elektrické energie. S tím vším ale souvisí požadavky dopravců, jak zabezpečit tato zařízení proti vandalům.

Stavba tramvají se tedy musí neustále vyvíjet. Jednotlivé komponenty se neustále vylepšují. Ať se jedná o části podvozku, elektrické motory nebo i moderní vzhled a design. Hledají se také další místa pro úsporu hmotnosti. Jedním z nich jsou i samotné střechy tramvají, kde jsou umístěny kontejnery pro střešní výzbroj, které se ale za několik desítek let posunuly ve vývoji jen minimálně. Proto je zde snaha donutit výrobce těchto součástí o zjednodušení a odlehčení. Tím totiž lze získat úsporu materiálu na konstrukci skříně tramvaje při zachování stejné pevnosti.

2 Hrubá stavba skříní kolejových vozidel

Skříně kolejových vozidel je potřebné hodnotit jako celek, kterému podléhají všechny komponenty vozidla. Ve většině případů platí, že je potřeba dosáhnout nízké hmotnosti při zachování dostatečné pevnosti. Dále je nutné dodržet dostatečnou bezpečnost, provozní spolehlivost, a dlouhodobou životnost, při které jsou zaručené minimální náklady na opravu nebo výměnu součástí. Proto se musejí kolejová vozidla neustále vyvíjet, navíc je zde tlak hlavně silniční dopravy, která za poslední roky udělala ohromný posun, zejména mezi automobily.

2.1 Požadavky na konstrukci skříně kolejového vozidla

- požadavky zákazníka
- požadavky dané normami a předpisy platnými pro daný druh vozidla a danou lokalitu
- obecně předpokládanými požadavky

Obvyklé požadavky na pevnost skříně jsou dané normou ČSN EN 12 633-1 (platná od října 2010). Ta rozlišuje vozidla do třech hlavních skupin:

- lokomotivy

Kategorie L lokomotivy a hnací jednotky (nejsou určeny pro přepravu cestujících)

- vozidla osobní dopravy skupina P

Kategorie P-I Osobní vozy

Kategorie P-II Ucelené vlakové jednotky a osobní vozy

Kategorie P-III Vozidla metra, rychlodrážní a lehké konstrukce

Kategorie P-IV Lehká vozidla metra a vozidla tramvajové rychlodráhy

Kategorie P-V Tramvajová vozidla

- nákladní vozy skupina F

Kategorie F-I vozidla bez omezení při posunu

Kategorie F-2 vozidla se zákazem posunu odrazem a jízdy přes svážný pahrbek

Všechna vozidla ale nemusí odpovídat některé z kategorií (např. nekrytý podvozkový vůz pro přepravu motorových vozidel). Pak se musí příslušná kategorie specifikovat.

Dalším opatřením je zajištění pasivní bezpečnosti konstrukce, čímž se zabývá norma ČSN EN 15 227.

Mezi hlavní směr vývoje patří co největší odlehčení celého vozidla i samotné skříně, aby se zlepšila hospodárnost a ekonomičnost. Proto se zavedl pojem lehká stavba, který je v dnešní době už téměř ztotožněný s hrubou stavbou a to nejen u kolejových vozidel, ale také například v letectví. Zpočátku toto znamenalo využití materiálů s nižší měrnou hmotností než má železo. Nyní se udává, že cílem lehké stavby jako hmotnostně úsporné konstrukce je využití jen takového množství materiálu a takového druhu, aby byly optimálně splněny požadavky na konstrukci.

2.2 Důvody pro lehkou stavbu

Důvody pro lehkou stavbu jsou technické, ekonomické a ekologické. K tomu je nutné dodržet požadavky dané zákazníkem, normy a předpisy platné pro daný druh vozidla a obecně předpokládané požadavky. Mezi těmito požadavky a důvody je nutné dělat kompromisy.

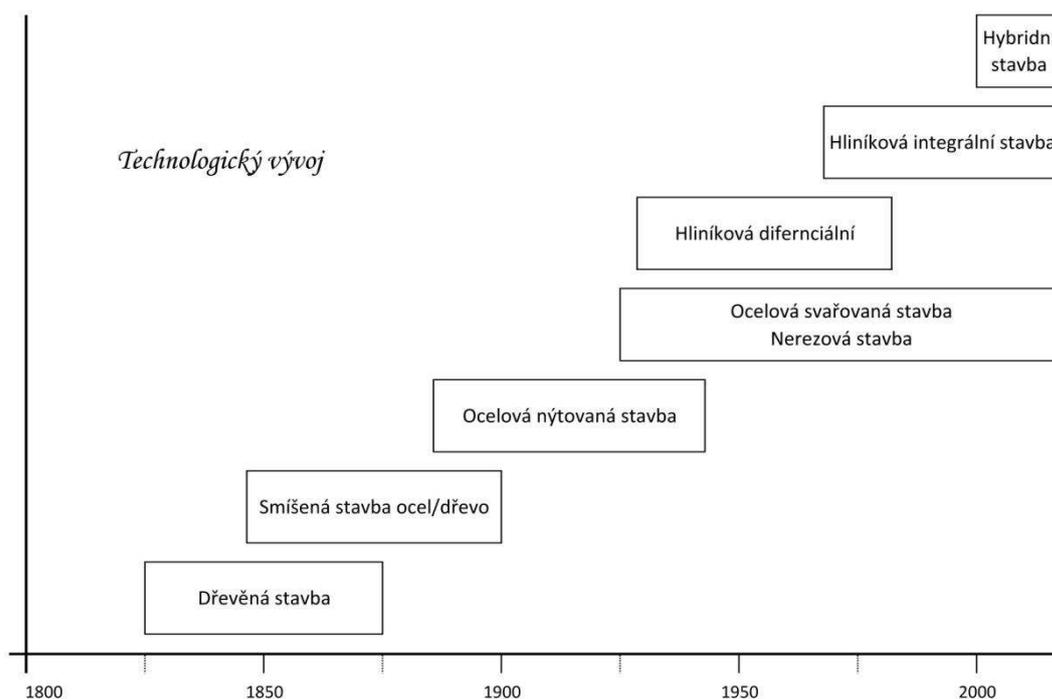
Hmotnost soustavy se značně projevuje ve spotřebě energie. Čím méně vozidlo váží, tím menší má spotřebu energie, méně opotřebovává dvojkolí, koleje a další části. Zvýší se šetrnost k životnímu prostředí nejen snížením spotřeby, ale také snížením potřebného množství energie při výrobě součástí a při výrobních procesech.

2.3 Skříně osobních vozů

Konstrukce skříní osobních vozů se rozlišuje na skupiny:

- hrubá stavba (spodek včetně podlahy, bočnice, čelnice, střecha)
- vnitřní obložení (obložení bočnic, čelnic, stropu, podlahu, příčky, izolaci tepelnou i hlukovou)
- vybavení interiéru (sedadla, okna, dveře)

Technologický vývoj hrubé stavby skříně



Obrázek 2: Postup vývoje technologií výroby hrubých staveb skříní vozů [2]

Z diagramu je zřejmé, že se v dnešní době využívají tři hlavní směry a každý je vhodný pro jiný způsob použití.

- ocelová stavba diferenciatní
- hliníková integrální stavba
- hybridní stavba

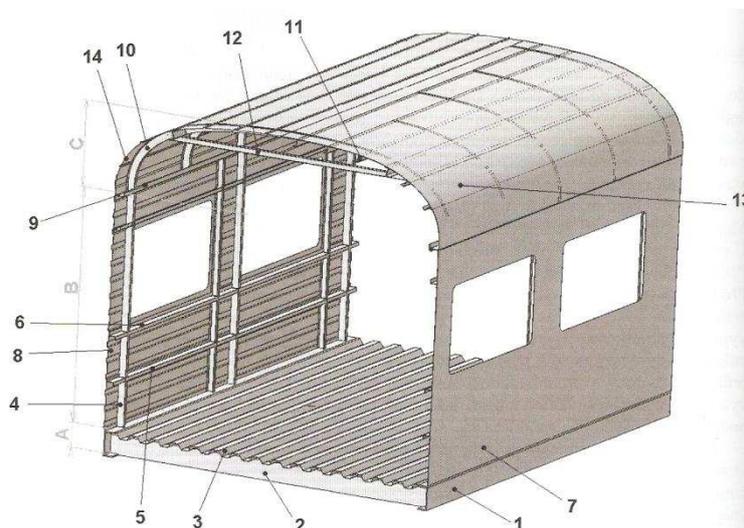
2.4 Diferenciální stavba

Vznik této konstrukce se datuje do 70. let 20. století a v současnosti se používá v různých obměnách. Konstrukce je samonosná, ocelová nebo hliníková a lze ji definovat takto: každý stavební díl vzniká spojováním jednotlivých elementů. [2]

Je složena ze spodku s plechovou vlnitou podlahou, bočnic, čelnic a střechy. Zkladní částí je pak spodek vozu, který je svařený z podélníků a příčníků. Mezi podélníky je vložena plechová vlnitá podlaha. Tato skladba je platná pro část skříně mezi podvozky. Mezi čelníkem a hlavním příčníkem se nachází podélné výztuhy, které mají přesně stanovený prostor pro vypružení šroubovky a případnou montáž automatického spráhla. Nejdůležitější částí je vlnitá podlaha, která přenáší až třetinu podélné síly působící na spráhlo.

Na podlahu navazují bočnice, které jsou složeny z kostry a oplechování. Kostra je tvořena sloupky a podélnými výztuhami, které jsou vzájemně svařené. Bočnice je z vnějšku potažena oplechováním hladkým nebo signovaným.

Poslední částí je střecha, která je taktéž tvořena kostrou a oplechováním. Kostru tvoří dvě vaznice a řada kružin (=střešních oblouků), na ty jsou přivařeny podélné výztuhy a nosiče stropu. Oplechování je stejně jako u bočnic voleno hladké nebo signované. U druhé varianty pak stačí menší počet podélných výztuh.



Obrázek 3: Princip diferenciální konstrukce vagonové skříně [2]

Tyto komponenty se vyrábějí samostatně v přípravcích a nejsou samy o sobě dostatečně tuhé. Dostatečné tuhosti se dosáhne až svařením do jednoho celku a musí odpovídat normě ČSN EN 12 663.

Při hledání způsobu ušetření hmotnosti se diferenciální stavba ocelová začala nahrazovat hliníkovou. Problémem však bylo zachování pevnosti dané konstrukce. Bylo tedy nutné zvětšit příčné průřezy o 30-50%, tím se ale nedosáhlo požadované úspory hmotnosti.

Přednosti diferenciální konstrukce:

- pro jednotlivé elementy se používají standardní profily (U,Z) a plechy
- konstrukci je možné lokálně vyztužovat
- nízké náklady na přípravky a nářadí
- jednoduchá výrobní technologie

-jednoduchá a snadná opravitelnost

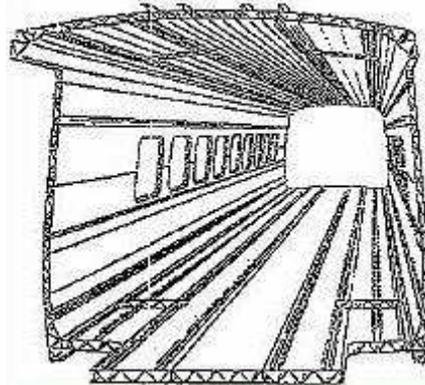
Nevýhody diferenciální konstrukce

- vysoké náklady na výrobu v důsledku velkého počtu elementů

2.5 Integrovaná stavba

Na rozdíl od diferenciální se u integrované stavby skříně každý stavební díl skládá z jednoho stavebního prvku. Konstrukce skříně je vyrobena z hliníkových protlačovaných profilů, probíhajících po celé délce vozové skříně. Profily tvoří součást nosné struktury skříně, ale také začleňují prvky pro upevnění zařízení interiéru (sedadla, zavazadlové police, podlahy) a zařízení pod vozem (přístrojové skříně, kabely, potrubí).

Svařením několika profilů vzniknou stejné komponenty pro stavbu skříně jako u diferenciální stavby a to: spodek s podlahou, bočnice a střešní. Šířka profilů je přibližně 600 mm daných technologickými možnostmi výrobního zařízení. Hrany profilů jsou vytvořené jako „zámky“, které se do sebe zasunou a zavaří. Svařováním se vytváří velké množství tepla a vzniká velké napětí a deformace. Aby nedošlo k deformacím konstrukce, přípravky integrovaných dílů musejí být mohutné. Svařování se provádí hlavně na svařovacích automatech a robotech. Je také technologicky výhodné svařovat díly bez okenních otvorů, které se frézují až po sestavení skříně.



Obrázek 4: Princip integrované konstrukce skříně [3]

Přednosti integrované hliníkové konstrukce:

- nízké výrobní náklady v důsledku nízké pracnosti
- vhodné k automatizaci
- komplexní vnější design jako výsledek individuálního návrhu profilů
- výhodou je lehká montáž vnitřního vybavení skříně, úspora tmelů a nátěrových hmot, korozní odolnost a pod.

Nevýhody integrované hliníkové konstrukce:

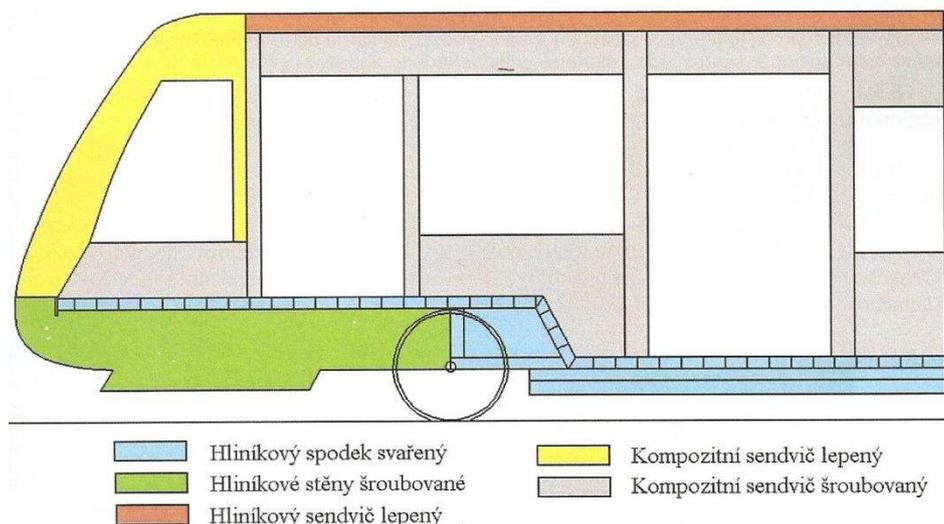
- integrované protlačované profily jsou k dispozici pouze z hliníků
- vysoké náklady na materiál a přípravky jako důsledek individuální výroby profilů
- náročná výrobní technologie
- nelze měnit průřez profilu po délce podle požadavku tuhosti v daném místě
- vysoké náklady na opravy

Integrální konstrukce se využívá u dlouhých skříní bez dveřních otvorů ve střední části bočnic a s relativně malými okny (vysokorychlostní vozidla) nebo u dlouhých a vysokých skříní dvoupodlažních jednotek.

U řady vozidel nelze plně využít výhod integrální konstrukce, tak se využívá kombinace s diferenciální konstrukcí. Pro tramvaje zatím jen na určité části vozidla.

2.6 Hybridní stavba

V současnosti je vyvíjeno mnoho nových materiálů a technologických řešení, které pronikají i do oblasti kolejových vozidel. Ve stavbě skříní se pak používají různé materiály na různé prvky, které se spolu spojují šroubováním, lepením nebo nýtováním. Tyto možnosti spojování jsou výhodné, jelikož při nich nedochází k deformacím jako při svařování. Využívají se v hojné míře například kompozitní materiály, které jsou vhodné při výrobě tvarově složitých součástí. Lze tedy říci, že každý stavební díl se skládá z jednotlivých stavebních prvků z různého materiálu. Principy této stavby jsou teprve v začátcích, ale předpokládá se, že bude mít dobré uplatnění, díky zatím neprozkoumaným možnostem a dalšímu vývoji nových materiálů a technologií.



Obrázek 5: Hybridní vozová skříně současné konstrukce [2]

Přednosti hybridní konstrukce:

- optimální využití specifických vlastností použitím různých materiálů
- nízké náklady na přípravky a nářadí
- malé deformace, použitím studených spojů

Nevýhody hybridní konstrukce

- náročné způsoby spojování
- recyklace materiálů je podmíněná a obtížná

Při konstrukci skříně je nutné zohledňovat mnoho aspektů. Je nutné zvažovat konstrukční princip, zvolené materiály a způsoby spojování. Špatná volba se totiž může často projevit až při uvedení do provozu. Tak tomu bylo i u tramvaje Combino, kde byl špatně zvolen šroubový spoj, díky kterému došlo k rozvoji trhliny, že bylo nutné provést sanaci celé skříně.

2.7 Materiály pro stavbu skříně

Na konstrukci skříní se nejčastěji využívají kovové materiály, zejména pro stavbu dílů tvarovaných v jedné rovině. Kovové materiály ale degradují při svařování a je tedy nutné s tím počítat i při konstrukci. Materiály musí vydržet teploty až do -40°C a nesmí dojít k riziku křehkého lomu.

Využití materiály:

a, pro diferenciální stavbu:

- standardní ocel s mezí pevnosti 370-450 MPa...RSt 37-2 (1.0038) ČSN EN 10025-2;
- standardní ocel s mezí pevnosti 480-620 MPa...RSt 52-3 (1.0570) ČSN EN 10025-2;

b, pro integrální stavbu

- integrované protlačované profily AlMgSi0,7
- vnější oplechování AlMgSi0,5
- příčné střešní profily AlZn4,5Mg1
- nerezové materiály

Dvoupodlažní jednotka Omneo od firmy Bombardier používá ocel o vysoké mezi kluzu až 700 MPa. Tím lze zmenšit tloušťku materiálu, což vede ke snížení hmotnosti vozu. Musí zde ovšem být lépe zpracovaná konstrukce, aby nedocházelo k deformaci nosných částí.

Dalšími hojně využívanými materiály jsou kompozitní materiály, ze kterých se zhotovují převážně prostorově tvarované díly. Nejčastější kompozit jsou pak skelné lamináty. Pokud součásti nejsou využívány jako spolunosné, pak je součást tvořena z jedné vrstvy o tloušťce kolem 4 mm. Pokud ovšem část zatížení přenáší, využívá se kompozitní resp. laminátový sendvič. Výhodou těchto materiálů je možnost vytvarovat je do nejrůznějších tvarů, které designer navrhne. Musí se ale dát pozor na upevnění skel, aby konstrukce byla vodotěsná. Nevýhodou ovšem je nízká ekologičnost materiálu.

3 Ekologie

Kolejová vozidla jsou zpravidla používána v řádech desítek let. Po vyřazení vozidla z provozu se ale nabízí opětovné použití celé jednotky v rámci modernizace, kdy se původní skříň využije pro stavbu nového vozu. Nevyužitelné části je snaha recyklovat a poté znovu použít nejen na další kolejové vozidlo, ale využití materiálu lze pak nalézt téměř kdekoliv ve strojírenství. Části, které nelze znova využít nebo recyklovat se pak stávají odpadem, který ale zatěžuje životní prostředí a je tedy snaha o minimalizaci množství odpadu. U nově postavených jednotek se pak dbá na to, aby i po skončení životnosti daného vozu bylo co nejméně odpadu, ale také aby samotná výroba byla co nejekologičtější.

Části vozů lze dělit na 5 hlavních skupin:

1. skříň vozu
2. vybavení interiéru, okna a dveře
3. pojezdy a podvozky
4. pohon a elektrická výzbroj
5. komfortní systémy (např. klimatizace)

4 Střecha a kontejnery

4.1 Střecha

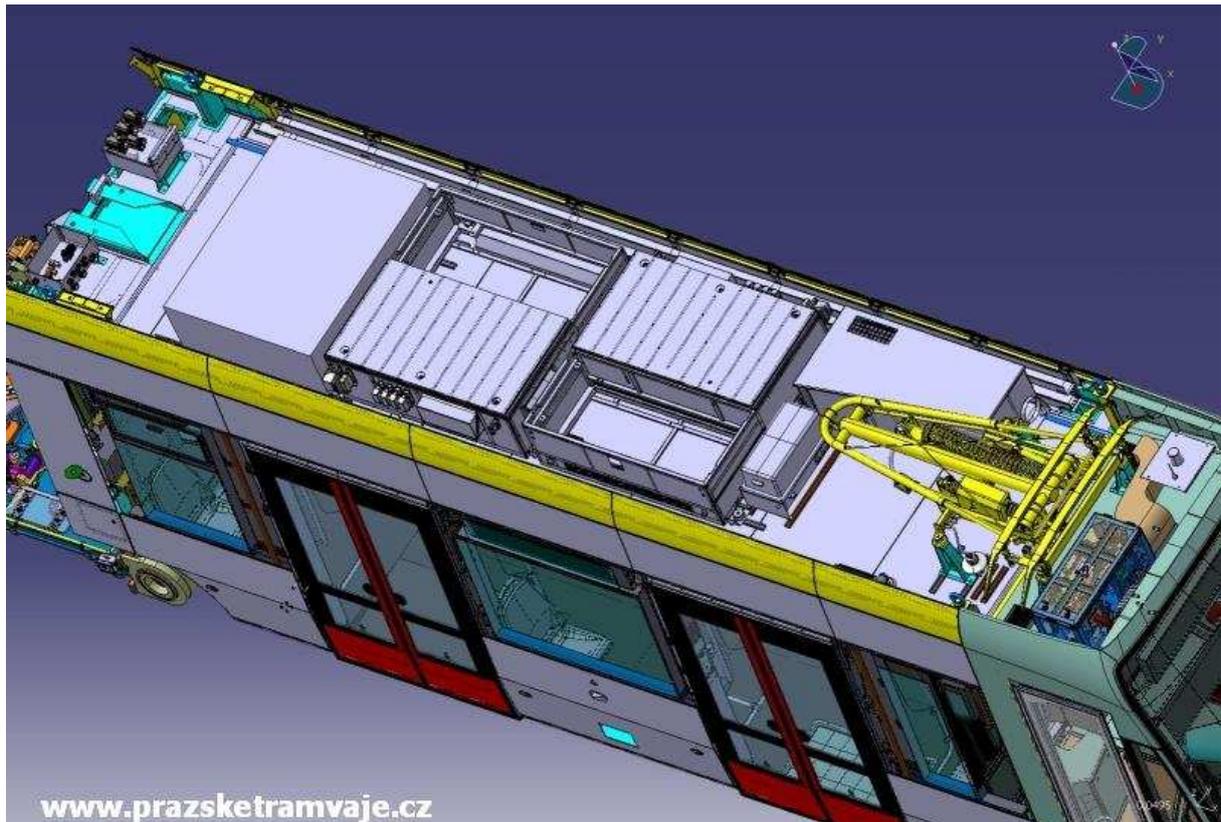
Střecha vozu tramvaje tvoří velmi důležitý konstrukční prvek. Spolu s bočnicemi a rámem zajišťuje potřebnou pevnost a tuhost. U nízkopodlažních tramvajových vozů je a na střeše umístěna většina elektrických zařízení, což má velký vliv na konstrukci skříně. Tato zařízení zatěžují skříň vozidla a při návrhu skříně se tedy musí započítat také hmotnost těchto zařízení a pečlivě určit jejich rozmístění. Je zde tedy snaha o snížení hmotnosti i těchto komponent. Jedná se o elektrickou výzbroj tramvaje, klimatizační jednotky nebo také samotné kontejnery, ve kterých jsou tato zařízení umístěna.



Obrázek 6: Pohled na střechu a střešní výzbroj tramvaje [4]

4.2 Kontejnery

Obvyklé rozložení elektrické výzbroje je uložení v kontejnerech. Ty jsou v kompetenci dodavatele. Ten ale musí dojít ke kompromisu s konstrukční firmou, která skříně vytváří. Jedná se zde zejména o vývody kabelů, případně uchycení kontejnerů ke střeše. Je zde ale větší volnost pro uložení daného kontejneru. Protože střecha není zakrytovaná jako celek, kontejnery pak musejí být vodotěsné a odolné vůči všem povětrnostním podmínkám. Dále zde musejí být vytvořené odvodňovací kanály tak, aby se nehromadila voda na střeše mezi kontejnery a nebyla tím konstrukce ještě více zatěžována.



Obrázek 7: Rozložení kontejnerů na střeše tramvaje Škoda 15T ForCity [5]

Pro tramvaje využívané v náročných klimatických podmínkách, jako například tramvajové vozy v Helsinkách, se využívá integrované kontejnerové rozložení. To pak respektuje konstrukci vozidla, dle jeho modulů a vnějšího tvaru. Střecha vozidla se tedy může stoprocentně zakrýt a kontejnery a výbava tedy není vystavena náročným podmínkám (časté sněžení). V tomto případě je ale mnohem náročnější konstrukce celé skříně vozidla. Je nutné definovat, kde se daný modul bude nacházet a je zde použito také větší množství rozličných komponent a celkově se zvýší zatížení skříně a hmotnost celého vozidla.



Obrázek 8: Tramvaj pro Helsinky [6]

5 Typologie střešní výzbroje tramvaje

Kontejnery na střeších tramvají mají nejrůznější funkce. Zajišťují nejen pohon celého vozu, ale také komfort pro cestující.

5.1 Pantograf

Toto zařízení slouží pro přívod napájecího napětí 600 V (případně 800 V) z troleje. Pantograf se ve většině případů nachází nad trakčním podvozkem z důvodu, aby stírací lišta nemusela být tak široká a stále byla v kontaktu s trolejí. Dalším aspektem pro umístění pantografu je typ vozidla. Jednosměrná vozidla upřednostňují pantograf nad prvním podvozkem a obousměrná blíže středu nebo dva pantografy na obou krajních článcích.

5.2 Příslušenství pantografu

Mezi tato zařízení patří zejména bleskojistka a hlavní odpojovač, která se vyskytují v blízkosti pantografu. Tato zařízení mají zejména bezpečnostní funkce, aby osobám ve vozidle nehrozil úraz proudem o vysokém napětí. Dalším zařízením je například tlumivka.

5.3 Trakční kontejner

Jedná se o jeden z nejdůležitějších kontejnerů na vozidle, jelikož se v jeho útrokách schovávají měniče, které řídí trakční motory na podvozku. Dále je součástí trakčního kontejneru brzdový odporník, který se využívá v případě potřeby pro maření elektrické energie z rekuperačního brzdění.

Z pravidla se používá jeden trakční kontejner pro jeden trakční podvozek, tudíž kolik má článek trakčních podvozků, tolik bude mít i trakčních kontejnerů.

U trakčního kontejneru se nachází brzdový odporník, ze kterého sálá teplo. Jeho víko nemusí být pochozí, ale i přesto se dělá tak, aby nedošlo k proslápnutí obsluhou a ke zkratování elektrických spojení. Trakční kontejnery a jim podobné se musí vyrábět jako větrané. Vpředu jsou nasávací průduchy, samotný kontejner je tvarovaný tak, aby bylo uvnitř zajištěné dostatečné proudění vzduchu a zezadu nebo z boku se pak dělají výfuky. Dalším způsobem chlazení může být sendvičové víko, které také zabraňuje dalšímu ohřívání. Hmotnost tohoto kontejneru se pohybuje okolo 400 kg.



Obrázek 910: Chlazení kontejnerů pomocí sendvičové konstrukce víka a průduchů [7]

5.4 Kontejner pro řídicí (kabinovou) elektroniku

Kontejner pro řídicí elektroniku obsahuje veškeré elektronické součásti, které do kabiny nepatří a je vhodně je umístit na střešu kabiny. Tato zařízení jsou výhradně spojená s řízením vozidla a jeho provozu v daném městském systému, např. antény GPS a ovládání výhybek.

5.5 Kontejner pro pomocné pohony

Kontejner slouží pro napájení pomocných pohonů ve vozidle, jeho hlavní funkcí je převádět trolejové napětí (600 V) na nižší napětí.

Další napěťové úrovně ve vozidle:

- 3x400 V - napájení podsedákového topení (již z tramvají mizí a tuto funkci přebírá samotná klimatizace)
- 3x230 V (klasické síťové napětí) - slouží pro připojování příslušenství
- 24 V - napětí pro palubní síť
- 5 V - pro napájení externích zařízení (např. USB zásuvky pro nabíjení mobilních telefonů)

5.6 Kontejner pro palubní baterie

Kontejner se využívá jako nouzový zdroj napětí pro řízení a zejména zastavení vozidla po výpadku proudu. Součástí bateriového kontejneru je i nabíječ.

5.7 Kontejner trakční baterie (superkapacitor)

V případě potřeby zákazníka se na tramvaje motují také trakční baterie či superkapacitory.

Baterie jsou velmi těžké součásti, mohou dosahovat až 1,5 tuny. Vyrábějí se také jako pochozí a mají u sebe svou vlastní klimatizaci pro chlazení. Ta již nebývá pochozí a je zde velké riziko proslápnutí víka neopatrností obsluhy

5.8 Kontejner HVAC

Kontejner HVAC (Heat, Ventilation, Air-Condition) se stará o úpravu vzduchu a distribuci vzduchu do vozidla.

Typ klimatizací ve vozidle:

- Salónová klimatizace pro pasažéry
- Kabinová klimatizace pro řidiče

Pro vozidla se většinou používá jedna salónová klimatizace na jeden článek vozidla (například tříčlánekové vozidlo s otočnými podvozky). Pro vozidla s neotočnými podvozky patří klimatizace jen na zavěšené články.

Pokud je vyžadováno, lze použít i dvě slabší klimatizace na jednom článku, aby se zajistila redundance a spolehlivost, pokud by jedna klimatizace přestala fungovat (funkce tak není ztracena, ale sníží se pouze komfort pro cestující).

Tyto kontejnery jsou dodávány dodavatelem. Ten zpravidla neřeší chlazení těchto kontejnerů. Víka nemusejí být tak pevná, i přesto se často vyrábějí jako pochozí nebo částečně pochozí pomocí pískového nátěru.

5.9 Svorkovnice

Svorkovnice slouží pro propojování jednotlivých článků vozidla. Spojuje tedy kabeláž z jednotlivých kontejnerů mezi články tramvaje.

Pro snadné zacházení (spojení/rozpojení) je nejvhodnější používat zapojování prostřednictvím konektorů.

Tyto kontejnery jsou ve firmě Škoda a.s. zhotovené jako hliníkové krabice dodané výrobcem, obrobene podle požadavků Škody. Toto řešení ušetří mnoho hodin práce a také peněz na vytváření dalšího vlastního kontejneru. Tyto kontejnery se ovšem ne vždy používají, protože je třeba snížit hmotnost celku. Ale z konstrukčního hlediska by měly být používané, protože při poškození kabeláže například u spojení článků stačí vyměnit mnohem kratší část. Jejich hmotnost se pohybuje kolem 80 kg.

5.10 Kabelové kanály

Slouží pro snadné trasování kabelů mezi jednotlivými zařízeními na střeše.



Obrázek 11: Kontejner s elektronikou [8]

6 Rozmístění střešní výzbroje

Rozmístění výzbroje musí být prováděno tak, aby byla zajištěna funkčnost, ovladatelnost, bylo zajištěno rovnoměrné rozložení hmotnosti a vedení kabelů pro spojení příslušenství by mělo být co nejkratší.

V mnoha případech se kontejnery stávají vrchní vrstvou tramvaje, a proto je třeba je vyrábět pochozí (měly by unést až 120 kg), tudíž musejí mít dostatečnou pevnost a protiskluzovou ochranu. Ta bývá zajištěna lupínkovým plechem.



Obrázek 12: Pochozí víka z lupínkového plechu [9]

6.1 Uchycení kontejnerů na vozidle

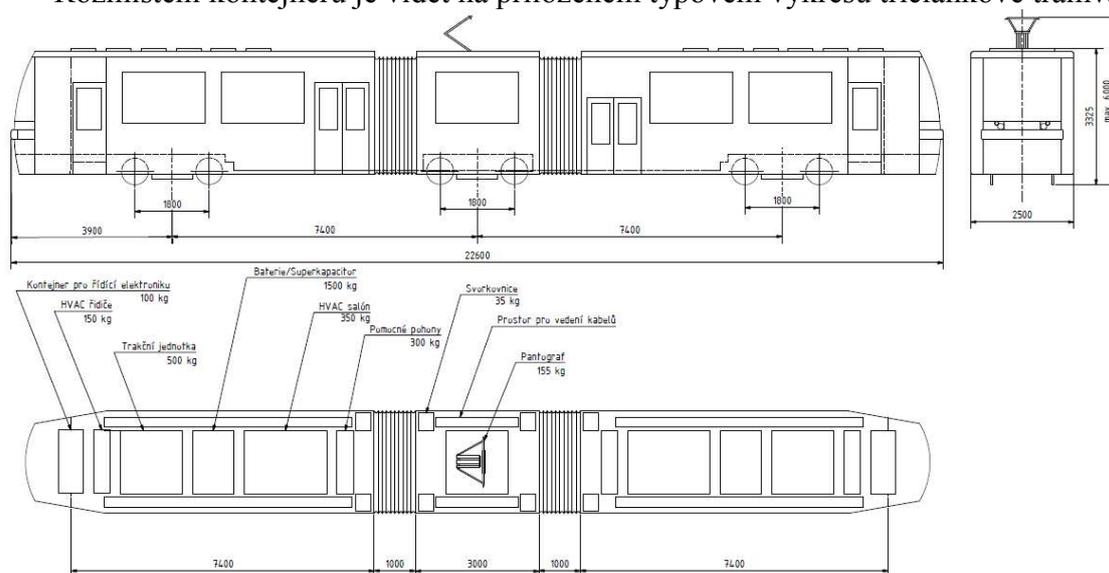
Většina kontejnerů je uchycena prostřednictvím jeklového roštu, na kterém je umístěn obsah kontejneru a rošt je prostřednictvím silentbloků uchycen na střechu vozidla. Pro tento případ je nutná úprava střechy a základní strukturu vyztužit o nosný podélník, přenesení zatížení do hrubé stavby.

Pro odlehčení střešních konstrukcí je nutné najít jiná řešení uchycení kontejnerů, např. fixovat kontejnery do vaznic hrubé stavby, jako se to již děje u jednopodlažních jednotek. Každé řešení s sebou nese i negativa a tím je změna řešení kontejnerů. Ty pak musí být opatřeny tzv. montážními uchy.

Nejvhodnějším řešením by bylo kontejnery integrovat přímo do střechy, ale to vyžaduje blízkou spolupráci výrobce vozidla a výrobce elektrické výzbroje. Pokud jsou v kontejneru rotační součásti, které způsobují vibrace a vyšší hluk uvnitř vozu, je nutné tyto prvky odizolovat silentbloky, aby nedocházelo k šíření vibrací a hluků.

6.2 Příklad rozmístění kontejnerů

Rozmístění kontejnerů je vidět na přiloženém typovém výkresu tříčlávkové tramvaje.



Obrázek 13: Typový výkres tříčlávkové tramvaje

Nejblíže čela tramvaje a tudíž kabiny řidiče by se měl nacházet kontejner pro elektroniku řidiče. Vedle či na tento kontejner se umísťují nejrůznější antény a přijímače, které slouží k ovládání výhybek nebo pro preferenci na světelných křižovatkách. Pokud je ovšem zákazníkem vyžadováno, tak jsou tyto antény uchyceny na požadovaném místě, např. na spodku tramvaje. V blízkosti kabiny samozřejmě nalezneme klimatizační kontejner pro kabinu řidiče.

Další kontejnery navazují na umístění podvozku. V poloze nad podvozkem se umísťuje pantograf. Pokud se pantograf nachází ve složeném stavu, tak může zasahovat do prostoru kontejneru pro klimatizaci řidiče, proto se tento kontejner tvaruje tak, aby se pantograf mohl složit na střechu. V blízkosti pantografu se nachází hlavní vypínač, bleskojistka a zbylé příslušenství pro přenos napětí na vozidlo. Tyto komponenty jsou základní bezpečnostní součásti vozidla, jak je již popsáno výše.

Co nejblíže trakčnímu podvozkem se umísťuje trakční jednotka. Důvodem je, aby kabeláž spojující trakční jednotku a podvozek byla co nejkratší.

Pokud má soustava i bateriový pohon, tak jsou baterie či superkapacitory umísťovány v blízkosti trakční jednotky.

Následujícím kontejnerem je klimatizační jednotka pro cestující (salónová). Ta je umístěna s ohledem na střed článku, aby bylo zajištěné rovnoměrné proudění vzduchu do vozidla.

Dále je na vozidle umístěné napájení pomocných pohonů pro elektrické zařízení ve vozidle. Proti těmto pohonům je pak uložen nabíječ pro palubní baterii.

Posledními částmi střešní výzbroje jsou svorkovnice.

Spojení jednotlivých střešních zařízení je provedeno jednotlivými či kabelovými svazky, které je možné vést na střeše středem či po stranách. Ale vše by mělo zapadat do konceptu střechy jako jeden celek.

Z důvodu nedostatku času na propracovanější řešení některé firmy navrhuji samostatně skříň vozidla a jednotlivé kontejnery. Kabely se pak vkládají dodatečně, což je sice jednodušší řešení, ale ne zcela optimální. V některých místech střechy to navíc vyžaduje náročná a speciální řešení.

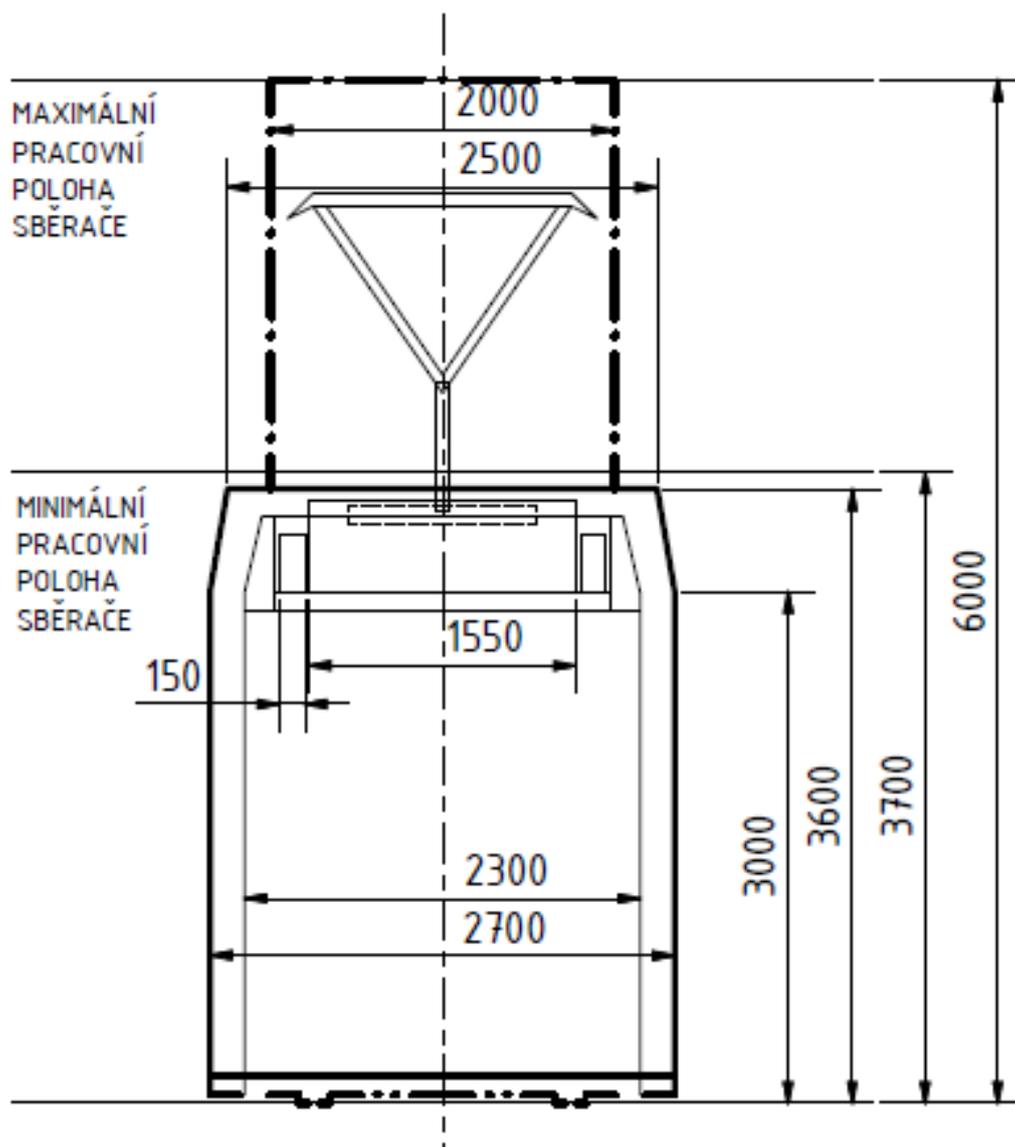
I pro návrh vedení kabeláže by měl existovat koncept, který bude respektovat jak skříň vozidla, tak i vybavení střešní výzbroje. Častějším řešením je vedení kabelů po stranách kontejnerů, to ale zmenšuje prostor po stranách vozu. Méně častou možností je vedení kabelů pod kontejnery, které nám uvolní prostor po stranách vozu, ale přístup ke kabeláži je méně snadný.

V obou případech je nutné dbát na to, aby nedocházelo ovlivňování napětí v jednotlivých kabelech. Některé z nich tak od sebe musejí být umístěné v dostatečné vzdálenosti nebo oddělené kovovou přepážkou.

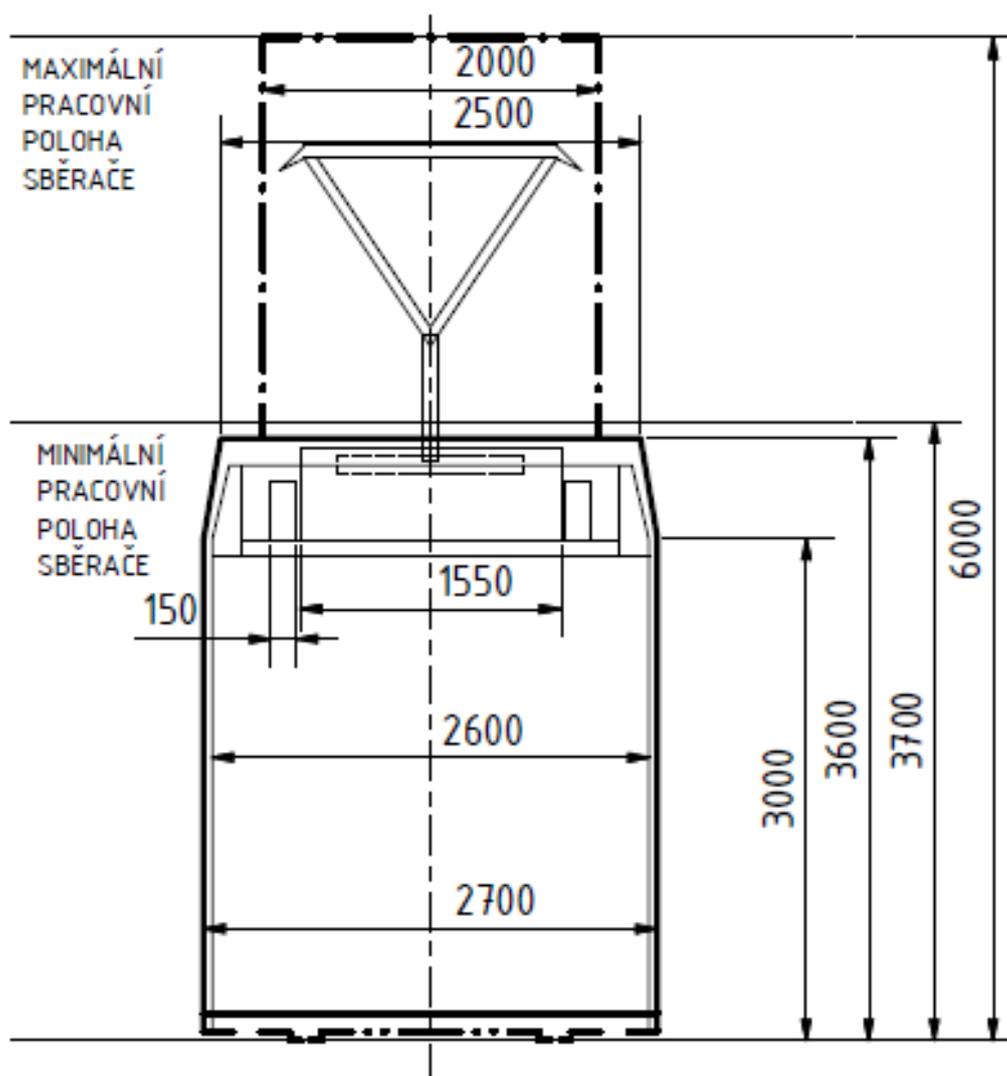
6.2.1 Nové možnosti pro umístění elektrické výzbroje

Současným trendem je snaha o co nejsnazší zástavbu kontejnerů na vozidlo, proto jsou větší snahy o unifikaci kontejnerů tak, aby byla zajištěná stejná šířka a výška kontejnerů pro různé rozměry tramvají (každý výrobce má vlastní představu o unifikaci). Tohoto se kvůli rozmanitosti požadavků od zákazníka zatím dosahuje velmi složitě, ale je na straně výrobce tramvají, jak si nastaví pravidla. Obecně je u vlaků unifikace mnohem jednodušší a pokročilejší, protože klasická železnice (alespoň v Evropě) využívá převážně jednotný průjezdný profil vozidel, zatímco tramvajové tratě a průjezdné profily jsou pro každé město zcela odlišné.

Kontejnery na střechách musejí mít takové rozměry, aby tramvaj splňovala průjezdné průřezy tramvajových tratí. Tímto se zabývá norma ČSN 28 0318 (platná od března 2015).



Obrázek 14: Prostor pro střešní výzbroj pro menší šířku tramvaje



Obrázek 15: Prostor pro střešní výbroj pro větší šířku tramvaje

Ideálem dnešní doby je vytvářet levně, toho se dosahuje využíváním standardizovaných dílů a produktů, které lze snadno a levně nakoupit. Dodavatel jich může vyrobit téměř neomezené množství a jsou k nim tedy i snadno dodávané náhradní díly, pokud jich je třeba. Výroba atypických tvarů kontejnerů se jeví jako silně nevýhodná. Tyto kontejnery se špatně zaměňují za kontejnery jiných výrobců a rovněž se i špatně dodávají náhradní díly. Vše se odráží ve vyšších nákladech a delších dodacích lhůtách. Z těchto důvodů je dobré mít možnost využití jedné komponenty pro více účelů. Vyrábět každou součást individuálně je silně nevýhodné a celý vůz velice prodraží.

Dalším důležitým požadavkem je spolehlivost, jelikož vzniklé nároky na údržbu mohou být důležitým prvkem pro cenu i návrh vozidla. Současným trendem je poškozenou komponentu co nejrychleji nahradit novou (v případě možnosti jen opravit) a zajistit tím téměř okamžitou provozuschopnost. Poškozená součást se vyjme a opravuje mimo vozidlo, posílá se k dodavateli na opravu nebo je zcela vyřazena z provozu. Opravený díl lze použít při další případné poruše. Pokud tramvaj například nedejde kvůli poruše dopolední směnu, tak po takovéto opravě už klidně může nastoupit do odpolední špičky plně funkční a nemusí být vyřazena z provozu několik dní až týdnů., což je provozovatelem kladně hodnoceno.

Mezi jednotlivými firmami je také možné podepsat oboustranně výhodné smlouvy o spolupráci. Tyto firmy pak pracují jako obchodní partneři a společně se mohou podílet i na vývoji nových vozů. Tento “klíčový/spřízněný,, dodavatel má zajištěné využití svých produktů na vozech projektovaných i budoucích v délce podepsané spolupráce. Tudíž se i dodavatel snaží o úspěšnost výsledného produktu.

6.2.2 Příklad jiného řešení

S novým inovativním řešením přišla společnost Siemens na tramvajích Combino. Ty využívají speciálně vyrobené kontejnery, které jsou kompaktní a tvoří velkou část střechy. V jednom kontejneru je systematicky uložena veškerá elektrická výzbroj. Pantograf je pak uložený až na tomto kontejneru. Kontejner má jedno zakrytí, pod kterým je uloženo vše potřebné a odpadá tu hmotnost stěn, které by měly jednotlivé oddělené kontejnery. Toto řešení je ale vhodné pokud se jedná o zakázku, která obsahuje hodně vozidel do jednoho města nebo několika míst, kde jsou kladené stejné požadavky od zákazníka. Pokud se jedná o několik různých projektů tramvají do různých měst, kde se mění rozměry vozu (šířka, délka vozu), je vhodnější řešení pomocí jednotlivých kontejnerů.



Obrázek 16: Inovativní řešení střechy na tramvaji Siemens Combino [10]

7 Návrh zastřešení/zakrytování elektrické výzbroje (kontejnerů) tramvaje

K zakrytování střešní výzbroje se u tramvají, potažmo u kolejových vozidel, přistupuje převážně z estetických důvodů.

7.1 Způsoby zakrytování

V praxi se využívá úplné nebo částečné zakrytování elektrické výzbroje. Kdy se využívají boční a horní zákryty nebo pouze boční. Střecha bez zákrytů se u vozidel MHD téměř nepoužívá.

Částečné krytování se používá pouze z estetického hlediska, aby výzbroj nebyla patrná z vozovky či chodníku. Hlavní výhodou je, že komponenty na střeše (část hrubé stavby) jsou z vrchní strany plně přístupné pro obsluhu. Nevýhodou ovšem je, že se u této varianty musí dbát na vyřešení odtoku vody z prostoru střechy. Kontejnery jsou zde vystavené veškerým povětrnostním podmínkám a nečistotám z okolí a musejí tomu být uzpůsobeny.

Úplné zakrytování střešní výzbroje se snaží zabránit zatečení vody do prostoru kolem kontejnerů a téměř veškerá voda je sváděna primárními kanály mimo vozidlo. Zbytek vody je odváděn stejným způsobem jako v prvním případě. Kontejnery se ale nemusejí vyrábět tak odolné vůči klimatickým podmínkám. Dalším bonusem uzavřené střechy je vizuálně čisté a uhlazené řešení. Nedostatky tohoto řešení jsou ovšem horší přístupnost ke kontejnerům v případě oprav, vyšší cena a vyšší hmotnost vozu.

7.1.1 Důvody pro využití úplně zakrytované střechy

Zákazník může požadovat plné krytování střešní výzbroje z několika důvodů:

- Ochrana před nepříznivými klimatickými podmínkami (sníh, déšť, silné sluneční záření)
- Ochrana před nečistotami a prachem
- Estetické nebo jiné hledisko

Toto řešení se primárně využívá ve městech s velkými úhrny dešťových nebo sněhových srážek. V částečně zakrytované koncepci totiž vzniká na střeše jakási vana, ve které drží sníh nebo velké množství vody, které se nestíhá odvádět. To má nepříznivý dopad nejen na přístroje, ale i na jízdní vlastnosti.

V případě tropických zemí se úplným krytovaním střechy využívá efektu, kdy se nechává nahřát vnější zakrytí vozidla, ale střešní plech a přístroje jsou ofukovány a ochlazovány nucenou ventilací. To zabraňuje zbytečnému ohřívání vozidla od rozpálené střechy.

Ochrana před nečistotami a prachem je požadována z důvodu pohodlnější údržby (mytí) vozidla. Nejvíce prachového znečištění se drží v oblasti pantografu. Tam se zachytává uhlíkový prach, který vzniká třením lišty pantografu s trolejovým vedením.

V případě ostatních požadavků zákazníka se můžeme setkat nejen s estetickými požadavky, ale za zmínku stojí, že v politicky neklidných zemích se našel zákazník s požadavkem na plné krytování tak, aby se na střeše nemohlo zachytit nic nebezpečného (granát, zápalná výbušnina a tak podobně).

7.1.2 Trendy pro zakrytování

S nástupem různých analýz pro údržbu (např. RCM) a analýz životního cyklu (LCC) má za následek, že se vytváří tlak na vysokou spolehlivost komponent a případnou rychlou obnovu funkce. Proto se u nových vozidel vytváří možnost přístupu k některým komponentám nejen ze střechy, ale i z prostoru pro cestující či řidiče. Vše je zajišťováno odklopným stropním pohledem. Musí tu být ovšem také zajištěna bezpečnost pro personál tak, aby nemohlo dojít k vážnější nehodě.

7.1.3 Obecné zásady pro zákryty

Jelikož se většinou jedná o řešení, které je využitelné jen pro určité spektrum zákazníků, tak musí odpovídat těmto obecným zásadám:

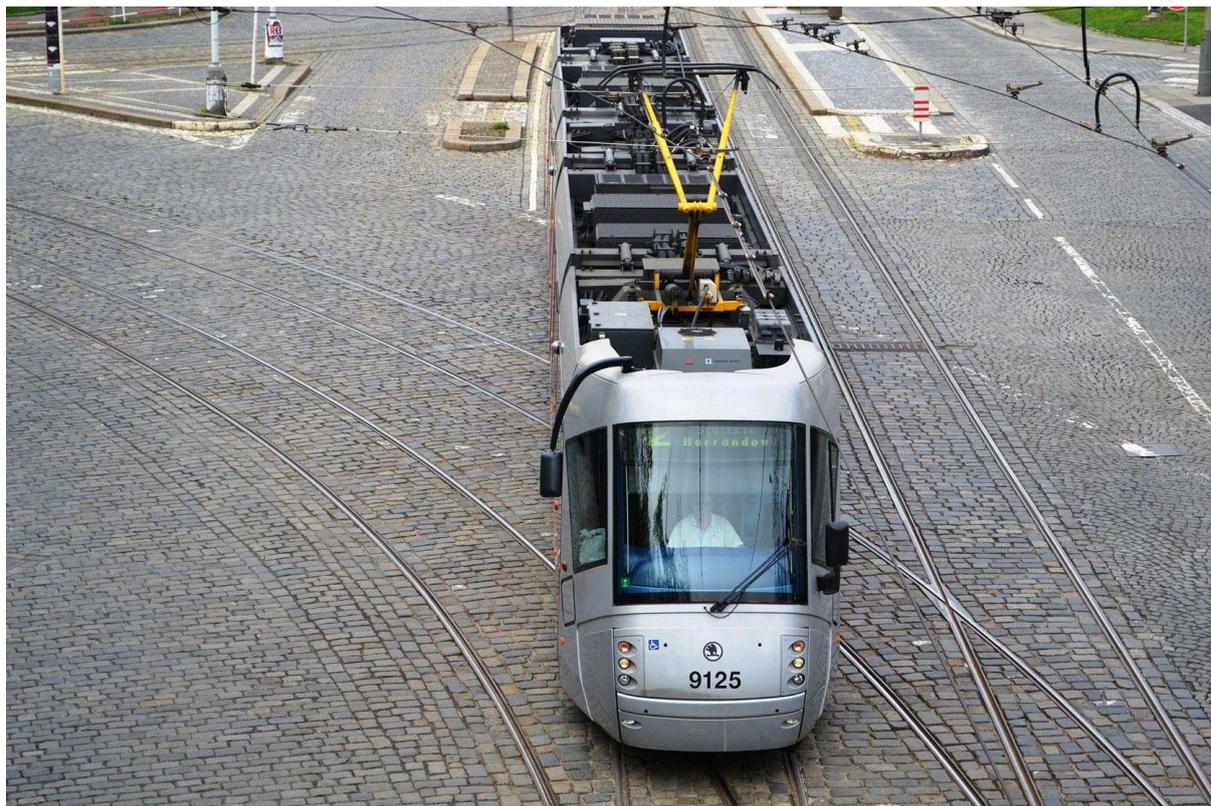
- nízká hmotnost panelů,
- dostatečná tuhost,
- dostatečná odolnost vůči povětrnostním podmínkám,
- snadná montáž a demontáž,
- zabránovat zadržování vody a odvádět jí místy k tomu určenými,
- ochrana střešní výzbroje,
- možnost pochozích zákrytů.

7.2 Návrh střešních zákrytů

7.2.1 Varianta částečného zakrytování

Na částečně zakrytované střeše musí být zajištěn odtok vody z prostoru mezi kontejnery pomocí svodů tak, aby voda nestékala po bočnicích a nezadržovala se v prostorách střechy, ale pouze místy k tomu určenými. Voda musí být odvedena i z veškerých komponentů umístěných na střeše. Svody musejí být přístupné pro údržbu a čištění. Vhodné je řešit odtok tak, aby bylo možné použít jeden společný vertikální svod vody v každém rohu skříňě vozidla.

Kontejnery na střeše by měly být konstruovány stejně vysoké, jejich víka by měla být plně pochozí. U kontejnerů, které by se neměli ohřívat slunečním svitem, by měla být využita konstrukce sendvičové konstrukce.



Obrázek 17: Otevřená střecha tramvaje Škoda [11]

7.2.2 Návrh úplného zakrytí

I na této střeše musí být zajištěn odtok vody, ale nebude tak enormně využíván, jelikož voda se na této střeše nebude držet v takovém množství. Krytování tu zajišťuje primární odtok vody a střecha sekundární odtok (v předešlém případě byl toto primární a jediný odtok vody).

Je nutné také dbát na pohodlný přístup ke všem zařízením pod zakrytím. Toto zajišťuje odklopná střecha nebo v případě dlouhého článku několik vík (ty mohou být přizpůsobené délkám zařízení pod víkem). Většinou se tato víka navrhují tak, aby byla obsluhovatelná jednou osobou, proto se jeví ideální dělení na dvou až tří metrové segmenty umožňující přístup i k více kontejnerům zároveň. V případě poruchy kontejneru musí být umožněna snadná výměna za nový buď dostatečným prostorem nebo částečnou demontáží zakrytí. Mezi jednotlivými částmi může být umístěné těsnění, kterým lze zvýšit funkci primárního odtoku vody.

Tyto výklopné kryty nemusejí být konstruovány jako nosné. Obsluha by po nich chodit neměla, ale ze zkušenosti se ví, že tomu nelze zabránit. Je zde snaha o odstraňovat pochozí lávky, které znesnadňují vyjímání kontejnerů, nahrazením pochozích vík.

Problematické může být chlazení výbroje, která je zcela krytá. Proto bude nutné určité oblasti nuceně profukovat nebo využívat sendvičové konstrukce vík, jak je tomu u samotných kontejnerů. Další možností by mohlo být řešení odtahu vzduchu z interiéru k výbroji, jelikož teplota v interiéru se pohybuje v rozmezí ideálních pracovních teplot.

Víka navíc musejí mít funkční uzavírání a mechanismus zamykání, aby nedošlo k nechtěnému otevření. Celé řešení střechy a těchto vík by navíc mělo sloužit ke zpevnění celé konstrukce skříně a nedošlo tím k navýšení hmotnosti vozu.



Obrázek 18: Pohled do uzavřené střechy tramvaje od výrobce Alstom [12]

8 Návrh základního principu konstrukce kontejneru s ohledem na snížení hmotnosti

Trendem dnešní doby je přidávat do vozů další systémy, které zajišťují vyšší bezpečnost, vyšší výkony subsystémů i vozidla nebo větší komfort pro cestující, ale tím se zvyšuje i hmotnost celého vozu. Proto je snaha snižovat hmotnost všech standardních komponent ve vozidle, aby se vytvořil prostor pro výše popsaná vylepšení.

Toho se dosahuje výběrem materiálu a optimalizováním daných součástí. Toto řešení v praxi probíhá téměř nepřetržitě v cyklech, ve kterých se zohledňují aspekty jako je poměr cena/hmotnost. Sestavit tramvaj kompletně z lehkých a pevných materiálů jako je titan nebo karbon by bylo reálné. Možnosti pro realizaci stavby této konstrukce jsou už velmi propracované, ale žádný zákazník by pravděpodobně neměl dostatek finančních prostředků na zaplacení. Proto se musejí hledat další možnosti, jak snížit hmotnost vozu. Měla by být snaha odstranit zbytečné konstrukce a přenést na jednu součást více funkcí a maximalizovat tak využití materiálu.

Kontejnery pro střešní výzbroj by tedy měly být konstruovány jako vícefunkční. Měly by sloužit nejen jako ochrana střešní výzbroje, ale také jako nosný prvek pro interiérové zařízení kontejneru. Pokud interiérové vybavení kontejneru vyžaduje chlazení, tak by systém chlazení neměl výrazně navyšovat objem použitého materiálu a hmotnost, ale udělat takový systém průduchů a přepážek pro vedení vzduchu tak, aby chlazení bylo dostatečné. Tyto přepážky navíc mohou celý kontejner i zpevňovat a tím zmenšit průřez stěn. To vše může napomoci k optimalizaci pevnosti a hmotnosti.

Dalším logickým krokem pro lepší konstrukční řešení uspořádání střešní výzbroje je spolupráce jednotlivých konstruktérských skupin. Toto zatím ne vždy plně funguje. Velice často se používá konzolové řešení. Každá konstrukční skupina si tak vytvoří svojí konzolu. Například není nutné vytvářet samostatnou konzolu na uchycení zvukového reproduktoru a bočního zákrytu střechy. Pokud by spolu tato pracoviště více kooperovala, k řešení by stačilo využít jednu konzolu, ve které by bylo vše potřebné. Tím by se snížila nejen hmotnost, ale také by se ušetřil prostor.

V případě, že firma pro výrobu tramvají přikročí k plné integraci střešní výzbroje, tak je nutné přikročit k jiné filozofii skříně vozidla (skeletu) a elektrických komponent. Skříň vozidla, zejména střecha bude jako tubus trupu letadla a přepážky (žebra) budou tvořit výztuhu i montážní prostor pro uchycení modulů střešní výzbroje. Jednotlivá zařízení (moduly) by byla montována přímo na skelet a zakrytování by bylo pro celou střechu kompaktní a v tomto systému i plně voděodolné

Případným krokem pro budoucnost by mohlo být používání lehkého materiálu (plast nebo kompozit), který by splňoval všechny požadavky na tuhost a pevnost a zároveň by byl snadno dostupný a tudíž velmi levný.

9 Závěr

Řešení střech pro tramvajová vozidla je velice náročné a vyžadující neustálý vývoj. Kvůli přesouvání veškerých zařízení z prostoru pod podlahou na střechu a přidáváním zařízení pro vyšší komfort a bezpečnost cestujících je střecha jednou z nejvytíženějších součástí v konstrukci vozidla. Komplexní řešení by pak mělo zajistit správnou funkci všech komponent, správné rozložení veškerého vybavení a neměla by být překročena maximální požadovaná hmotnost vozu. I když se setkáme se situacemi, kdy je na střeše tak málo místa, že je prostor ze 100% využit.

Rozmístění střešní výzbroje musí respektovat následující požadavky:

- hmotnost musí být optimálně rozložena po celé délce vozidla, s ohledem na nápravové zatížení,
- velikost vozidla i se střešní výzbrojí musí splňovat normu o průjezdných průřezech tramvajových tratí,
- kabely, které jsou použité pro spojení výzbroje, musejí mít co nejkratší délku, za účelem snížení odezvy a hmotnosti,
- všechny kontejnery by měly být zkonstruované jako pochozí, aby se obsluha mohla pohybovat po střeše tramvaje,
- musí být zajištěno dostatečné chlazení pro všechny komponenty, které to vyžadují,
- střecha nesmí zadržovat vodu a sníh.

Tyto požadavky jsou základem pro konstruování celého střešního systému, pak lze vymýšlet další potřebné zlepšování, které ušetří nejen hmotnost, ale můžou se snížit také finanční náklady.

Snížením hmotnosti lze dosáhnout správným výběrem materiálu a zejména tvarováním součástí, odstraněním zbytečných konstrukcí, přenesením funkcí z více součástí na jednu a také unifikací kontejnerů. Konstruktérská pracoviště ale spolu musejí velmi intenzivně komunikovat, protože pak lze zajistit všechny již zmíněné aspekty.

10 Seznam použité literatury

- [1] Tramvaj Škoda Forcity Plus. In: *Škoda* [online]. 2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/photo-ct-2373-760-546-.jpg>
- [2] HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. *Kolejová vozidla II*. V Plzni: Západočeská univerzita, 2009. ISBN 978-80-7043-641-7.
- [3] CULEK, Michal. *Návrh hrubé stavby skříňové lokomotivy - analýza pevnosti a tuhosti* [online]. Praha, 2016 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/46760686-Diplomova-prace-navrh-hrube-stavby-skrinove-lokomotivy-analyza-pevnosti-a-tuhosti.html>. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Ing. Ctirad Novotný, PhD.
- [4] VÍT, Milan. Pražské tramvaje. In: *Idnes.cz* [online]. 2017, 10.2.2017 [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <https://milanvit.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=585837>
- [5] Rozmístění prvků výzbroje na střeše prvního článku vozu Škoda 15T. In: *Prazsketramvaje.cz* [online]. 2018 [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <http://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cisloclanku=2008041001>
- [6] Ratio. In: *Ratio.org* [online]. 2018 [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <https://www.ratio.org/suomen-raitiotiet-ja-raitiovaunut/helsingin-raitiotiet/raitiovaunut-hkl/kalusto/matalalattiaiset-nivelvaunut-401-460-8-aks/>
- [7] Traction equipment for tramcars. In: *Škoda* [online]. [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/en/references/traction-equipment-for-tramcars/?from=prod>
- [8] Propulsion converter for tramway. In: *Koncar-inem.hr* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.koncar-inem.hr/en/products/transportation/converters-for-tramway/converters-for-tramway-kontrac-gp-170-dc/>
- [9] 750V Electric traction converter. In: *Caf.net* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.caf.net/en/productos-servicios/equipos-traccion-comunicacion/equipos-traccion-convertidores.php>

- [10] Combino tram in Poznan. In: [Http://enacademic.com](http://enacademic.com) [online]. 2017 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://enacademic.com/dic.nsf/enwiki/546595>
- [11] SEDLECKÝ, David. Tramvaj bez střechy. In: [Idnes.cz](http://idnes.cz) [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://praha.idnes.cz/foto.aspx?foto1=ME14ad52b_F164147_01.jpg
- [12] Traction systems. In: [Alstom.com](http://alstom.com) [online]. 2017 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/components/traction-systems/>
- [13] HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. *Kolejová vozidla III*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011. ISBN 978-80-261-0028-7.
- [14] DOSTÁL, Josef a Petr HELLER. *Kolejová vozidla I. 2.*, přeprac. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2010. ISBN 978-80-7043-960-9.
- [15] POHL, Rudolf a Ctirad NOVOTNÝ. *Železniční vozidla: dopravní prostředky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02622-1.

11 Seznam obrázků

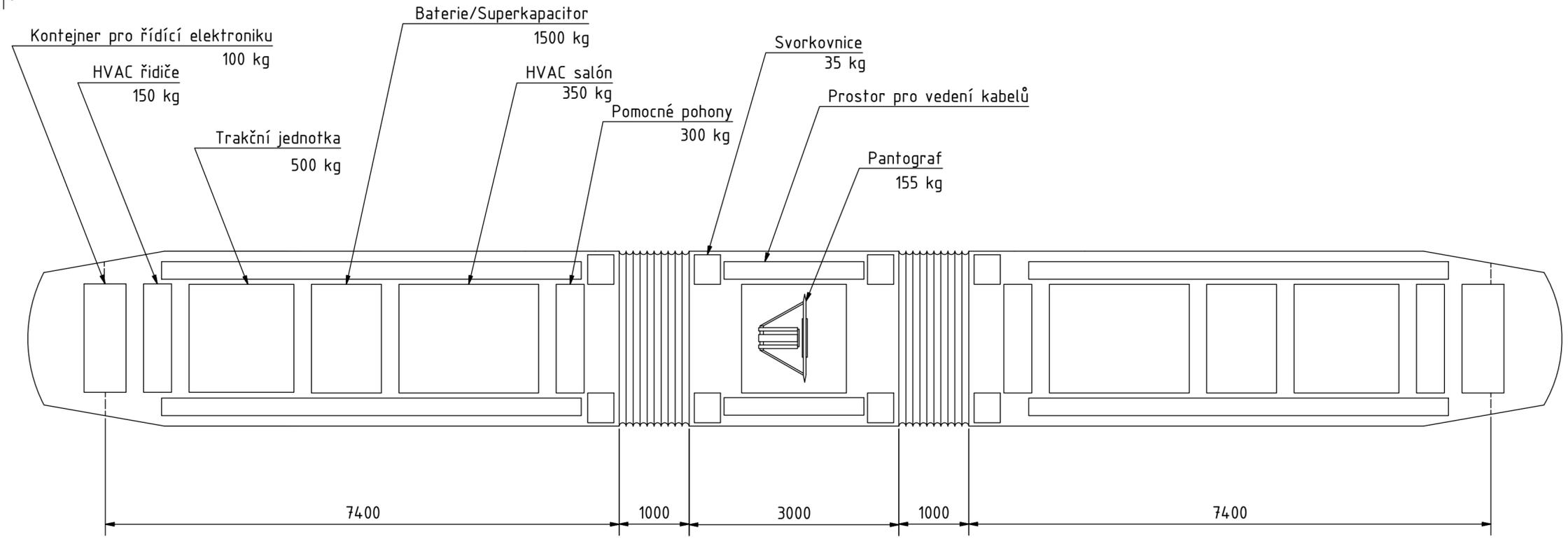
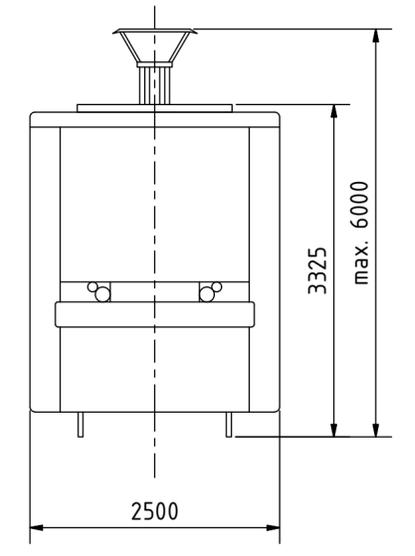
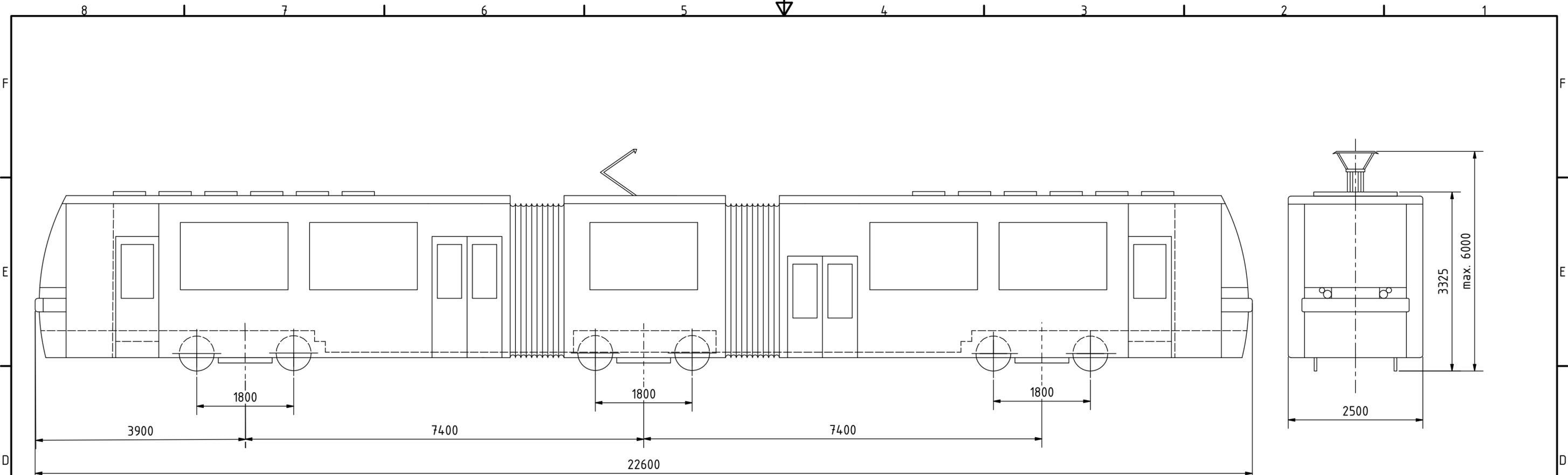
Obrázek 1: Tramvaj Škoda Forcity Plus [1]	10
Obrázek 2: Postup vývoje technologií výroby hrubých staveb skříní vozů [2]	12
Obrázek 3: Princip diferenciální konstrukce vagónové skříně [2]	13
Obrázek 4: Princip integrální konstrukce skříně [3]	14
Obrázek 5: Hybridní vozová skříň současné konstrukce [2]	15
Obrázek 6: Pohled na střechu a střešní výzbroj tramvaje [4]	18
Obrázek 7: Rozložení kontejnerů na střeše tramvaje Škoda 15T ForCity [5]	19
Obrázek 8: Tramvaj pro Helsinky [6]	20
Obrázek 9: Chlazení kontejnerů pomocí sendvičové konstrukce víka a průduchů [7]	22
Obrázek 10: Kontejner s elektronikou [8]	24
Obrázek 11: Pochozí víka z lupínkového plechu [9]	24
Obrázek 12: Typový výkres tříčlánkové tramvaje.....	25
Obrázek 13: Prostor pro střešní výzbroj pro menší šířku tramvaje.....	27
Obrázek 14: Prostor pro střešní výzbroj pro větší šířku tramvaje.....	28
Obrázek 15: Inovativní řešení střechy na tramvaji Siemens Combino [10]	29
Obrázek 16: Otevřená střecha tramvaje Škoda [11]	32
Obrázek 17: Pohled do uzavřené střechy tramvaje od výrobce Alstom [12].....	33

12 Seznam příloh

Příloha 1: Typový výkres TŘÍČLÁNKOVÁ TRAMVAJ

Příloha č. 1

Typový výkres



Měřítko	1:50	Hmotnost (kg)	Promítání	Formát	A2
 KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil	BRANTLOVÁ JANA		Název TŘÍČLÁNKOVÁ TRAMVAJ	
	Datum	10.5.2018		Číslo dokumentu 1	
Druh dokumentu	TYPOVÝ VÝKRES		List 1 List 1		