



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN LŮŽKOVÉHO KUPÉ

INTERIOR DESIGN OF SLEEPER COMPARTMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Denisa Páleníková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dana Rubínová, Ph.D.

BRNO 2026

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Studentka: **Bc. Denisa Páleníková**
Studijní program: Průmyslový design ve strojírenství
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **Ing. Dana Rubínová, Ph.D.**
Akademický rok: 2025/26

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design lůžkového kupé

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cestování vlakem v lůžkových či lehátkových vozech představuje environmentálně udržitelný způsob přepravy. V aktuální podobě však není řadou cestujících vnímáno jako dostatečně bezpečné a komfortní. Trendem ve vlakové dopravě proto bude rozvoj směrem k zatraktivnění nočního cestování zajištěním soukromí a komfortu cestujících při zachování přepravní kapacity.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Cílem je návrh interiéru modulárního lůžkového kupé s ohledem na technické, funkční a estetické požadavky. Lůžkový prostor bude obsahovat jedno, dvě nebo čtyři lůžka.

Dílejší cíle diplomové práce:

- identifikace problematických oblastí aktuální formy nočního cestování,
- návrh atraktivního, funkčního designu kupé,
- vhodné dispoziční řešení interiéru včetně úložných prostor,
- zajištění individuálního komfortu a bezpečnosti cestujících,
- ohled na jednoduchou údržbu a provoz.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<https://www.ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1-58115-312-0.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob a Young Yun KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2025/26

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Současný rozvoj noční železniční dopravy přináší výzvu v podobě transformace interiéru lůžkových vozů v moderní a bezpečný prostor pro cestování napříč Evropou. Tato diplomová práce reaguje na poptávku po vyšší míře soukromí a komfortu, neboť současné vozy většinou neposkytují dostatečné soukromí a nenabízí variantu pro osoby cestující o samotě. Navržený koncept představuje inovativní dispoziční uspořádání kombinující podélné a diagonální řazení plně uzamykatelných kabin. Projekt vznikl na základě pravidelných konzultací se společností Škoda Group pro ověření vyrobiteľnosti a technické správnosti. Do návrhu se tak podařilo integrovat samostatné lůžkové jednotky i kabiny pro dvě osoby respektující technické parametry vozidel. Výsledkem je ucelený designérský návrh s kapacitou 28 lůžek, jehož prioritou je ergonomie, bezpečí a zvýšení standardu nočního cestování. Práce nabízí nový pohled na využití prostoru tak, aby i přes technické limity konstrukce zůstala ústředním prvkem individuální potřeba cestujícího. Může sloužit jako inspirace pro budoucí vývoj v oblasti udržitelné mobility.

KLÍČOVÁ SLOVA

lůžkový vůz, soukromí v dopravě, kabina, design

ABSTRACT

The current development of night rail transport brings a challenge in the form of transforming the interior of sleeper cars into a modern and safe space for travel across Europe. This master's thesis responds to the demand for a higher level of privacy and comfort, as contemporary cars mostly do not provide sufficient privacy and lack options for solo travelers. The proposed concept presents an innovative layout combining longitudinal and diagonal arrangement of fully lockable cabins. The project was developed based on regular consultations with Škoda Group to verify manufacturability and technical correctness. Individual sleeper units as well as cabins for two people, respecting the technical parameters of rolling stock, have thus been successfully integrated into the design. The outcome is a comprehensive design proposal with a capacity of 28 beds, prioritizing ergonomics, security, and elevating the standard of night travel. The thesis offers a new perspective on the use of space so that, despite the technical limitations of the structure, the individual needs of the passenger remain the central element. It can serve as an inspiration for future development in the field of sustainable mobility.

KEYWORDS

sleeper car, privacy in transport, cabin, design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PÁLENÍKOVÁ, Denisa. Design lůžkového kupé. Online, diplomová práce. Dana RUBÍNOVÁ (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2026. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/173835>. [cit. 2026-05-07].

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, paní Ing. Daně Rubínové, Ph.D., za cenné rady a čas, který mi v průběhu zpracování věnovala. Dále děkuji společnosti Škoda Group za umožnění odborných konzultací a poskytnutí technických podkladů, které byly pro vznik této práce klíčové. V neposlední řadě patří velké poděkování mé rodině a blízkým za jejich trpělivost a podporu během celého studia.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením Ing. Dana Rubínová, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů. Jako podpora pro stylistické korektury a gramatické opravy byly využity nástroje generativní umělé inteligence.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
2.1	Rešeršní metody	14
2.2	Rešerše na stav techniky	15
2.2.1	Motivace	15
2.2.2	Designérská analýza	18
2.2.3	Technická analýza	33
2.2.4	Ergonomie	38
2.3	Shrnutí hlavních zjištění	43
2.4	Identifikace novosti a příležitostí	45
3	CÍLE PRÁCE	46
3.1	Vymezení problému	46
3.1.1	Název produktu a jeho klasifikace	46
3.1.2	Specifikace zákazníka	46
3.1.3	Specifikace spotřebitele	47
3.1.4	Specifikace trhu, ceny a použitých výrobních technologií	48
3.1.5	Vymezení problému	49
3.2	Cíle vývoje	51
4	KONCEPČNÍ NÁVRH	52
4.1	Analýza cílů a specifikace omezení	52
4.2	Technická funkční analýza	53
4.3	Návrh alternativních řešení	54
4.3.1	Varianta I	56
4.3.2	Varianta II	57
4.3.3	Varianta III	58
4.4	Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího	60
5	PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH	61
5.1	Určení tvarů, rozměrů a materiálů	61
5.1.1	Tvar	61
5.1.2	Rozměry	63
5.1.3	Materiály a výroba	65

5.2	Odhad výrobních nákladů	66
6	DETAILNÍ NÁVRH	68
6.1	Tvarové řešení	68
6.1.1	Exteriér	68
6.1.2	Interiér kabin	73
6.2	Konstrukční a funkční návrh	83
6.2.1	Rozměrové řešení	84
6.2.2	Materiály a výroba	86
6.2.3	Systém ventilace a cirkulace vzduchu	87
6.2.4	Osvětlení	89
6.2.5	Ovládací panel	90
6.2.6	Systém zabezpečení úložných prostor	91
6.3	Ergonomické řešení, bezpečnost a hygiena	92
6.3.1	Pohyb ve voze	92
6.3.2	Vstupy do kabin a vertikální komunikace	94
6.3.3	Interiér kabin	97
6.3.4	Hygiena	101
6.4	Barevné a grafické řešení	102
6.4.1	Barevné řešení	102
6.4.2	Grafické řešení	106
6.4.3	Logotyp	107
6.5	Udržitelnost produktu	109
6.6	Hodnocení klíčových parametrů	109
7	ZÁVĚR	111
8	VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV	112
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	113
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	117
11	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	118
12	SEZNAM TABULEK	122
13	SEZNAM PŘÍLOH	123
14	PŘÍLOHY	124

1 ÚVOD

Železnice představuje jeden z klíčových pilířů globální mobility a v současnosti prochází zásadní transformací, která definuje nové standardy cestování pro nadcházející desetiletí orientovaná na nízké emise a udržitelnost. S rostoucím tlakem na dekarbonizaci dopravy a efektivní využívání energetických zdrojů se pozornost veřejnosti opět obrací k nočním vlakovým spojům. Ty se stávají důležitou ekologickou alternativou k letecké dopravě na střední a dlouhé vzdálenosti v rámci evropského kontinentu. Aby však železnice dokázala v tržním prostředí plně konkurovat rychlosti letectví, musí poskytnout takovou úroveň komfortu a soukromí, která odpovídá současným uživatelským nárokům a standardům ubytovacích služeb 21. století.

Aktuálnost tohoto tématu je potvrzena měnícími se preferencemi cestujících, kteří stále častěji vyhledávají bezpečná a autonomní řešení. Tradiční uspořádání lůžkových a lehátkových vozů se sdílenými kupé často naráží na bariéry v podobě nedostatku soukromí, což může být pro řadu potenciálních zákazníků, zejména pro samostatně cestující osoby, limitujícím faktorem. Tato práce se proto věnuje návrhu inovativního interiéru lůžkového vozu, který na tyto potřeby přímo reaguje. Cílem je vytvořit prostředí, které cestujícím nabídne nadstandardní pohodlí prostřednictvím konceptu samostatných, plně uzavíratelných lůžkových kabin. Tyto kabiny mají uživateli poskytnout dostatečný prostor pro práci, relaxaci i kvalitní spánek, a to vše při zachování pocitu naprostého bezpečí a osobní svobody.

Motivací pro zpracování tohoto tématu byla snaha o propojení moderního designu s technickými požadavky kladenými na kolejová vozidla. Navrhnout interiér, který je esteticky kultivovaný a zároveň funkční, vyžaduje hluboké porozumění ergonomii a psychologii prostoru. Čtenář této práce získá ucelený pohled na proces vzniku takového interiéru, od úvodních analýz až po finální konstrukční a materiálové řešení. Práce přibližuje, jakým způsobem lze v omezeném prostoru železničního vagonu vytvořit logické a uživatelsky přívětivé uspořádání, které splňuje nejprísnější bezpečnostní a provozní parametry.

Celý projekt byl zpracován ve spolupráci s firmou Škoda Group, což umožnilo konfrontovat designérské vize s reálnými konstrukčními limity a výrobními možnostmi. Hlavní výzvou práce bylo nalezení rovnováhy mezi maximalizací přepravní kapacity vozu a zajištěním vysoké míry individuálního komfortu. Bylo nutné pracovat se striktně vymezeným průjezdným průřezem a integrovat do interiéru nezbytné technologické celky, jako jsou systémy klimatizace, osvětlení nebo elektroinstalace. Teoretická část práce poskytuje čtenáři nezbytný kontext skrze analýzu současného stavu techniky a rešerši existujících světových řešení. Praktickým výstupem je designérský návrh interiéru, který usiluje o zvýšení atraktivity železniční dopravy jako komfortního způsobu cestování napříč Evropou. Práce ve svém celku slouží jako ukázka přístupu k navrhování dopravních prostředků, kde je kladen primární důraz na člověka jako středobod celého technického systému.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Rešeršní metody

Rešeršní část diplomové práce byla koncipována jako systematický proces směřující k vytvoření dostatečně širokého, ale zároveň cíleně zaměřeného informačního základu pro návrh lůžkového kupé v železničním voze. Cílem nebylo pouze shromáždit existující poznatky, ale především identifikovat souvislosti mezi ergonomií, dispozičním řešením, konstrukčními principy a materiálovým řešením.

V úvodní fázi bylo zásadní přesné vymezení rešeršního požadavku, ze kterého následně vycházela volba klíčových slov. Tato slova byla volena v českém i anglickém jazyce, aby bylo možné pracovat i se zahraničními zdroji, které v oblasti moderních trendů dopravy nabízejí širší spektrum informací. K základním termínům byla vyhledána příslušná synonyma a specifické podřazené pojmy, což umožnilo preciznější filtrování výsledků a eliminaci irelevantních dat.

Při samotné práci s informačními zdroji byly aplikovány dvě hlavní vyhledávací strategie:

- *Metoda rostoucí perly:* Tento postup umožnil vyjít z obecného pojmu „Sleeper car in night train“ a postupně jej nabalovat o specifické podkategorie, jako jsou „privacy“, „comfort“ či „future trends“.
- *Metoda stavebních kamenů:* Tato strategie byla využita pro komplexnější dotazy v odborných databázích, kde byla klíčová slova propojována pomocí booleovských operátorů (např. Sleeper car AND ergonomics AND design).

Tyto metody zajistily efektivní propojení technických parametrů s požadavky na uživatelský komfort a ergonomii. Jako hlavní zdroje informací byly zvoleny odborné databáze Google Scholar, ResearchGate a univerzitní vyhledávač Primo.

Při výběru podkladů bylo dbáno na vysokou míru relevance ve vztahu k zadání práce. Proces probíhal ve dvou základních krocích. Nejprve byla provedena hrubá selekce na základě názvů a abstraktů, čímž byly vyřazeny zdroje zabývající se problematikou příliš obecně. Následně proběhla hloubková analýza obsahu, která se zaměřila na konkrétní technologická řešení, materiálové složení a prostorovou optimalizaci lůžkových oddílů.

Mezi vybrané zdroje patří primárně firemní dokumentace a legislativní normy, které tvoří teoretický základ práce, a sekundární zdroje v podobě odborných vědeckých publikací. Tyto podklady byly v průběhu zpracování práce průběžně doplňovány v závislosti na aktuálních potřebách konstrukčního a designérského řešení. Veškeré zdroje byly pro lepší přehlednost kategorizovány podle témat, jako je ergonomie, historie lůžkové dopravy a současné technologické trendy. Tento systematický přístup zajistil, že výsledný designérský návrh vychází z ověřených informací.

Z hlediska definování technických parametrů, požadavků na výrobu a materiálového složení byly zásadním přínosem pravidelné konzultace s odborníky společnosti Škoda Group. Cenné poznatky pro praktickou část práce byly rovněž získány během návštěvy výrobního závodu v Plzni, která umožnila hlubší pochopení technologických postupů a konstrukčních limitů, což bylo klíčové pro finální syntézu získaných poznatků.

2.2 Rešerše na stav techniky

Tato kapitola se zaměřuje na analýzu současných řešení v oblasti dálkové železniční dopravy se specifickým zaměřením na lůžkové vozy. Cílem rešerše je zmapovat aktuální technologické trendy, materiálové standardy a dispoziční řešení interiéru, které reflektují měnící se potřeby moderního cestujícího. Pozornost je věnována nejen existujícím realizacím, ale také vizionářským konceptům, které definují budoucí směřování segmentu nočních vlaků v evropském kontextu.

2.2.1 Motivace

Zvolené téma a následný designérský návrh reflektují dynamický vývoj v oblasti evropské dálkové dopravy. Hlavní motivace pro implementaci individuálních lůžkových kabin lze rozdělit do dvou stěžejních rovin: environmentální aspekty a rostoucí nároky na soukromí a komfort cestujících.

Environmentální aspekty

V posledních letech je patrná systémová snaha o obnovu sítě nočních vlakových spojů, které jsou vnímány jako ekologicky šetrnější alternativa k vnitrostátní a krátké mezinárodní letecké dopravě. Tento trend je podpořen legislativními a strategickými kroky na úrovni Evropské unie, které reagují na naléhavou poptávku po vytvoření jednotné evropské strategie pro noční vlaky. Železniční doprava vykazuje v porovnání s letectvím výrazně nižší emise skleníkových plynů na osobokilometr (viz Obr. 2-1), což ji staví do pozice klíčového nástroje pro dosažení globálních cílů dekarbonizace a udržitelné mobility. [1]

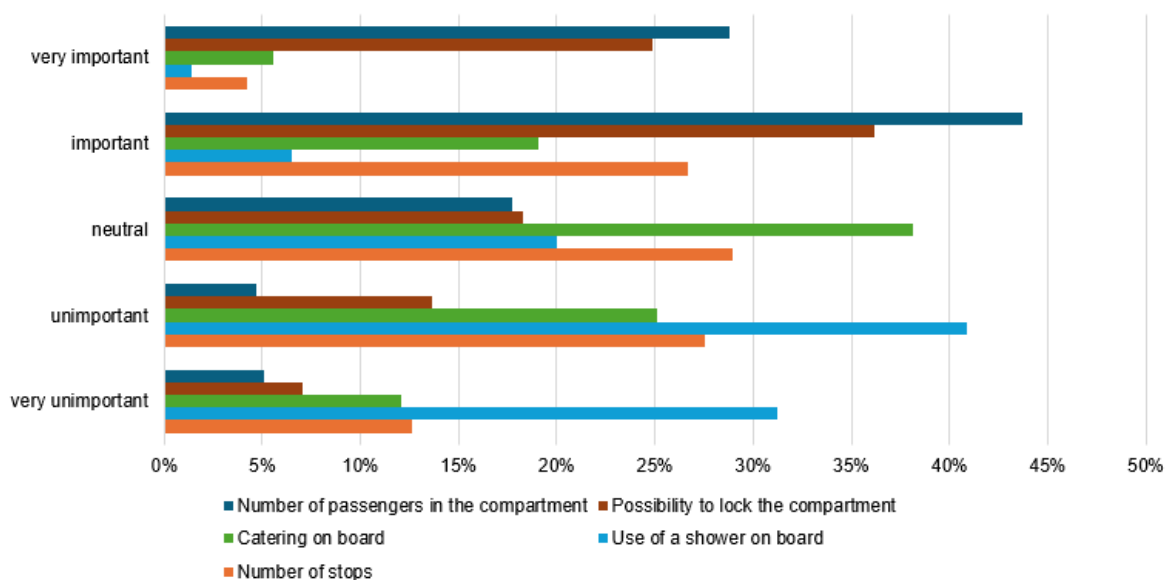
Date	Source	Data presented
2009	The Guardian	Examples of direct emissions in CO₂ per passenger-kilometre: • 74g from diesel trains on the West Coast Main Line • 60g from The Caledonian Sleeper • 27g from electrified trains on the West Coast Main Line • 24g from Eurostar London to Brussels • 11g from Eurostar London to Paris
2009	New Scientist	Studies of "full life cycle" emissions in the USA taking into account infrastructure and vehicles' embedded emissions and total use over their lifetimes. Uplifts on direct emissions to allow for embedded emissions: • 50% for rail • 30% for car • 10-20% for air Emissions vary 8-fold with variations in occupancy or load factor.
Undated	UIC and DB	Average emissions of CO₂ per passenger-kilometre: • 190-215g for aircraft • 15-45g for rail Between Valence and Marseilles, full life cycle emissions of air are 15 times those of high-speed rail (although in practice we have found no evidence of flights between Valence to Marseilles). On specific routes between cities: • 39.3g (day trains) and 46.9g (night trains), Berlin to Munich • 5.1g (day trains) and 6.1g (night trains), Paris to Toulouse Overall emissions per passenger-kilometre from night trains are estimated to be 20% worse than day trains, possibly because of the lower number of passengers per metre of vehicle.
Undated	Trenitalia	Average emissions of CO₂ per passenger-kilometre: • 180g for air transport • 85g for "road transport", understood to be car • 30g for night trains • 24g for day trains on the same route
2016	Trafikverket	600g of CO₂ per vehicle-kilometre by a bus on rural roads. 180g of CO₂ per vehicle-kilometre by a car on rural roads. Estimates of emissions of hydrocarbons, NO_x and particulates were also included.

Obr. 2-1 Srovnání emisí nočních vlaků a jiných druhů dopravy v odborné literatuře [1]

Aby však noční vlaky mohly efektivně konkurovat časové úspoře letecké dopravy, musí nabídnout takovou úroveň služeb, která minimalizuje subjektivně vnímané nevýhody spojené s dlouhou dobou cesty. Překážkou pro širší adopci železnice na dálkových trasách je často nedostatečný komfort ve stávajících vozech, které neodpovídají moderním standardům. Inovativní přístup k řešení interiéru je proto nezbytným předpokladem pro to, aby se železnice stala preferovanou a konkurenceschopnou volbou pro širokou veřejnost. Z pohledu designu je nutné hledat řešení, která maximálně využijí obestavěný prostor vozu a zároveň poskytnou cestujícímu pocit přidané hodnoty oproti jiným druhům dopravy.

Nároky na soukromí a fenomén sólo cestování

Druhou zásadní rovinou motivace je změna v uživatelských preferencích, kde se do popředí dostává požadavek na maximální míru soukromí a izolaci od okolních vlivů. Výzkum v rámci diplomové práce Patricka Netzlaffa, zaměřený na potenciál nočních vlaků, potvrzuje, že pocit soukromí a možnost uzavření se do vlastního prostoru jsou pro cestující rozhodujícími faktory při volbě dopravního prostředku. Právě počet spolucestujících v oddíle byl identifikován jako nejdůležitější aspekt pro příjemnou cestu (viz Obr. 2-2), přičemž sdílení prostoru s cizími osobami by mohlo mnohé respondenty od využití nočního spoje zcela odradit. Tradiční uspořádání sdílených kupé tak představuje bariéru, která způsobuje psychické nepohodlí a pocit narušení osobní zóny během spánku. Možnost zevnitř uzamykatelného prostoru je po omezeném počtu spolucestujících druhým nejvýznamnějším prvkem komfortu; tento bezpečnostní prvek eliminuje stres spojený s ochranou osobních věcí a přímo tak zvyšuje subjektivní vnímání kvality cesty. [2]



Obr. 2-2 Faktory ovlivňující pohodlí a spokojenost při cestování nočními vlaky [3]

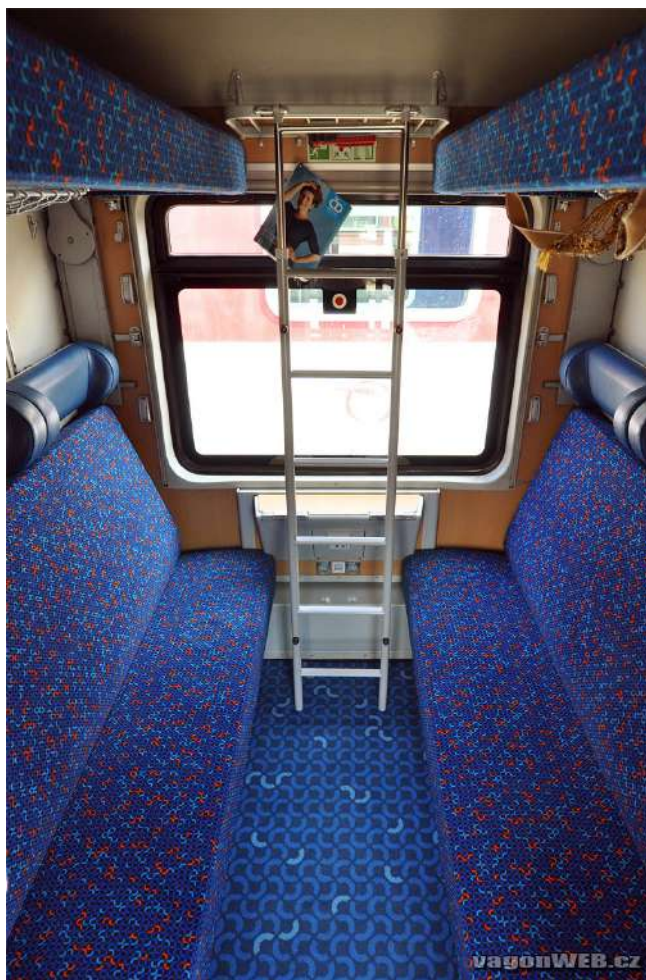
Tento nárok je dále umocněn rostoucím společenským trendem cestování o samotě (tzv. solo travel). Studie zaměřené na motivace těchto cestujících ukazují, že tato skupina vyžaduje vysokou míru autonomie a eliminaci sociálního tlaku spojeného s nevhodným sdílením prostoru. Z hlediska genderové perspektivy je tento důraz na soukromí a izolaci prostoru kritičtější zejména u žen. Výzkumy naznačují, že u ženské části populace je vnímání rizik spojených s bezpečností v hromadné dopravě intenzivnější, což přímo ovlivňuje jejich cestovní rozhodování. Absence plně odděleného prostoru může vést k pocitům zranitelnosti a zvýšené ostražitosti, které jsou v přímém rozporu s potřebou kvalitního odpočinku během noční přepravy. Koncept plně uzavíratelných buněk je tedy přímou reakcí na tyto hlubší psychologické a sociální potřeby, které jsou v současné vědecké literatuře jasně identifikovány jako klíčové pro budoucí úspěch noční železniční dopravy. [4; 5]

2.2.2 Designérská analýza

Následující podkapitola se věnuje podrobnému rozboru stávajících i koncepčních řešení lůžkových vozů, která pracují s principem samostatných kabin. Analýza se zaměřuje především na dispoziční uspořádání, efektivitu využití omezeného prostoru vozu a aplikaci prvků zvyšujících uživatelský komfort. Získané poznatky slouží jako základní stavební kámen pro stanovení vlastní designérské strategie a následnou formulaci koncepčního návrhu.

ČD – lehátkový vůz

Prvním zásadním bodem pro pochopení evoluce noční dopravy je analýza klasického lehátkového vozu, který je dodnes standardní součástí flotily Českých drah. Tento typ vozu představuje tradiční koncept hromadného ubytování na kolejích, který je založen na oddílovém uspořádání, kde jedno kupé sdílí čtyři až šest cestujících. Z designérského hlediska se jedná o řešení, které v době svého vzniku maximálně efektivně využívalo dostupnou plochu vozu pro přepravu velkého počtu osob, což dodnes zůstává jeho hlavní funkční výhodou. Tato koncepce je vhodná pro specifické cílové skupiny, jako jsou rodiny s dětmi nebo uzavřené skupiny přátel, kterým umožňuje cestovat v jednom uceleném prostoru. Pro rodinu poskytuje kupé bezpečné zázemí, kde mohou rodiče snadněji dohlížet na děti i společná zavazadla, a zároveň mohou využívat flexibilitu prostoru, který dovoluje snadnou změnu z denního sezení (viz Obr. 2-3) na noční úpravu pro spaní (viz Obr. 2-4). [6]



Obr. 2-3 ČD lehátkové kupé – Konfigurace oddílu pro denní cestování [7]



Obr. 2-4 ČD lehátkové kupé – Konfigurace oddílu pro noční cestování [7]

Navzdory těmto benefitům však klasický lehátkový vůz naráží na řadu nevýhod, které v kontextu současných nároků na cestování působí jako přežitek a stávají se hlavní bariérou pro širší využití nočních vlaků. Nejpalčivějším problémem je téměř úplná absence soukromí v situaci, kdy kupé sdílí cizí osoby. Cestující je nucen strávit noc v bezprostřední blízkosti neznámých lidí, což u mnoha jedinců vyvolává pocit diskomfortu a psychické nejistoty. Tento sociální tlak je umocněn ergonomickými nedostatky, jako je nutnost používat společný žebřík k výstupu na horní lůžka, což nevyhnutelně ruší spolucestující na spodních pozicích. Akustické a světelné podmínky jsou v otevřeném oddílu prakticky neovlivnitelné, takže stačí jeden cestující s odlišným biorytmem, používající telefon nebo trpící chrápáním, aby byla kvalita spánku ostatních zásadně znehodnocena. Také bezpečnost osobních věcí je v tomto uspořádání problematická, neboť cennosti jsou během spánku volně přístupné ostatním v kupé. Právě tyto faktory poukazují na zastaralost kolektivního pojetí noclehu a zdůrazňují nezbytnost přechodu k individuálním kabinám nebo kapslím, které tyto konfliktní situace eliminují a nabízejí cestujícímu plnou kontrolu nad jeho bezprostředním okolím. [6]

Technické specifikace a parametry podle zdroje [6]:

- **Kapacita vozu:** 40-60 míst (v závislosti na čtyřlůžkové nebo šestilůžkové kupé),
- **Rozměry lůžka:** 1740 x 660 mm,
- **Zabezpečení soukromí:** Kupé lze zevnitř uzamknout na zámek, klikku a bezpečnostní řetízek,
- **Úložný prostor:** Hlavní úložný prostor se nachází pod spodními sedadly a v horním prostoru nad uličkou,
- **Vybavení kabiny:** Zásuvky na 230 V, výklopné stolky, věšáky, odkládací sít'ky.

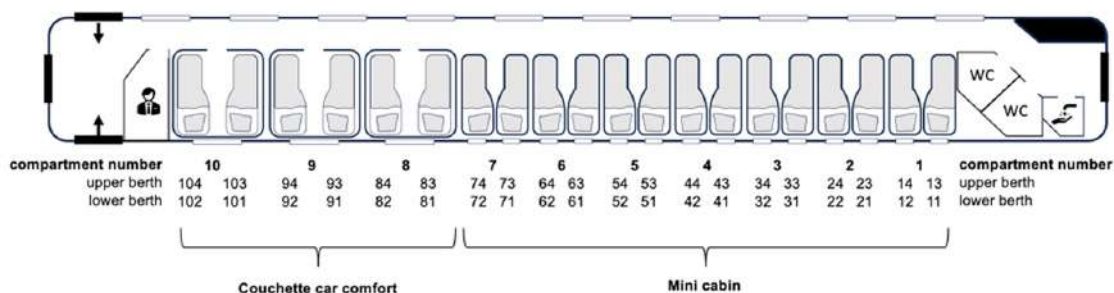
ÖBB Nightjet – Mini Cabins

Jako první zástupce lůžkového vozu s kabinami pro jednotlivce je zvolen koncept „Mini Cabin“ (viz Obr. 2-5) rakouského dopravce ÖBB, který byl vyvinut ve spolupráci se studiem PriestmanGoode. Tento systém představuje zásadní inovaci v segmentu lůžkových vozů a je implementován do nové generace souprav Nightjet. Dispoziční řešení těchto kabin vychází z tradičního uspořádání lůžkových oddílů pro čtyři osoby, kdy jsou lůžka orientována kolmo ke stěně vozu. Tato koncepce těží z psychologického aspektu známého prostředí; pro cestujícího nepředstavuje přechod na individuální buňku radikální prostorovou změnu, neboť využívá formát, který je v železničním dopravě standardem, avšak s výraznou přidanou hodnotou v podobě absolutního soukromí. Každý segment obsahuje čtyři samostatné kabiny, dvě dolní a dvě horní, které jsou od uličky a od sebe navzájem odděleny pevnou stěnou a posuvnými panely. [8]



Obr. 2-5 Vizualizace návrhu Mini Cabins [8]

Při podrobnější analýze však toto uspořádání naráží na několik limitů. Vzhledem k orientaci kolmo na směr jízdy (viz Obr. 2-6) a nutnosti zachovat dostatečnou šířku průchozí uličky je délka lůžka limitována na 1900 mm. V porovnání se standardním rozměrem postele se jedná o ergonomický kompromis, který doplňuje i poměrně subtilní šířka lůžka pouhých 635 mm. Tyto rozměry jsou pro osoby vyšší postavy omezující, nicméně v rámci lůžkových vozů jde o běžný ústupek vynucený limitovaným průjezdným průřezem vozu a požadavky na vysokou kapacitu. Další komplikaci představuje logistika odbavení, zatímco v klasickém kupé probíhá ukládání zavazadel a usazování cestujících uvnitř uzavřeného oddílu, u Mini Cabins dochází k těmto úkonům přímo v prostoru uličky. Minimální manipulační prostor mezi čtyřmi jednotkami může při současném odbavování více osob vést k dočasnému zablokování průchodnosti celého vozu. [9]



Obr. 2-6 Schéma dispozice lůžkového vozu s Mini Cabins [10]

Z hlediska interakce mezi cestujícími je zajímavým prvkem integrovaná zástěna (viz Obr. 2-7) v úrovni hlavy, kterou lze otevřít a propojit tak sousední kabiny. Toto řešení je vhodné zejména pro páry, přičemž bezpečnost je zajištěna nutností odemčení zástěny z obou stran současně. Nevýhodou tohoto prvku je však nedostatečná akustická izolace, která může způsobovat vzájemné rušení během spánku i v momentě, kdy je zástěna uzavřena. [10]



Obr. 2-7 Mini Cabins – Zástěna [9]

Problematické se jeví také vertikální uspořádání vstupů, které jsou umístěny přímo nad sebou. Toto řešení zvyšuje riziko nehod, kdy cestující z horní kabiny může při neopatrném vystupování nechtěně zasáhnout osobu v dolní buňce. Pocit stísněnosti se autoři snažili eliminovat využitím světlých materiálů (viz Obr. 2-8), přičemž uživatelský komfort zvyšuje integrace technologií, jako jsou NFC zámky, bezdrátové nabíjení či multifunkční ovládací panely. [10]



Obr. 2-8 Mini Cabins – Horní kabiny [9]

Technické specifikace a parametry ze zdrojů [8; 9; 10]:

- **Kapacita vozu:** 28 samostatných kabin Mini Cabin + 3 klasická kupé pro 4 osoby,
- **Rozměry kabiny (DxŠxV):** (1900 x 635 x 900) mm,
- **Zabezpečení soukromí:** Plně uzavíratelné kabiny,
- **Úložný prostor:** Uzamykatelné skříňky na příruční zavazadla (max. 400 x 550 x 230 mm) a obuv (max. 180 x 570 x 150 mm) umístěné vedle každé kabiny
- **Vybavení kabiny:** Sklopný stolek se zrcadlem, čtecí lampička, bezdrátové nabíjení, zásuvky, věšáky, odkládací kapsa, ovládací display.

Lab2050 – Koncept Yolochka

Dalším analyzovaným subjektem je „Yolochka“ (viz Obr. 2-9), vizionářský koncept kapslového vozu vyvinutý designérským studiem Lab2050 ve spolupráci se strojírenským holdingem TMH. Tento návrh představuje unikátní pojetí vnitřní architektury vozu, které se zásadně odklání od tradičních schémat dálkové železniční dopravy a snaží se o maximální prostorovou efektivitu v rámci standardního rozměru vozové skříně. [11]



Obr. 2-9 Yolochka – Boční pohled [11]

Základním inovativním prvkem je diagonální uspořádání lůžek (viz Obr.2-10) pod úhlem vůči podélné ose vozu. Toto dispoziční řešení umožňuje efektivněji využít šířku vozu a nabízí cestujícím delší lůžko, než jaké umožňují kolmo orientované kabiny. I přes tuto prostorovou optimalizaci se však nejedná o plně uzavíratelný modul v pravém slova smyslu. K vymezení soukromého prostoru zde slouží pouze textilní závěs, což s sebou nese výrazné limity v podobě prakticky nulové akustické izolace a nedostatečného odstínění světelného smogu z uličky vozu. [12]



Obr. 2-10 Yolochka – Půdorys [11]

Podobně jako u dříve analyzovaného konceptu Mini Cabins, i v tomto případě jsou vstupní otvory do horního a spodního lůžka situovány přímo nad sebou. Toto vertikální uspořádání představuje potenciální ergonomickou a bezpečnostní kolizi, kdy při současném pohybu obou cestujících v prostoru vstupů může dojít k nechtěnému fyzickému kontaktu.

Významným bodem analýzy je řešení úložných prostor, které vykazuje určitou nerovnováhu mezi horním a spodním lůžkem. Hlavní prostor pro objemná zavazadla obou pasažérů se nachází výhradně pod spodním lůžkem. Pro cestujícího na horní pozici to představuje bezpečnostní riziko, neboť v době spánku nemá své cennosti pod přímým dohledem ani fyzicky uzamčené, což je v kontrastu s moderními požadavky na bezpečnost majetku v hromadné dopravě. Horní lůžko je vybaveno pouze menšími odkládacími plochami a poličkou (viz Obr. 2-11), což omezuje uživatelský komfort při manipulaci s osobními předměty. [13]



Obr. 2-11 Yolochka – Horní kabina [11]

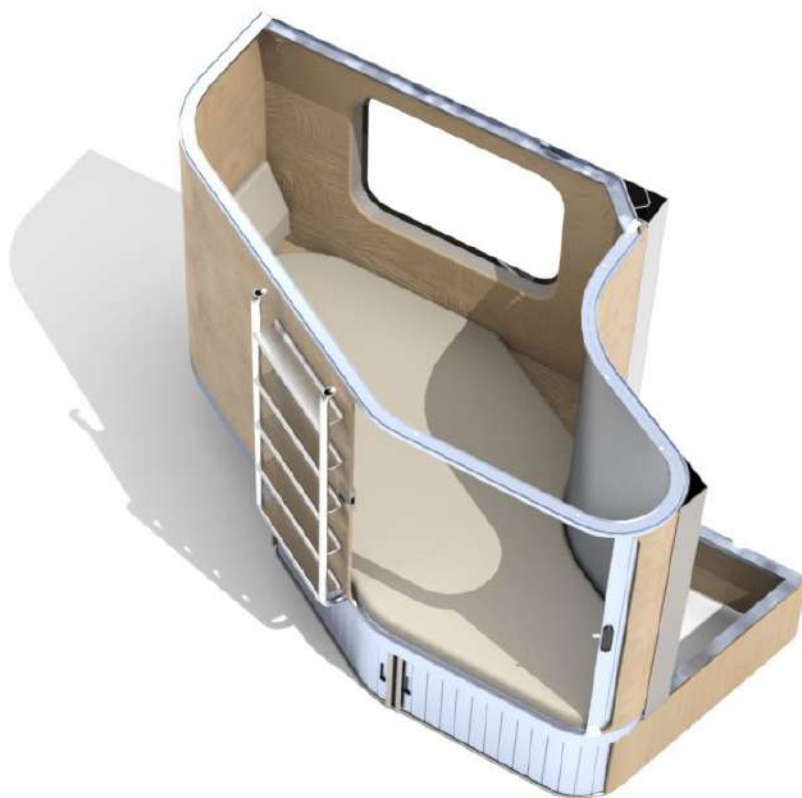
Interiér od studia Lab2050 je doplněn řadou funkčních prvků, které mají zvýšit autonomii cestujícího v rámci jeho vymezené zóny. Každé lůžko disponuje individuálním osvětlením, USB porty pro dobíjení elektroniky a integrovaným stolem. Estetické pojetí využívá moderní materiály a ergonomické tvarování, které se snaží o maximální funkčnost v minimálním objemu. Přestože je Yolochka v současnosti ve fázi prototypu a nebyla plně implementována do běžného provozu, její diagonální uspořádání nabízí cennou inspiraci pro řešení konfliktu mezi délkou lůžka a šířkou uličky. [11; 12]

Technické specifikace a parametry ze zdrojů [11; 12; 13]:

- **Kapacita vozu:** až 56 lůžek ve voze (v závislosti na konkrétní modifikaci skříně),
- **Zabezpečení soukromí:** Textilní závěs,
- **Úložné prostory:** Pod spodním lůžkem, malé police u horního lůžka,
- **Vybavení kabiny:** Integrované odkládací plochy, USB zásuvky, individuální osvětlení.

Škoda Group – Koncept Sleep in Motion

Třetím analyzovaným subjektem je „Sleep in Motion“ (viz Obr. 2-12), inovativní koncept z dílny společnosti Škoda Group. Tento návrh se zaměřuje na efektivní využití obestavěného prostoru v lůžkových vozech při zachování maximálního soukromí a nadstandardního ergonomického standardu pro všechny cestující. [14]



Obr. 2-12 Sleep in Motion – Spodní kabina [14]

Základním rysem tohoto konceptu je diagonální rozmístění lůžek, přičemž design pracuje s kabinami umístěnými po obou stranách vozu a uličkou situovanou v jeho středové ose (viz Obr. 2-13). Toto řešení však s sebou nese daň v podobě velmi úzké uličky, kde limitovaný komunikační prostor vozu může představovat komplikaci při míjení osob nebo manipulaci s rozměrnějšími zavazadly. Dalším limitem je poměrně omezený úložný prostor situovaný primárně pod spodní kabinou, což otevírá otázku rovnoměrného rozložení kapacity pro zavazadla. [14]



Obr. 2-13 Sleep in Motion – pohled z uličky [14]

Na rozdíl od předchozích analyzovaných řešení přichází Sleep in Motion se zásadním vylepšením v podobě asymetrického uspořádání vstupů (viz Obr. 2-14). Vstupy do horní a spodní kabiny nejsou situovány přímo nad sebou, což výrazně zvyšuje bezpečnost i komfort při nástupu a výstupu a eliminuje riziko nechtěného kontaktu mezi cestujícími. Zásadní konkurenční výhodou tohoto řešení jsou velkorysé rozměry samotného lůžka, které plně odpovídají standardům klasické postele. Matrace dosahuje délky 2000 mm a šířky až 850 mm, což v kombinaci s výškou kabiny 900 mm zajišťuje vysokou míru komfortu i pro osoby vyšší postavy a umožňuje pohodlné sezení uvnitř buňky. Kabiny jsou navrženy jako plně uzavíratelné jednotky, což odpovídá aktuálním požadavkům na soukromí a akustickou izolaci. [14]



Obr. 2-14 Sleep in Motion – Pracovní model [14]

Interiér kabiny působí díky promyšlenému designu a integraci funkčních prvků prostornějším dojmem, než odpovídá jeho reálným rozměrům. Součástí výbavy jsou moderní prvky jako individuálně regulovatelné osvětlení, zásuvky pro dobíjení elektroniky a úložné systémy pro drobné osobní předměty. Škoda Group tímto konceptem ukazuje cestu, jak zvýšit kapacitu nočních vlaků bez nutnosti slevovat z požadavku na vlastní izolovaný prostor. [14]

Technické specifikace a parametry ze zdroje [14]:

- **Rozměry kabiny (D x Š x V):** (2000 x 850 x 900) mm,
- **Zabezpečení soukromí:** Plně uzavíratelné, pevné kabiny,
- **Úložné prostory:** Pod spodním lůžkem,
- **Vybavení kabiny:** Ovládací panel, individuální osvětlení, dobíjecí stanice, integrovaná odkládací plocha.

Tangerine – Koncept Double Decker Sleeper EMU (CRRC Changchun)

Čtvrtým analyzovaným subjektem je koncept vysokorychlostního lůžkového vlaku od čínského výrobce CRRC Changchun, vyvinutý ve spolupráci se studiem Tangerine (viz Obr. 2-15). Tento návrh se snaží o radikální navýšení kapacity při zachování individuálního prostoru pro každého cestujícího. Dispoziční řešení využívá podélné uspořádání lůžek podél obou stěn vozu s uličkou situovanou v jeho středové ose (viz Obr. 2-16), což však při procesu odbavování a ukládání zavazadel vede k časté blokaci průchodnosti hlavní komunikační tepny. Unikátním rysem tohoto konceptu je střídavé odsazení lůžek, kdy se pozice přímo u stěny vozu střídá s lůžkem posunutým blíže k uličce. Toto „zubovité“ uspořádání umožňuje, aby kabiny mírně zasahovaly do půdorysu sousední jednotky, čímž pro jednu kabinu vzniká dodatečný prostor pro nohy, zatímco v sousední buňce je tento objem využit jako vyvýšená odkládací plocha. [15]



Obr. 2-15 Double Decker Sleeper EMU [15]



Obr. 2-16 Double Decker Sleeper – pohled z uličky [15]

Ačkoliv se jedná o koncept definující individuální prostory, z hlediska soukromí a izolace vykazuje návrh určité limity. Oddělení od uličky je řešeno pouze textilním závěsem a pevné přepážky mezi kabinami jsou průsvitné. Tento designový prvek sice efektivně odbourává pocit stísněnosti v malém objemu a opticky rozšiřuje interiér, zároveň však neposkytuje dostatečnou světelnou izolaci, což je pro kvalitu spánku v nočních spojích kritické. Z dostupných vizualizací je patrné, že hlavní úložný prostor pro objemná zavazadla je situován pravděpodobně pouze pod spodními lůžky, což opět znevýhodňuje cestující na horní úrovni, kteří jsou odkázáni na menší odkládací plochy integrované do konstrukce kabiny. [15]

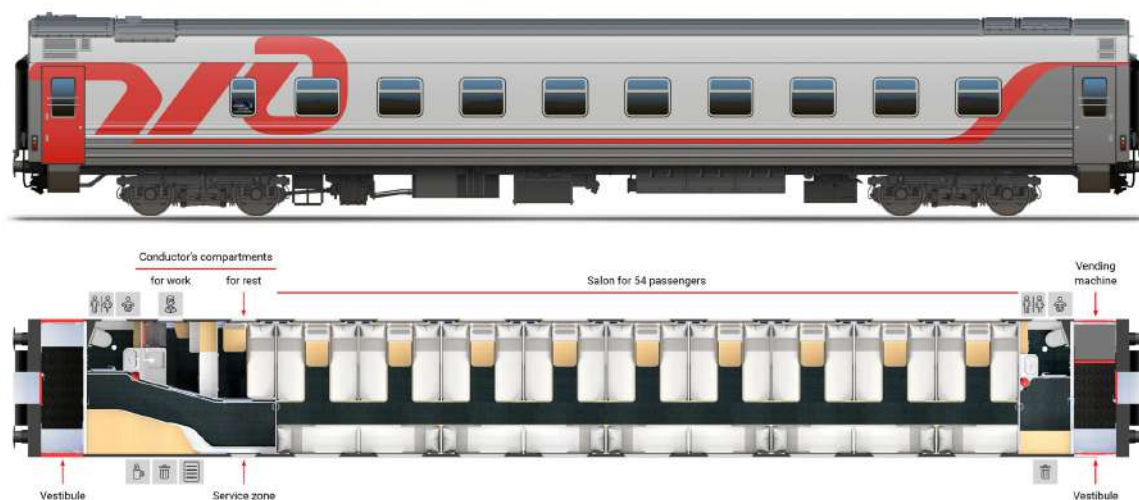
Interiér je doplněn o moderní funkční prvky, jako jsou digitální informační panely u vstupu do každé buňky, integrované čtecí lampičky a odkládací plochy. Koncept CRRC Changchun představuje zajímavý směr v maximalizaci kapacity pomocí vertikálního i horizontálního členění prostoru, avšak z pohledu reálného uživatelského komfortu naráží na kompromisy v oblasti akustického odstínění a logistiky pohybu ve voze. [15]

Technické specifikace a parametry ze zdroje [15]:

- **Zabezpečení soukromí:** Textilní závěs a částečně průsvitné pevné přepážky,
- **Úložné prostory:** Hlavní prostor pod spodním lůžkem, integrované police v konstrukci,
- **Vybavení kabiny:** Digitální panely, čtecí osvětlení, odkládací plochy.

Ippiart studio – Second-Class Night Train (Russian Railways)

Posledním analyzovaným zástupcem je projekt modernizace vozů druhé třídy pro Ruské železnice, navržený studií Ippiart. Tento koncept je unikátní svou hybridní dispozicí, která v rámci jednoho otevřeného vozu kombinuje dva odlišné typy ubytování (viz Obr. 2-17). Na jedné straně uličky jsou lůžka uspořádána v klasických oddílech pro čtyři osoby, zatímco na protilehlé straně jsou situována samostatná lůžka pro jednotlivce, orientovaná podél stěny vozu. Toto uspořádání reaguje na potřebu zachovat vysokou kapacitu vozu a zároveň nabídnout alternativu cestujícím, kteří preferují soukromí před sdíleným prostorem kupé. [16]



Obr. 2-17 Second-class Night Train – schéma dispozice lůžkového vozu [16]

Z hlediska uživatelského komfortu je však nutné podotknout, že vymezení osobního prostoru je řešeno pouze pomocí textilních závěsů. Toto řešení poskytuje jen minimální míru soukromí, neboť nedokáže efektivně eliminovat hluk ani světlo v otevřeném voze. Výrazným funkčním prvkem návrhu je modularita spodních lůžek (viz Obr. 2-18), která jsou během dne koncipována jako dvě protilehlá sedadla se stolem. Praktické využití této denní úpravy je však silně limitováno sociální dynamikou mezi cestujícími. Možnost transformace lůžka na sedadla je plně v kompetenci pasažéra s místenkou na spodní lůžko, což v praxi dává smysl především v případech, kdy se cestující na horní a spodní pozici znají. Pokud jsou si osoby cizí, dochází často k ergonomickým i společenským kolizím ohledně sdílení prostoru pro sezení a odpočinek. [16]



Obr. 2-18 Second-class Night Train – lůžka pro jednotlivce [16]

Návrh studia Ippiart se zaměřuje na modernizaci tradičního lůžkového vozu prostřednictvím integrace funkčních detailů, jako jsou USB porty, zásuvky a individuální osvětlení u každého místa. Horní lůžka jsou doplněna o rozměrné zavazadlové police v nejvyšší části vozu, které sice poskytují dodatečný úložný prostor, ale zároveň výrazně omezují výšku nad lůžkem a znemožňují tak cestujícímu pohodlný sed (viz Obr. 2-19). Pro pasažéry na spodních pozicích je úložný prostor řešen jako volný výklenek přímo pod sedadly, určený pro snadné zasunutí zavazadel bez nutnosti manipulace s konstrukcí lůžka. Celkově projekt představuje evoluci klasického velkoprostorového konceptu, který se snaží balancovat mezi zachováním maximální kapacity vozu a nároky na moderní design interiéru. [16]



Obr. 2-19 Second-class Night Train – Vertikální prostor horního lůžka v poměru k osobě v sedě [16]

Technické specifikace a parametry ze zdroje [16]:

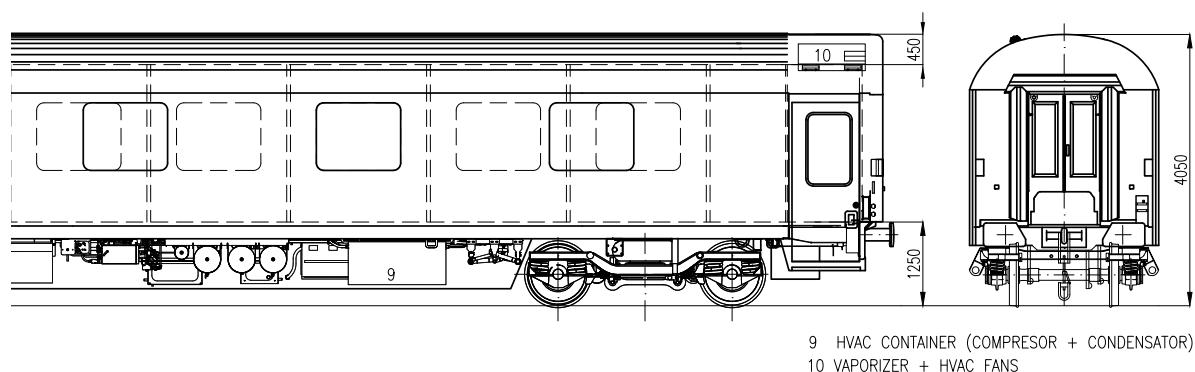
- **Kapacita vozu:** 54 lůžek pro pasažéry,
- **Zabezpečení soukromí:** Textilní závěsy,
- **Úložné prostory:** Pod spodními lůžky, horní zavazadlové police,
- **Vybavení:** USB porty, zásuvky 230 V, individuální osvětlení, sklopné stolky.

2.2.3 Technická analýza

Návrh interiéru železničního vozu pro noční dopravu představuje specifickou oblast průmyslového designu, která je úzce spjata s řadou technických limitů. Na rozdíl od statické architektury budov je interiér vlaku uzavřeným systémem, který musí bezpečně fungovat v dynamickém prostředí při rychlostech přesahujících 200 km/h, odolávat neustálým vibracím a splňovat přísné mezinárodní bezpečnostní standardy. Každý prvek interiéru musí být navržen s ohledem na omezený prostor vozu, nízkou hmotnost a maximální požární odolnost.

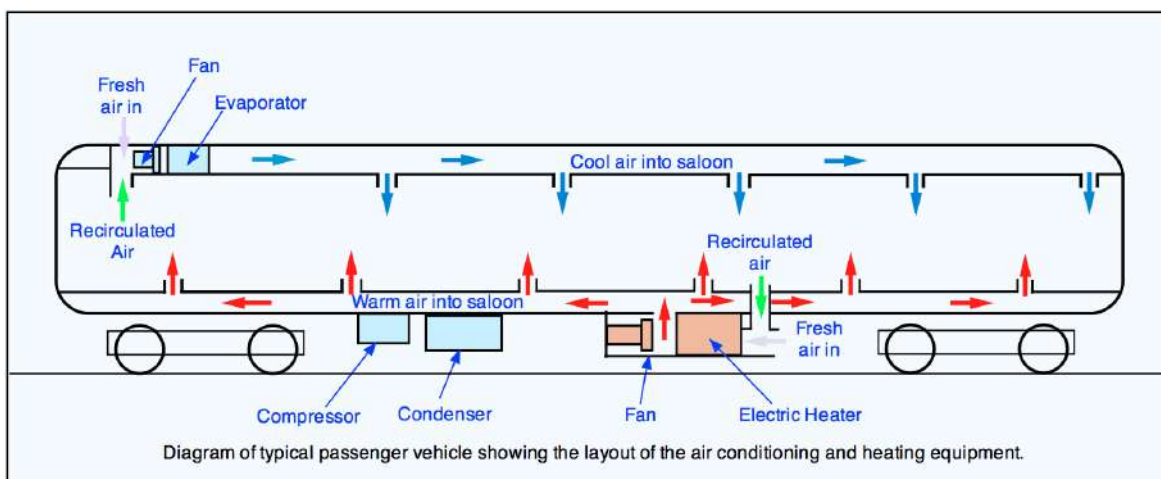
Systémy HVAC

V rámci technické analýzy interiéru lůžkového vozu hraje klíčovou roli systém HVAC, který zajišťuje tepelný komfort a kvalitu ovzduší. Podle výkresové dokumentace společnosti Škoda Group (viz Obr. 2-20) je tento systém koncipován jako dělená jednotka, což umožňuje efektivní distribuci komponent v omezeném prostoru vozu. Pro integraci rozvodů a funkčních prvků v horní části vozu je v návrhu uvažováno se snížením stropu o 450 mm od nejvyššího bodu vozu. Tento prostor, vymezený spodní hranou interiérového podhledu, slouží k umístění sestavy výparníku a ventilátorů (pozice 10), zatímco hlavní kondenzační jednotka s kompresorem (pozice 9) je situována v podvozkové části vozu. [17]



Obr. 2-20 Výkresová dokumentace nočního vozu – umístění HVAC systému [17]

Funkce systému v lůžkových vozech podléhá přísným nárokům na nucenou cirkulaci (viz Obr. 2-21), kdy je upravený vzduch veden vertikálními kanály ze spodní jednotky do stropního prostoru. Zde dochází k jeho rozvodu skrze soustavu izolovaných potrubí a plenum boxů. Vzhledem k vysoké hustotě obsazení lůžkových oddílů a využití pevného zasklení oken musí být systém navržen jako nízkorychlostní. Tento přístup, definovaný normou EN 13129, je nezbytný pro zajištění dostatečné výměny vzduchu bez vzniku průvanu a s minimální hlučností, která nesmí narušovat spánek cestujících. Vyhrazený prostor 450 mm pod střechou poskytuje kritickou rezervu nejen pro vzduchotechnické potrubí, ale i pro nezbytnou akustickou a tepelnou izolaci, která eliminuje přenos strukturálního hluku a vibrací z mechanických částí klimatizace do obytné zóny. Kontinuální obnova mikroklimatu je následně zajištěna řízeným přetlakem, kdy znehodnocený vzduch odchází skrze uličku nebo dedikované odtahové mřížky. [18]



Obr. 2-21 Schéma typického uspořádání klimatizačního systému v osobním voze [19]

Elektroinstalace, osvětlení a akustické systémy

Elektroinstalace interiéru lůžkového vozu (viz Obr. 2-22) představuje komplexní systém zajišťující napájení, distribuci elektrické energie i přenos signálů mezi jednotlivými zařízeními. V prostředí kolejového vozidla musí být navržena s ohledem na dynamické zatížení, vibrace, teplotní výkyvy a omezený instalační prostor. Zásadní roli zde hraje norma EN 50343, která stanovuje pravidla pro instalaci kabeláže na drážních vozidlech, zejména způsob vedení, upevnění, značení a ochrany vodičů mezi elektrickými zařízeními. Norma definuje požadavky na mechanickou ochranu kabelů, jejich odolnost vůči vibracím a správné propojení jednotlivých systémů tak, aby byla zajištěna provozní bezpečnost a dlouhodobá spolehlivost. [20]



Obr. 2-22 Elektroinstalace kolejového vozu [21]

V kontextu návrhu lůžkového vozu je elektroinstalace integrována zejména do podhledových a stěnových konstrukcí, případně do instalační dutiny pod stropem, která je primárně určena pro rozvody HVAC. Oddělení silových a slaboproudých vedení, přehledné trasování kabelů a přístupnost servisních míst jsou klíčové nejen z hlediska bezpečnosti, ale také z pohledu údržby během životního cyklu vozidla. Veškeré komponenty musí být kompatibilní s napájecím systémem vozidla a splňovat požadavky na požární bezpečnost dle evropských předpisů pro kolejová vozidla. [20; 22]

Osvětlení interiéru lůžkového vozu plní nejen funkci vizuální orientace, ale zásadně ovlivňuje komfort cestujících během nočního provozu. Návrh musí umožňovat kombinaci centrálního, orientačního a individuálně ovládaného osvětlení v jednotlivých kabinách. Požadavky na světelné systémy kolejových vozidel upravuje norma EN 13272-1, která stanovuje funkční a výkonové parametry elektrického osvětlení v interiéru vlaků, včetně požadavků na provoz při běžném i nouzovém režimu. [22]

Zvláštní důraz je kladen na nouzové osvětlení (viz Obr. 2-23), které musí zůstat funkční i při výpadku hlavního napájení. Tento systém je zpravidla napojen na záložní zdroj energie a aktivuje se automaticky při poruše hlavního okruhu. Účelem je zajistit dostatečnou viditelnost únikových cest, dveřních prostorů a komunikačních zón tak, aby byla umožněna bezpečná evakuace cestujících. Tyto požadavky vycházejí jak z normy EN 13272-1, tak z technických specifikací interoperability pro bezpečnost v železničních tunelech (TSI SRT), které stanovují minimální podmínky pro evakuaci a nouzové situace. [22; 23]



Obr. 2-23 Nouzové osvětlení osobního vlakového vozu [24]

V prostředí lůžkového vozu je současně nezbytné pracovat s víceúrovňovým světelným scénářem, který zahrnuje tlumené orientační osvětlení u podlahy, individuální čtecí lampy i plné osvětlení kabiny. Světelné zdroje musí být navrženy s ohledem na minimalizaci oslnění, nízkou hlučnost napájecích prvků a energetickou efektivitu, přičemž jejich elektrické zapojení a integrace do vozidla podléhá požadavkům na instalaci dle EN 50343. [20; 22]

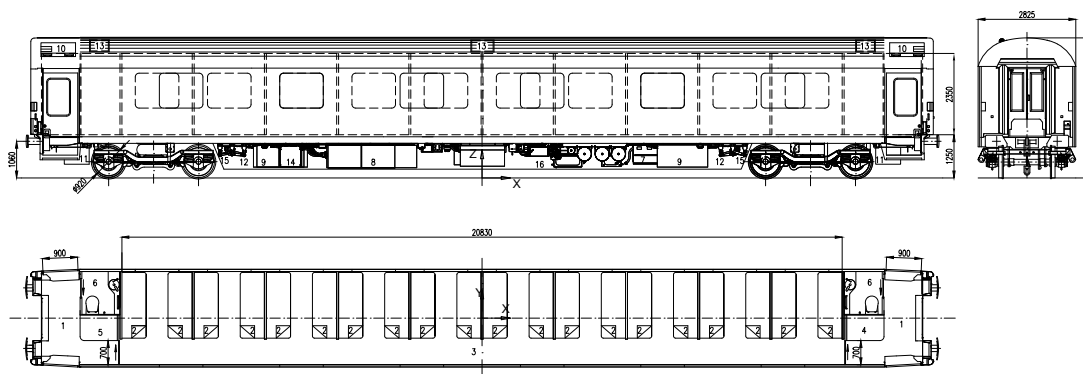
Akustický a hlásicí systém je další integrální součástí elektroinstalace interiéru. Reprodukory slouží k přenosu provozních informací, bezpečnostních hlášení i mimořádných oznámení, například v případě požáru nebo nutnosti evakuace. Tyto prvky jsou součástí komunikační infrastruktury vozidla a jejich zapojení podléhá pravidlům instalace kabeláže podle EN 50343. [20]

Funkční spolehlivost elektronických zařízení instalovaných ve vozidle musí současně odpovídat požadavkům normy EN 50155, která definuje podmínky pro elektronická zařízení používaná v drážních aplikacích, včetně jejich odolnosti vůči teplotním výkyvům, vibracím, napěťovým změnám a elektromagnetickému rušení. Z konstrukčního hlediska je nutné řešit rovnoměrné rozmístění reproduktorů tak, aby bylo zajištěno srozumitelné šíření zvuku v uličkách i uzavřených kabinách, přičemž systém musí být účinný v krizové situaci, avšak v běžném provozu nesmí narušovat klidový charakter noční dopravy. [25]

Elektroinstalace, osvětlení a akustické systémy tvoří propojený technický celek, který významně ovlivňuje bezpečnost, funkčnost i uživatelský komfort lůžkového vozu. Jejich návrh musí respektovat prostorové a hmotnostní limity kolejového vozidla a současně vycházet z platných evropských norem upravujících instalaci elektrických zařízení, světelné podmínky i provozní bezpečnost drážních systémů.

Rozměrová omezení a prostorové limity vozidla

Zásadním technickým faktorem, který limituje vnitřní uspořádání a rozměry navrhovaných prvků interiéru, jsou konstrukční parametry skříně železničního vozu. Pro potřeby této práce byly využity podklady a výkresová dokumentace poskytnutá společností Škoda Group (viz Obr. 2-24), které definují maximální obestavěný prostor.

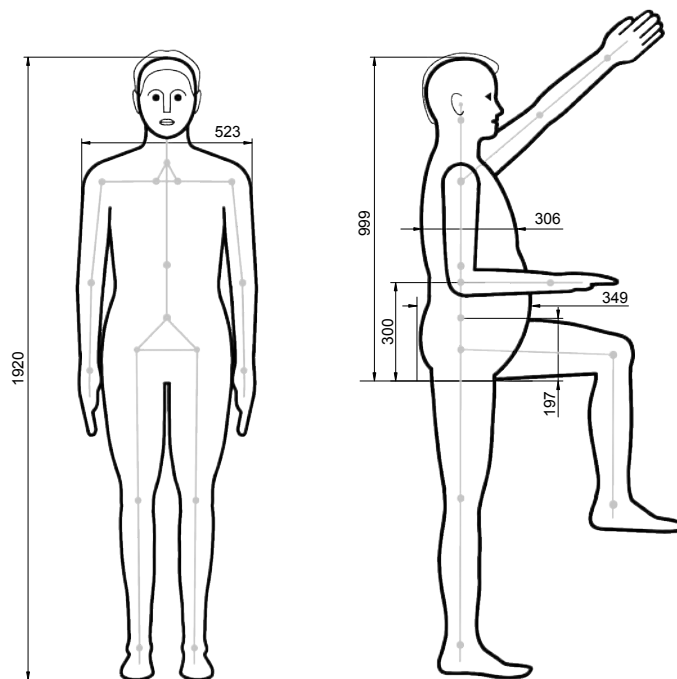


Obr. 2-24 Výkresová dokumentace nočního vozu [17]

Pro samotnou vestavbu lůžkových modulů je vyčleněn úsek o délce 20 830 mm. Vnější šířka vozidla je redukována tloušťkou obvodových stěn (100 mm na každé straně), což pro návrh interiéru vymezuje čistou šířku 2 625 mm. Vertikální limit interiéru je striktně vymezen celkovou výškou vozu a nezbytnými technickými celky. Z celkové výšky 4 050 mm nad temenem kolejnice je nutné odečíst 1 250 mm tvořených podvozkovou částí a konstrukcí podlahy. Dalších 450 mm v horní části vozu je vyhrazeno pro instalaci klimatizačních systémů a dalších rozvodů. Po odečtení těchto technických celků činí maximální vnitřní světlá výška interiéru 2 350 mm. Tyto hodnoty představují fixní rámec, do kterého musí být integrovány nejen samotné ubytovací jednotky, ale také komunikační uličky a technické zázemí vozu. Přesné dodržení těchto kót je nezbytné pro zachování průjezdného průřezu a strukturální integrity vozidla.

2.2.4 Ergonomie

Tato kapitola se v rámci rešerše zaměřuje na stanovení ergonomických limitů a antropometrických požadavků, které jsou nezbytné pro zajištění bezpečnosti, fyziologického komfortu a psychické pohody uživatele v omezeném prostoru lůžkového vozu. Jako výchozí metodické hledisko pro určení prostorových minim slouží analýza postavy muže v 99. percentilu (viz Obr. 2-25), což zaručuje, že definované parametry budou inkluzivní i pro rozměrově nejvýraznější část populace. Navrhování pro extrémní hodnoty je v prostředí hromadné dopravy klíčové; i drobná prostorová kolize může při dlouhých cestách výrazně degradovat uživatelský zážitek nebo v krizových situacích ohrozit bezpečnost uživatele.



Obr. 2-25 Antropometrické rozměry 99percentilního muže v pohledu zepředu a z boku [26]

Pro definici vnitřní geometrie lůžkových modulů jsou stěžejní konkrétní tělesné rozměry. Celková výška postavy determinuje nezbytnou délku ložné plochy, zatímco výška v sedu je určující pro stanovení světlé výšky v kapsli. Šířka ramen představuje limitní rozměr pro šířku lůžka a uličky. Hloubka a šířka hrudníku jsou parametry zásadní pro umístění interiérových prvků, jako je pracovní plocha, s cílem zachovat volný manipulační prostor před tělem uživatele.

Rozměry lůžka

Minimální délka lůžka musí přesahovat tělesnou výšku 99. percentilu (1920 mm) a zároveň umožnit přirozenou polohu chodidel bez kontaktu s pevnou překážkou. U lůžkových a lehátkových vozů provozovaných společnostmi České dráhy se standardní délka spacích míst pohybuje v rozmezí 1740–1830 mm v závislosti na typu vozu. S ohledem na antropometrická data je však za ergonomicky bezpečnou hodnotu pro dospělého člověka považována délka minimálně 2000 mm (viz Obr. 2-26). Šířka lůžek ve stávající flotile Českých drah se pohybuje mezi 600–740 mm. Minimální šířka by přitom měla umožnit pohodlnou změnu polohy a částečné otočení těla, přičemž šířka ramen 99. percentilu dosahuje až 523 mm. Z těchto měření vyplývá doporučená minimální šířka lůžka cca 700 mm, přičemž za optimální z hlediska komfortu jsou považovány hodnoty 700–900 mm. [26; 6]



Obr. 2-26 Rozměry evropských matrací [27]

Výška kabiny

Vertikální prostor nad lůžkem musí reflektovat výšku sedícího muže v 99. percentilu, která od podložky k temeni hlavy činí 980 mm. Tato hodnota představuje teoretické maximum pro zajištění plného vzpřímeného sedu. Obecné ergonomické požadavky na obyvatelnost malých prostor stanovují jako funkční minimum výšku nad matrací v rozmezí 900 až 950 mm. Tato výška je zásadní pro prevenci klaustrofobních pocitů a umožňuje uživateli základní pohybové aktivity v jiné než ležící poloze. [26; 28]

Šířka průchozí uličky a komunikační prostory

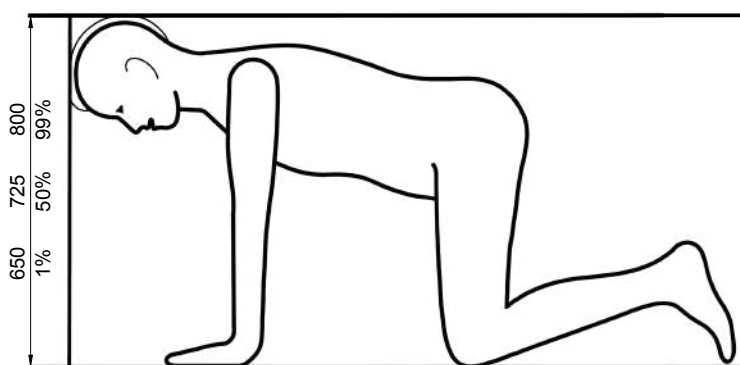
Konektivita uvnitř vozu a pohyb cestujících se zavazadly vyžadují přesné vymezení šířky komunikační uličky. Šířka ramen muže v 99. percentilu dosahuje 523 mm, proto musí průchozí prostor tuto hodnotu překračovat a zahrnovat manipulační rezervu umožňující přirozený pohyb při chůzi. [26]

S ohledem na bezpečnost nočního provozu, snížené světelné podmínky a pohyb cestujících s příručními zavazadly je proto pro návrh individuálních kabin doporučeno pracovat s rozmezím 600–700 mm. Hodnota 600 mm představuje ergonomicky obhajitelné minimum umožňující bezpečný průchod jedné osoby, zatímco 700 mm již poskytuje výrazně vyšší komfort a pocit prostorové jistoty. Zároveň je však nutné respektovat omezený konstrukční profil vozidla a optimalizovat šířku uličky tak, aby nebyla nepřiměřeně redukována délka a šířka lůžkových modulů.

Vstupní otvor do kabiny

Vstup do individuální lůžkové kabiny představuje z ergonomického hlediska specifickou situaci, protože neumožňuje vzpřímený vstup, ale vyžaduje předklon trupu nebo částečný podřep. Dimenzování tohoto otvoru proto vychází z antropometrických údajů definujících minimální prostor pro podlézání.

Pro 99. percentil mužské populace je minimální výška prostoru pro podlézání stanovena na 800 mm (viz Obr. 2-27). Tato hodnota představuje mezní rozměr umožňující průchod osoby v předklonu bez nadměrného omezení pohybu nebo rizika kontaktu hlavy s horní hranou otvoru. S ohledem na komfort pohybu a manipulaci s osobními věcmi je však vhodné uvažovat mírné navýšení této hodnoty. [26]



Obr. 2-27 Minimální vertikální rozměry prostoru pro plazení [26]

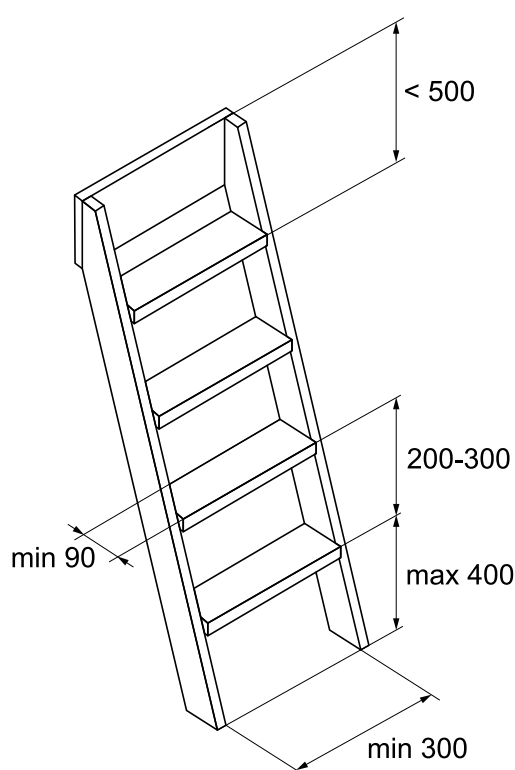
Šířka otvoru musí současně respektovat šířku ramen 99. percentilu, která činí 523 mm, a zahrnovat manipulační rezervu. Prakticky se proto doporučuje minimální šířka přibližně 600 mm. [26]

Dimenzování vstupního otvoru je výsledkem vyvážení antropometrických požadavků, konstrukčních možností a subjektivního vnímání prostoru. Správné proporce mají zásadní vliv nejen na fyzickou průchodnost, ale také na pocit bezpečí a omezení klaustrofobního efektu v uzavřené kabině.

Vertikální komunikace a parametry stupínků

Zajištění bezpečného přístupu k horním lůžkovým modulům vyžaduje specifické dimenzování prvků pro vertikální překonávání výškových rozdílů. Vzhledem k extrémnímu prostorovému omezení interiéru se v lůžkových kapslových vozech nevyužívají klasická schodiště, nýbrž vertikální žebříkové systémy. Pro tyto prvky je klíčové zajistit možnost tzv. tříbodové opory po celou dobu pohybu, což minimalizuje riziko pádu při dynamických rázech jedoucího vozidla. [28]

Z hlediska geometrie žebříku jsou stěžejní limity definované normou ČSN EN 747-1, která se zabývá bezpečností patrových lůžek. Vzdálenost od podlahy k horní ploše prvního nášlapného stupně nesmí přesáhnout 400 mm (viz Obr. 2-28). Svislá vzdálenost mezi horními plochami sousedních stupňů musí být v rozmezí 200–300 mm, což odpovídá přirozenému vertikálnímu kroku. Pro stabilitu při výstupu je nezbytné, aby přední hrany všech stupňů ležely na společné přímce s povolenou odchylkou ± 20 mm. Účinná hloubka stupně musí činit nejméně 90 mm a užitečná šířka stupně minimálně 300 mm. Kritickým bodem z hlediska biomechaniky pohybu je přechod mezi žebříkem a lůžkovým modulem. Norma ČSN EN 747-1 stanovuje, že vzdálenost mezi nejvyšším stupněm žebříku a nejvyšším bodem vstupního otvoru nesmí být větší než 500 mm. Tento limit zaručuje, že uživatel při vstupu do kabiny nebude muset překonávat nepřiměřeně vysoký stupeň a zároveň se minimalizuje riziko kolize hlavy s horní hranou modulu. [29]



Obr. 2-28 Limitní rozměry vertikální komunikace

Nedílnou součástí vertikální komunikace jsou madla. Pro bezpečné sevření rukou dospělého uživatele v 99. percentilu je vyžadován kruhový průřez madla o průměru 30–40 mm (případně oválný s odpovídajícím obvodem). Zároveň musí být mezi madlem a stěnou vozu zachována volná mezera minimálně 45 mm, aby nedocházelo ke kontaktu kloubů ruky s okolní konstrukcí. Umístění madel musí reflektovat dosah paží uživatele tak, aby byla po celou dobu pohybu zachována kontinuita opory při přechodu z uličky do lůžkového modulu. [28]

Rozměry únikových cest

Při návrhu lůžkových modulů je vedle ergonomických parametrů nezbytné zohlednit také striktní bezpečnostní požadavky na evakuaci osob v krizových situacích. V prostředí železniční dopravy, kde je úniková cesta omezena úzkou komunikační uličkou, hraje roli sekundární úniková cesta oknem.

Na základě konzultace s hlavním inženýrem společnosti Škoda Group Miroslavem Kundratou dne 2. 5. 2025 byly pro návrh interiéru stanoveny limitní rozměry nouzových východů. Každá lůžková kabina musí být vybavena oknem, které po odstranění či rozbití výplně poskytuje volný průchozí průřez o minimálních rozměrech 400×500 mm. Tento „evakuační obdélník“ musí zůstat v rámci vnitřní vestavby lůžkového modulu zcela volný a nesmí do něj zasahovat žádná pevná konstrukční část (např. žebřík, úložné prostory či madla).

2.3 Shrnutí hlavních zjištění

Provedená rešerše a hloubková analýza současného stavu v segmentu noční železniční dopravy definovaly jasný rámec, ve kterém se musí pohybovat moderní designérský návrh lůžkového vozu. Analýza tržního prostředí ukázala, že renesance nočních spojů v Evropě není pouze dočasným trendem, ale přímou odpovědí na poptávku po ekologicky udržitelné alternativě k letecké dopravě. Aby však železnice mohla konkurovat jiným typům dopravy, musí nabídnout přidanou hodnotu, kterou je v tomto případě především komfortní odpočinek a vysoká míra soukromí. Zkoumání historie a současnosti lůžkových vozů odhalilo zásadní posun v paradigmatu vnímání osobního prostoru. Tradiční uspořádání se sdílenými kupé již nevyhovuje nárokům moderního cestujícího, který upřednostňuje izolovaný prostor poskytující akustickou i vizuální bariéru. Koncept samostatných kabin se tak jeví jako optimální odpověď na potřeby sólo cestujících a zvyšující se nároky na bezpečnost a individuální komfort.

Při hodnocení existujících konceptů byly identifikovány klíčové přednosti a nedostatky současných řešení, přičemž této problematice byla věnována značná pozornost z hlediska prostorové logiky. Jako velmi progresivní se jeví přístup v projektu Sleep in Motion od společnosti Škoda Group, který využívá šikmé uspořádání lůžek. Toto řešení umožňuje integraci lůžka, jehož šířka v nejširším bodě dosahuje až 850 mm, což výrazně převyšuje standardy běžných lůžkových vozů, byť tato šířka není konstantní po celé délce lůžka. Zároveň tento koncept řeší jeden z největších nedostatků kapslových systémů, kterým je přístup k horním lůžkům. Asymetrické uspořádání vstupů, kdy cestující do horního patra vstupuje z jiné horizontální pozice než cestující dole, eliminuje kolize a zvyšuje pocit soukromí. Srovnání s dalšími koncepty ukázalo, že pro úspěšný návrh je kritické vybalancovat plochu pro spánek s úložnými prostory a plochami pro denní režim, přičemž řešení od Škoda Group se ukazuje jako nejvhodnější předloha pro další rozvoj.

V rámci technické analýzy byly stanoveny limitní parametry vozové skříně, podvozkových částí a stropních komponentů, které striktně omezují vnitřní uspořádání interiéru. Klíčovým faktorem je dodržení průjezdného průřezu, který definuje vnější šířku skříně 2825 mm; od té je následně nutné odečíst tloušťku hlavní konstrukce, izolace a stěn vozu, čímž vzniká čistý vnitřní prostor pro návrh. Analýza rovněž zohlednila umístění podvozků a souvisejících technologií v pod podlahovým prostorem, což ovlivňuje výšku podlahy. Z horní strany je prostor obdobně limitován stropními systémy, zejména vzduchotechnikou a klimatizací (HVAC), což ve výsledku určuje celkovou světlou výšku interiéru dostupnou pro dvouúrovňové uspořádání kapslí. Z hlediska pasivní bezpečnosti pak každá lůžková kabina musí bezpodmínečně respektovat volný prostor pro nouzový únik přes okno o rozměrech 400×500 mm. Tento fixní parametr představuje prostor, který nesmí být narušen žádnou pevnou součástí interiéru, jako jsou žebříky, madla nebo úložné boxy, což přímo ovlivňuje prostorovou dispozici prvků v blízkosti okenního otvoru.

Ergonomická analýza zaměřená na rozměry lidského těla dále zpřesnila prostorové požadavky pro vnitřní vestavbu, kdy pro zajištění inkluzivního designu komfortního i pro muže 99. percentilu je nezbytné operovat s výškou kabiny minimálně 900 mm. Tato hodnota vychází z antropometrických měření výšky trupu v sedu a je kritická pro to, aby se uživatel mohl v kabině pohodlně posadit bez nutnosti nepřirozeného předklonu, přičemž jakýkoliv nižší rozměr by umocňoval pocity klaustrofobie v uzavřeném prostoru. Stejnou pozornost vyžaduje vertikální komunikace, kde rešerše potvrdila nutnost dodržení specifických výšek a hloubek nášlapů pro bezpečný výstup k horním modulům, přičemž systém stupínků musí být navržen tak, aby první nášlap nepřekročil výšku 400 mm nad podlahou uličky, což zajišťuje bezpečný nástup širokému spektru uživatelů bez ohledu na jejich tělesné proporce. Teoretická část práce tak definuje soubor požadavků, které tvoří závazné zadání pro kreativní proces návrhu vlastního lůžkového modulu, jenž bude usilovat o optimální poměr mezi funkčností, soukromím a uživatelskou přívětivostí v omezeném prostoru kolejového vozidla.

2.4 Identifikace novosti a příležitostí

Hlavní příležitost k inovaci v segmentu noční železniční dopravy spočívá v zásadním překonání tradičního vnímání lůžkového vozu jako stísněného a kompromisního prostoru. Identifikovaná novost návrhu tkví především v ambici přiblížit rozměry lůžka standardům běžného bytového prostředí, což představuje klíčový kvalitativní skok v komfortu spánku na kolejích a narušuje dosavadní technické konvence. Příležitost se otevírá v pokročilé integraci úložných a funkčních prvků přímo do samotné struktury modulu, čímž dojde k efektivnímu využití každého centimetru v omezeném vnitřním objemu vozu, aniž by byl narušen pocit vzdušnosti.

Novost řešení se dále zaměřuje na hloubkovou optimalizaci uživatelského komfortu skrze precizní ergonomické uspořádání. Cílem je navrhnout vnitřní prostor, který umožní naprosto bezkolizní pohyb a intuitivní ovládání všech prvků, čímž se eliminují časté bariéry u stávajících dvouúrovňových systémů. Zajištění snadného a přirozeného přístupu do jednotlivých kabin je vnímáno jako zásadní konkurenční výhoda, která reaguje na psychologické potřeby cestujících po soukromí a snadné orientaci. Kombinací těchto inovativních přístupů vzniká jedinečná příležitost výrazně zvýšit celkovou atraktivitu nočního cestování. Transformace vlakového vozu v komfortní prostor pro spánek, který nabízí nekompromisní ergonomii a funkčnost, dokáže oslovit i náročnou klientelu hledající udržitelnou, ale vysoce komfortní formu dálkové dopravy. Tento přístup definuje novou úroveň kvality, kde omezený prostor již není vnímán jako překážka, nýbrž jako efektivně vyřešený celek.

3 CÍLE PRÁCE

Tato kapitola navazuje na analytickou část práce, která se zaměřovala na přehled současného stavu poznání. Úvod kapitoly je věnován vymezení problému, definici produktu, specifikaci spotřebitele a zákazníka a také analýze trhu, cenových relací a souvisejících výrobních technologií. Na základě těchto poznatků byly následně stanoveny hlavní a dílčí cíle práce.

3.1 Vymezení problému

3.1.1 Název produktu a jeho klasifikace

Lůžkový vůz představuje specifickou kategorii železniční dopravy určenou pro noční nebo dálkové cestování, při němž je důraz kladen na komfort a odpočinek cestujících. Tato diplomová práce se zaměřuje na návrh interiéru lůžkového vozu se samostatnými, plně uzavíratelnými kabinami, které reagují na rostoucí požadavek po soukromí během cesty.

Produkt lze kategorizovat jako průmyslový výrobek investičního charakteru, konkrétně jako komponentu a součást dopravního zařízení (kolejového vozidla), která z hlediska koncového využití představuje zboží zvláštní poptávky.

3.1.2 Specifikace zákazníka

Zákazníkem je společnost Škoda Group, která má dlouholetou praxi v oblasti městské i železniční dopravy. Firma se zaměřuje na moderní, ekologická a bezpečná dopravní řešení pro evropský trh, která odpovídají současným trendům v oblasti udržitelné mobility. Přestože má společnost své hlavní vývojové a výrobní zázemí v České republice, působí prostřednictvím vlastních poboček a dceřiných společností i na řadě zahraničních trhů. Její vozidla a dopravní systémy jsou v provozu ve více než 50 zemích, přičemž mezi klíčové regiony patří zejména Česká republika, Slovensko, Německo, Itálie, Finsko a Maďarsko. [30]

Požadavkem společnosti je vytvořit moderní a atraktivní design lůžkového vozu, který by mohl posílit její postavení na evropském trhu a zajistit dlouhodobou konkurenceschopnost v oblasti noční železniční dopravy. Nové řešení by mělo reagovat na současné potřeby cestujících a nabídnout vyšší úroveň komfortu, soukromí a estetické kvality.

3.1.3 Specifikace spotřebitele

Spotřebitele je nutné rozdělit do dvou kategorií – primárního a sekundárního. Obě tyto kategorie bude totiž k produktu přistupovat z jiné perspektivy, budou mít zcela odlišné potřeby, nároky a způsob interakce.

PRIMÁRNÍ SPOTŘEBITEL

Primárním spotřebitelem se uvažují dopravní společnosti, které zajišťují provoz dálkových a nočních spojů, například RegioJet, České Dráhy, Leo Express či zahraniční dopravci Deutsche Bahn nebo Trenitalia. Tyto společnosti rozhodují o zařazení nového typu lůžkového vozu do svých souprav a o rozšíření nabídky služeb pro cestující, kteří během cesty upřednostňují soukromí a vyšší komfort.

Z pohledu provozovatele je klíčových aspektem ekonomická a provozní efektivita. Nový design lůžkového vozu by měl vhodně vyvažovat kapacitní možnosti s důrazem na nízké náklady na údržbu, dlouhou životnost a jednoduchou obsluhu.

Stejně tak důležité je pro provozovatele atraktivita a odlišnost produktu, které mohou zvýšit zájem veřejnosti o noční cestování. Dopravní společnosti stále více dbají na design a s ním spjatý zážitek z cestování. Implementace lůžkového vozu se samostatnými kabinami by mohla přilákat nové zákazníky, které doposud upřednostňovali leteckou nebo automobilovou dopravu.

Primární spotřebitel proto očekává produkt, který bude splňovat technické a bezpečnostní požadavky železničního provozu, zároveň bude nabízet atraktivní formu cestování schopnou oslovit nové zákazníky.

SEKUDÁRNÍ SPOTŘEBITEL

Sekundárním spotřebitelem jsou pak jednotlivý cestující, kteří vůz budou využívat během jízdy. Tato skupina je velmi rozmanitá, spadají do ní například jednotlivci cestující za prací, turisti, studenti nebo mladé páry. Společným jmenovatelem je snaha o pohodlné, bezpečné a klidné cestování, které umožní kvalitní spánek a regeneraci během přepravy.

Pro sekundárního spotřebitele je klíčová především míra soukromí, kterou mu interiér nabízí. Uzavíratelné kabiny poskytují pocit osobního prostoru, chráněného před hlukem a pohybem ostatních cestujících. Důležitou roli zde hraje také ergonomie a rozměrová přiměřenost lůžka, která ovlivňuje kvalitu spánku i celkový dojem z cesty. Významným faktorem je i vizuální atmosféra interiéru tvořená tlumeným osvětlením, příjemnými materiály a barevností, které přispívají k pocitu bezpečí a klidu.

Sekundární spotřebitel také ocení možnost jednoduchého ovládání základních funkcí, jako je osvětlení, ventilace nebo regulace teploty. Funkční detaily, například odkládací plochy, úložné prostory nebo elektrické zásuvky, zvyšují uživatelský komfort a podporují praktické využití prostoru. V neposlední řadě je pro cestujícího důležitá i hygiena a čistota interiéru, které zásadně ovlivňují vnímání kvality služby.

Sekundární spotřebitel tak hodnotí produkt nejen z hlediska funkčnosti, ale i z pohledu celkové zkušenosti z cestování. V ideálním případě by měl lůžkový vůz poskytovat kombinaci komfortu, estetiky a klidu, která dokáže konkurovat jiným formám dopravy a motivovat cestující, aby se pro noční vlak rozhodli opakovaně.

3.1.4 Specifikace trhu, ceny a použitých výrobních technologií

TRH

Z hlediska možného uplatnění produktu lze jako primární trh uvažovat především evropské země, kde má noční železniční doprava dlouhodobou tradici nebo v posledních letech zaznamenává opětovný rozvoj. Jedná se zejména o oblast střední a západní Evropy, kde existuje stabilní infrastruktura nočních spojů a zároveň rostoucí poptávka po komfortnějším a individualizovaném způsobu cestování. Mezi klíčové trhy lze zařadit například Českou republiku, Německo, Rakousko, Švýcarsko, Itálii či Francii, tedy země s aktivními dopravci provozujícími noční vlaky. Do budoucna by bylo možné uvažovat i o rozšíření na další evropské trhy v závislosti na vývoji poptávky a dopravní politiky jednotlivých států.

CENA

Stanovení ceny produktu je v této fázi práce pouze orientační a vychází z obecného srovnání se současnými železničními vozidly podobného určení. Cena by byla ovlivněna především mírou technického vybavení, použitými materiály, počtem kabin ve voze a stupněm individualizace pro konkrétního dopravce. Lze předpokládat, že investice do tohoto typu vozu bude vyšší než u standardních lehátkových nebo sedadlových vozů, avšak nabídne vyšší přidanou hodnotu v podobě komfortu, soukromí a atraktivity pro nové skupiny cestujících. Z dlouhodobého hlediska může takové řešení přispět ke zvýšení obsazenosti nočních spojů a návratnosti investice.

Na základě orientačního srovnání s obdobnými produkty lze předpokládat, že finanční náročnost navrhovaného řešení se bude pohybovat v rozmezí přibližně 2–3 miliony Kč.

POUŽITÉ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

Použité výrobní technologie se vztahují především k návrhu a výrobě interiérových kabin. Ty jsou koncipovány jako integrovaný systém, jehož jednotlivé díly jsou postupně montovány a pevně instalovány přímo uvnitř vozové skříně. Kabiny se skládají z nosné hliníkové konstrukce doplněné o hliníkové sendvičové panely tvořící stěny. Jednotlivé kabiny jsou do vozu kotveny pomocí systémových C-drážek, tento přístup podporuje efektivní výrobní proces a zároveň zajišťuje flexibilitu návrhu v rámci dlouhodobého provozu.

3.1.5 Vymezení problému

Jedním z hlavních problémů řešeného návrhu je omezený prostor železničního vozu, který zásadně ovlivňuje možnosti dispozičního uspořádání interiéru. Návrh musí reagovat na pevně dané rozměrové a konstrukční limity vozu, přičemž je nutné zajistit dostatečný prostor nejen pro samotná lůžka, ale také pro bezpečný a komfortní pohyb cestujících v uličkách a společných částech vozu. Klíčovým úkolem je tedy nalezení rovnováhy mezi kapacitou vozu, velikostí jednotlivých kabin a provozními nároky.

S omezeným prostorem úzce souvisí další zásadní problém, kterým je poskytnutí dostatečně komfortních kabin určených ke spánku. Kabiny musí nabídnout plnohodnotné lůžko a základní funkční vybavení, aniž by působily stísněně nebo nekomfortně. Vzhledem k malým rozměrům jednotlivých buněk je nutné pracovat s jejich prostorovým členěním a tvarováním tak, aby byl prostor využit co nejefektivněji.

Významným faktorem je rovněž psychologické vnímání prostoru cestujícími. Uzavřené kabiny mohou u některých uživatelů vyvolávat pocity klaustrofobie nebo úzkosti, zejména během nočního cestování. Návrh proto musí reflektovat nejen fyzické, ale i subjektivní potřeby uživatelů. Důležitou roli zde hraje barevné, materiálové a grafické řešení interiéru, které může vizuálně zvětšit prostor, podpořit orientaci a přispět k pocitu klidu a bezpečí. Cílem je vytvořit prostředí, které bude působit otevřeněji, přívětivě a nebude negativně ovlivňovat psychickou pohodu cestujících.

Dalším problémem je nutnost sladění ergonomických požadavků s konstrukčními a provozními omezeními železniční dopravy. Kabiny musí umožňovat pohodlný vstup, výstup a změnu polohy mezi sedem a lehem. Zároveň je třeba respektovat bezpečnostní normy a požadavky na evakuaci, údržbu a dlouhodobý provoz.

V rámci této podkapitoly byly výše uvedené problémy systematicky analyzovány a následně rozpracovány do přehledné tabulky cílů (C), omezení (O), funkcí (F) a prostředků (P). Tato tabulka slouží jako základní rámec pro další návrhovou fázi a vymezuje klíčové aspekty, které je nutné v průběhu vývoje návrhu zohlednit (viz Tab. 3-1).

Tab. 3-1 Tabulka cílů, omezení, funkcí a prostředků

Charakteristika	C	O	F	P
Poskytnout plně soukromý prostor pro jednotlivce	✓			
Bezkolizní provoz vzhledem k rozměrům člověka			✓	
Soulad s konstrukčními limity vagónu		✓		
Legislativní a technické normy		✓		
Efektivní využití prostoru při zachování komfortu	✓		✓	
Příjemné prostředí k relaxaci a spánku	✓			
Aktivní záchranné systémy (nouzová brzda, alarm...)				✓
Ergonomický přístup			✓	
Možnost individuální regulace osvětlení a teploty			✓	
Akustické a vizuální oddělení od okolí	✓		✓	
Dostatečné úložné prostory pro osobní věci			✓	
Snadná údržba a čištění interiéru				✓
Použití nehořlavých a odolných materiálů		✓		✓
Zajištění přívodu vzduchu		✓	✓	
Optimalizace kapacity (26–36 míst ve voze)	✓			
Snadná výroba a montáž v rámci sériové produkce		✓		
Možnost změny polohy – sed / leh			✓	
Výklopný stolek a odkládací plochy v kabině				✓
Grafické značení a číslování lůžek				✓
Možnost napájení osobní elektroniky				✓
Prvky pasivní bezpečnosti a stability (madla, nouzové osvětlení...)				✓

3.2 Cíle vývoje

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout interiér lůžkového vozu s uzamykatelnými kabinami pro jednotlivce, které cestujícím poskytnou maximální míru soukromí, bezpečí a pohodlí během nočního cestování.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- optimalizovat uživatelský komfort při dodržení kapacity v rozmezí 26–36 míst,
- navrhnout ergonomické řešení umožňující bezkolizní pohyb uživatelů,
- zajistit snadný a intuitivní přístup do jednotlivých kabin,
- zajistit individuální soukromí a bezpečnost uživatelů,
- přiblížit rozměry lůžka běžným standardům používaným v bytovém prostředí,
- optimalizovat vnitřní prostor kabiny.

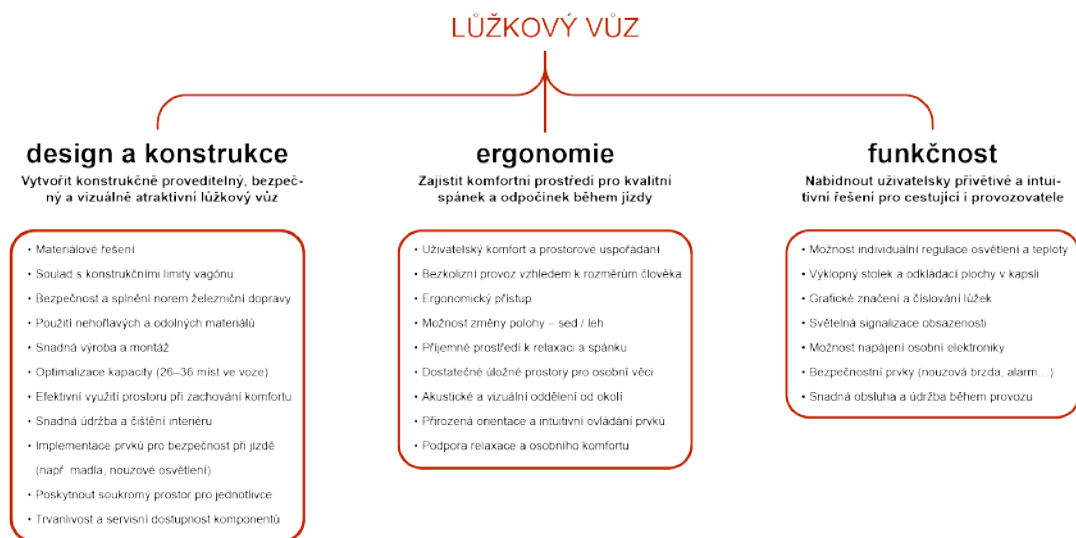
4 KONCEPČNÍ NÁVRH

Tato kapitola se zabývá koncepčním návrhem lůžkového vozu se samostatnými kabinami, který vychází z poznatků získaných v analytické části práce a z definovaných cílů a omezení návrhu. Na jejich základě byly zpracovány tři variantní návrhy, lišící se především dispozičním uspořádáním a organizací prostoru interiéru.

Cílem kapitoly je představit jednotlivé koncepční varianty, popsat principy, ze kterých vycházejí, a objasnit jejich výhody i limity. Závěrečná část kapitoly se následně věnuje jejich vzájemnému porovnání a vyhodnocení, na jehož základě je zvolena nejvhodnější varianta pro další rozpracování.

4.1 Analýza cílů a specifikace omezení

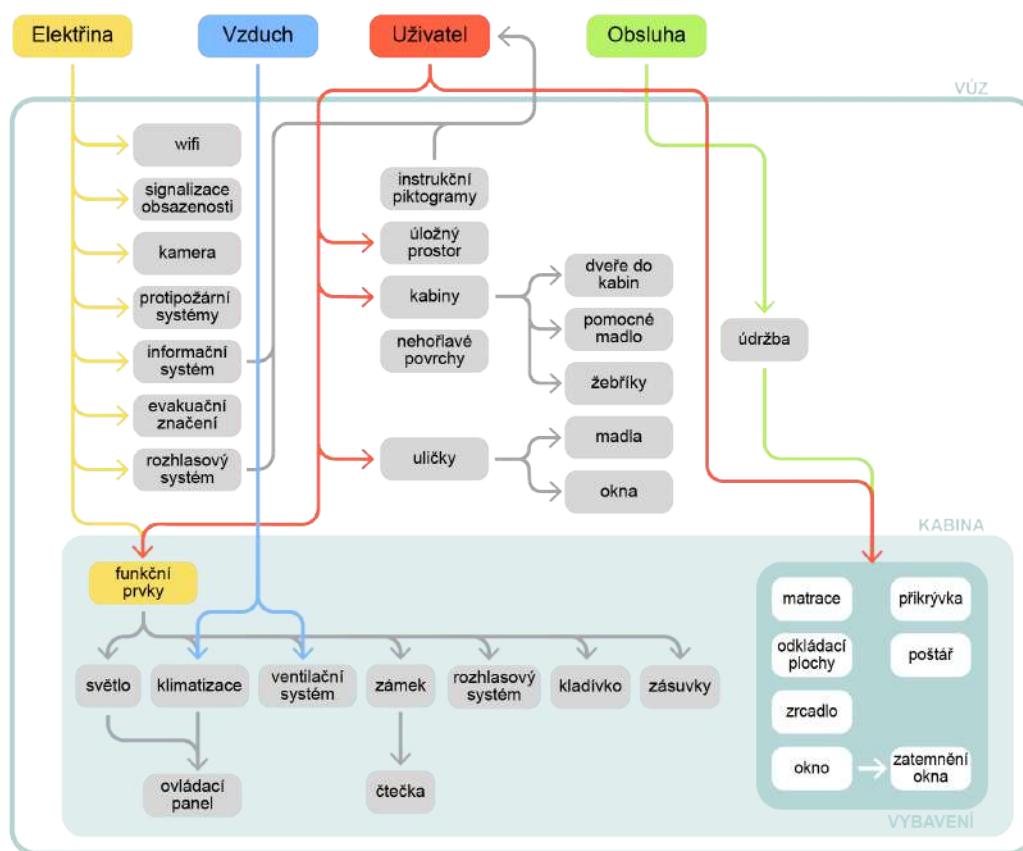
Pro stanovení návrhového postupu a rozpracování jednotlivých variant byl vytvořen strom cílů, který pomohl zpřehlednit a konkretizovat klíčové požadavky nezbytné pro návrh vhodného designového a konstrukčního řešení.



Obr. 4-1 Strom cílů

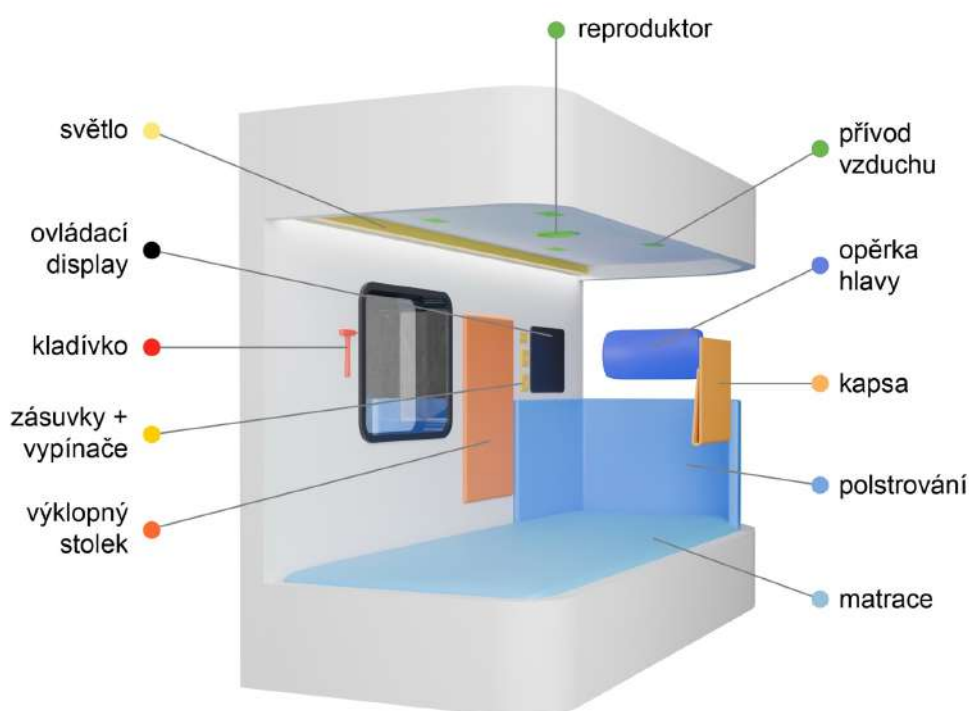
4.2 Technická funkční analýza

Technická funkční analýza se zaměřuje na identifikaci a propojení hlavních prvků navrhovaného lůžkového vozu se samostatnými kabinami. Jejím výstupem je schéma typu Glassbox (viz Obr. 4-2), které přehledně znázorňuje vztahy mezi vstupy systému, jednotlivými komponentami a jejich uživatelským i provozním využitím. Základními vstupy jsou elektřina, vzduch, uživatel a obsluha, které ovlivňují provoz technických zařízení a funkci kabin. Kabina je chápána jako základní modul, jenž integruje prvky zajišťující komfort, bezpečnost a ovládání prostředí během jízdy. Glassbox slouží jako podklad pro další fáze návrhu a umožňuje systematické řešení technických a funkčních vazeb interiéru.



Obr. 4-2 Glassbox

Následně bylo vytvořeno průhledové schéma kabiny (viz Obr. 4-3), jehož hlavním účelem bylo definování prvků, které je nezbytné zahrnout do interiéru jednotlivých kabin. Schéma slouží jako přehledový nástroj pro identifikaci komponent zvyšujících komfort a pohodlí cestujících, jako je polstrování stěn, opěrka pod hlavu či matrace, a zároveň funkčních prvků umožňujících praktické využívání prostoru, například výklopného stolku, úložných kapes, zásuvek, ovládacího panelu nebo integrovaného osvětlení. Součástí schématu jsou rovněž prvky související se zajištěním bezpečnosti, mezi něž patří umístění reproduktorů pro hlášení, nouzového kladívka pro rozbití okna sloužícího jako únikový východ a dalších povinných bezpečnostních komponent. Velký důraz je zde kladen také na zajištění přívodu čerstvého vzduchu, jelikož po uzavření kabiny dochází k eliminaci veškerých jiných přirozených způsobů větrání. Barevné rozlišení jednotlivých částí usnadňuje orientaci ve funkčním členění kabiny a vytváří podklad pro další detailní rozpracování návrhu.

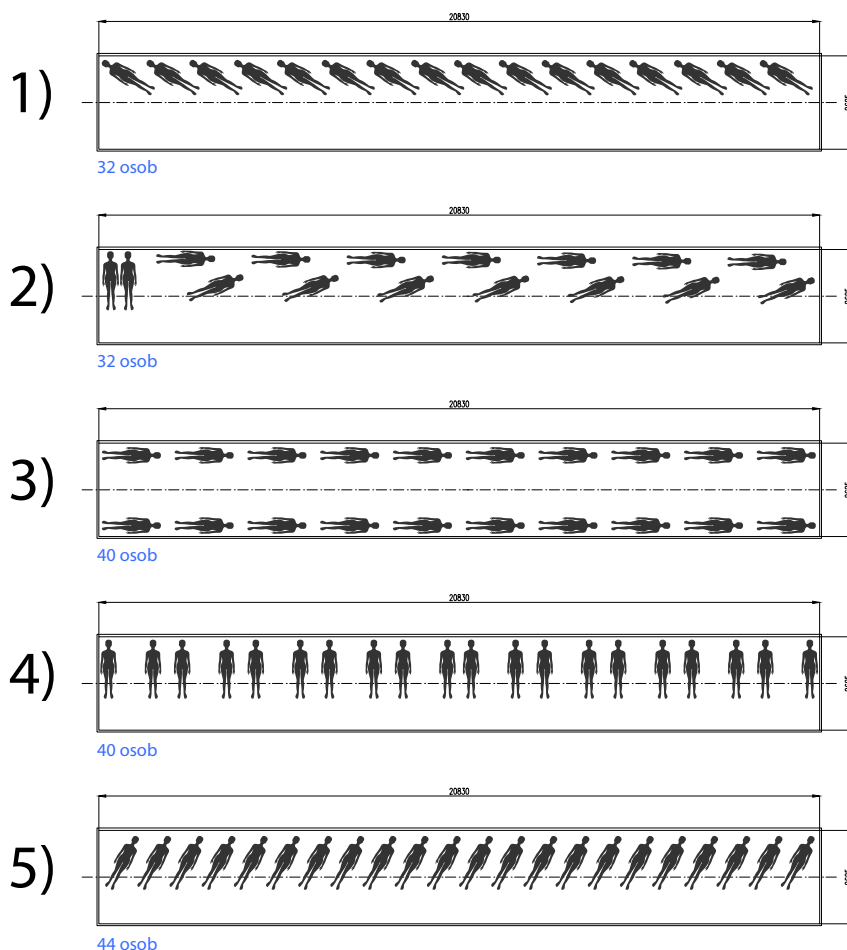


Obr. 4-3 Průhledové schéma

4.3 Návrh alternativních řešení

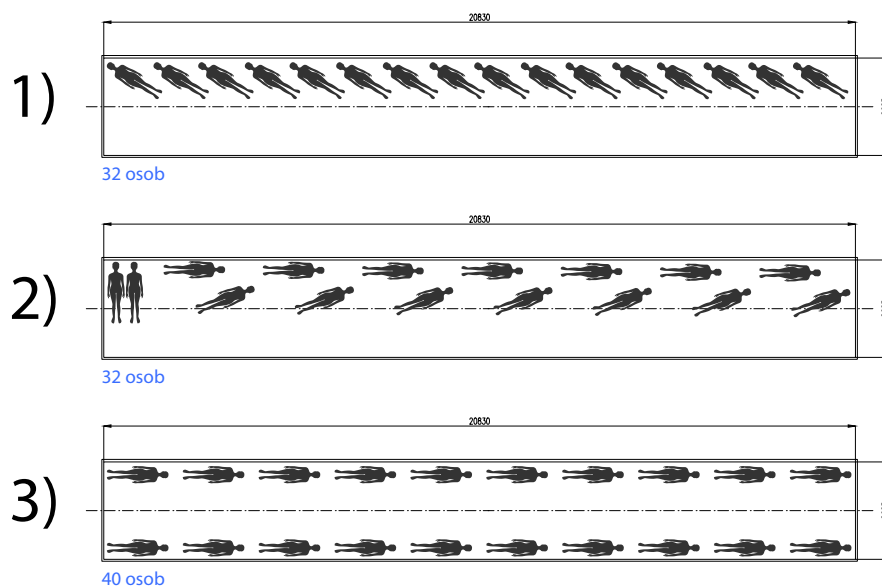
Po analytické fázi práce následovalo hledání vhodného dispozičního řešení lůžkového vozu. Prvotní část návrhového procesu byla zaměřena na ověření různých způsobů uspořádání lůžek v půdorysu vozu pomocí jednoduchého schematického znázornění (viz Obr. 4-4). Tyto studie sloužily především k rychlému porovnání jednotlivých variant z hlediska kapacity, prostorové náročnosti a základní organizace interiéru.

V rámci těchto půdorysných schémat bylo zkoumáno, kolik cestujících je možné v daném uspořádání ve voze ubytovat. Je však nutné zdůraznit, že zobrazený půdorys vždy pracuje pouze s polovičním počtem osob oproti reálné kapacitě vozu, jelikož se počítá s vertikálním uspořádáním kabin. Každá pozice v půdorysu totiž reprezentuje dvojici lůžek, což umožňuje efektivnější využití prostoru ve výšce vozu.



Obr. 4-4 Schématické znázornění způsobů uspořádání

Celkem bylo tímto způsobem prověřeno pět základních koncepčních variant uspořádání. Z těchto pěti byly následně vybrány tři varianty (viz Obr. 4-5), které byly shledány jako nejperspektivnější pro další rozpracování. Čtvrtá varianta nebyla dále rozvíjena z důvodu své podobnosti se standardním řešením, které je běžně využíváno u klasických lůžkových vozů. Zároveň se jedná o koncept, který byl již zpracován do podoby soukromých lůžek pro jednotlivce rakouskou dopravní společností ÖBB, a nepřinášel tedy dostatečnou míru inovace. Pátá varianta byla naopak vyřazena kvůli příliš vysoké hustotě uspořádání, která by vedla k pocitu stísněnosti a negativně ovlivnila komfort cestujících.



Obr. 4-5 Zvolené varianty uspořádání

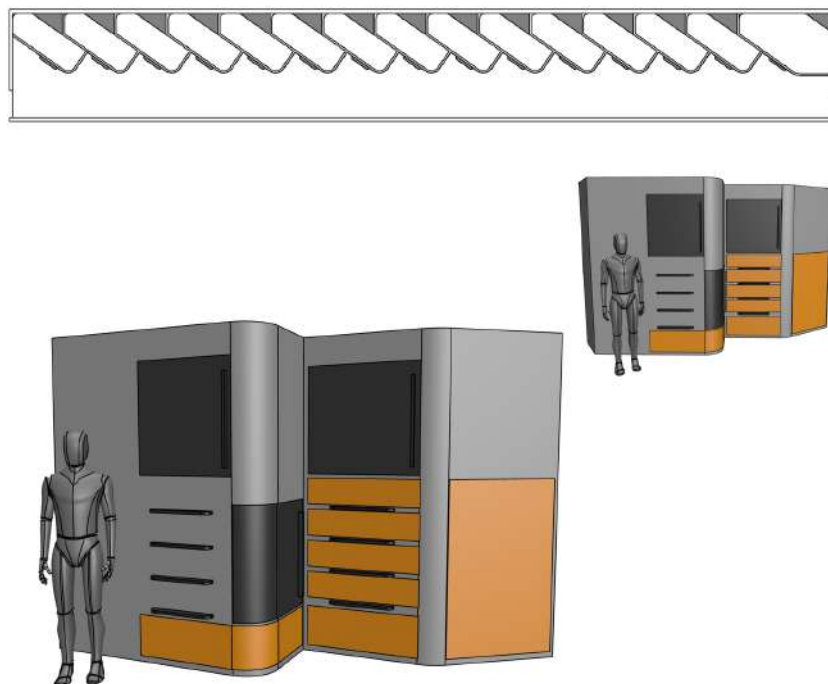
Vybrané tři koncepční varianty dále sloužily jako základ pro podrobnější návrh kabin, řešení vstupů, úložných prostor a celkového prostorového charakteru interiéru. Tyto koncepty již byly posuzovány nejen z hlediska kapacity, ale také z pohledu ergonomie, pocitu soukromí a kvality uživatelského zážitku během nočního cestování.

4.3.1 Varianta I

První varianta pracuje se šikmým opakujícím se uspořádáním lůžkových kabin. Koncept vychází z principu modulárního řešení, kdy jsou všechny kabiny navrženy jako tvarově i konstrukčně totožné prvky. Tato skutečnost představuje jednu z hlavních výhod varianty, jelikož umožňuje zjednodušení výroby, snížení výrobních nákladů a efektivnější sériovou produkci.

Z hlediska kapacity se jedná o velmi efektivní řešení. Při tomto uspořádání vzniklo celkem 30 míst k přespání, konkrétně 28 samostatných lůžek a jedno rozšířené lůžko. Toto rozšířené lůžko však nemá standardní podobu klasického dvojlůžka, ale jedná se spíše o širší, šikmě orientované lůžko určené primárně pro rodiče s dítětem. Pro dva dospělé by bylo prostorově spíše stísněné. Důvodem jeho zařazení do dispozice byla snaha maximálně využít celkovou délku vozu, což tato rozšířená varianta umožnila.

Mezi hlavní nevýhody tohoto řešení patří omezené úložné prostory, které jsou v této variantě situovány výhradně pod spodními kabinami. Dalším problematickým aspektem je absence prostoru pro odbavení cestujících a nástup do kabin. Pohyb osob při vstupu a přípravě na spánek se tak odehrává přímo v hlavní uličce vozu, což může vést k jejímu dočasnému blokování a snížení plynulosti provozu. Tyto limity je nutné zohlednit při dalším rozpracování návrhu a porovnání s ostatními variantami.



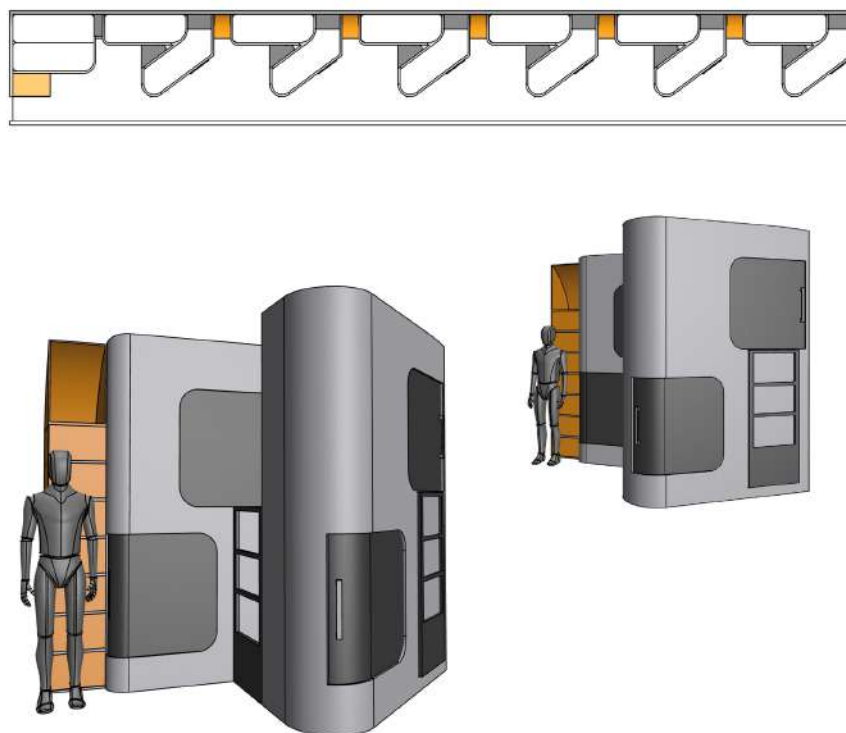
Obr. 4-6 Varianta I

4.3.2 Varianta II

Druhá varianta vychází z kombinace dvou odlišných typů lůžkových kabin, konkrétně lůžka orientovaného podél boční stěny vozu a šikmě situovaného lůžka. Toto dispoziční řešení umožňuje lépe reagovat na provozní i ergonomické požadavky interiéru lůžkového vozu a přináší vyváženější poměr mezi kapacitou, komfortem a plynulostí pohybu cestujících. Celkově tato varianta nabízí 28 míst k přespání, z toho 24 samostatných lůžek a 2 dvojlůžka.

Na rozdíl od první varianty mají dvojlůžka v tomto uspořádání standardní tvar i rozměry, a jsou tak plnohodnotně využitelná i pro dva dospělé cestující. Zásadní výhodou této varianty je vznik jasně definovaného prostoru pro odbavení cestujících a přístup do jednotlivých kabin, který nenarušuje průchodnost hlavní uličky. Pohyb osob se tak lépe organizuje a nedochází k jejímu blokování, což přispívá k vyššímu provoznímu komfortu.

Dalším významným benefitem je řešení úložných prostor. Každé kabině je přiřazena samostatná uzamykatelná skříňka, která poskytuje dostatek místa pro uložení příručního zavazadla a obuvi. Toto řešení zvyšuje komfort cestujících a zároveň podporuje přehlednost a čistotu interiéru. Nevýhodou varianty je vyšší míra individualizace jednotlivých kabin, která vyplývá z kombinace různých typů lůžek. Tato skutečnost může vést k vyšším výrobním nákladům oproti variantě s plně sjednocenými moduly, avšak přináší výrazné zlepšení v oblasti funkčnosti a uživatelského komfortu.



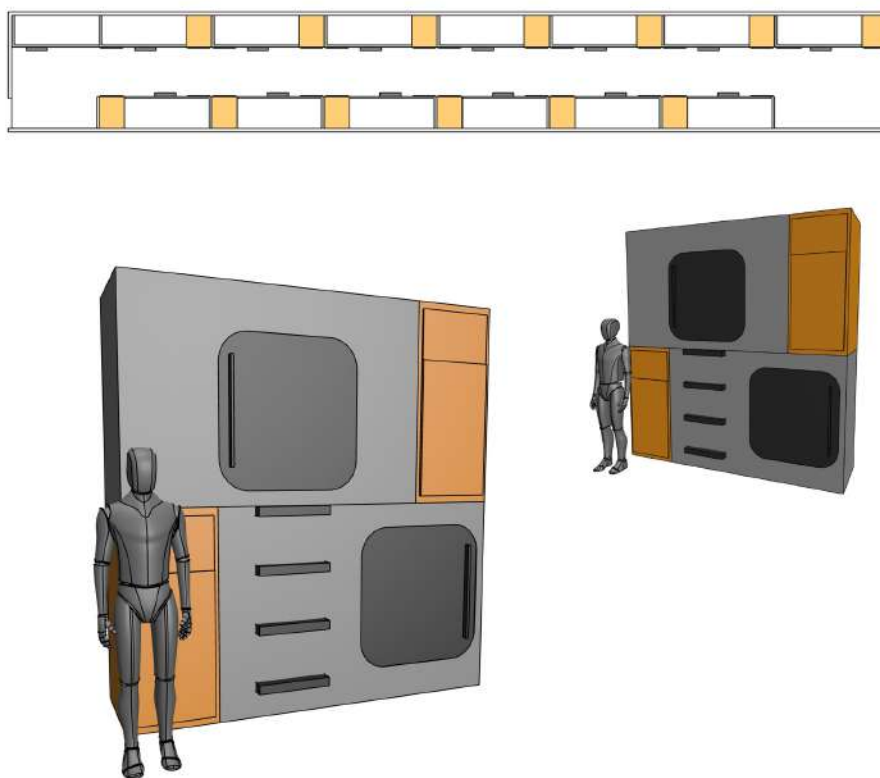
Obr. 4-7 Varianta II

4.3.3 Varianta III

Třetí varianta pracuje s uspořádáním lůžkových kabin podél obou bočních stěn vozu, přičemž ulička je vedena středem interiéru. Toto řešení vychází z principu symetrického a přehledného dispozičního členění, které umožňuje sjednocení tvarového i konstrukčního řešení všech kabin. Díky tomu lze očekávat nižší výrobní náklady a efektivnější sériovou produkci.

Z hlediska kapacity tato varianta nabízí celkem 28 míst určených výhradně pro jednotlivce. Každá kabina disponuje dostatečným úložným prostorem pro zavazadla, což představuje jednu z hlavních výhod tohoto uspořádání a pozitivně se promítá do komfortu cestujících. Nevýhodou však je absence dvojtlůžka, které bylo jedním z dílčích cílů návrhu, a tím i omezená možnost nabídnout soukromé cestování pro páry či rodiče s dítětem.

Jako jeden z hlavních nedostatků se u této varianty ukazuje ulička vedená středem vozu. Přístup do jednotlivých kabin i odbavení cestujících probíhá přímo z tohoto prostoru, což může vést k jeho častému blokování a zhoršení plynulosti pohybu skrze vůz. Zároveň toto uspořádání negativně ovlivňuje kvalitu prostředí uličky, která postrádá přímé denní světlo, jelikož okna jsou situována výhradně v kabinách. Centrální komunikační prostor tak může působit uzavřeně a méně příjemně z hlediska uživatelského komfortu.



Obr. 4-8 Varianta III

4.4 Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího

Pro systematické porovnání výhod a nevýhod navržených variant byla vytvořena tabulka (viz Tab. 4-1), která vychází ze souboru aspektů relevantních pro další rozhodování. Jednotlivým variantám byly u každého aspektu přiřazeny bodové hodnoty v rozmezí 1–10 podle míry splnění stanovených požadavků. Na základě výsledného bodového hodnocení byla jako nejvhodnější pro další rozpracování zvolena varianta II.

Tab. 4-1 Zhodnocení variant

Aspekty hodnocení	V1	V2	V3
Kapacita	7	7	10
Úložný prostor	10	10	4
Jednoduchost výroby	9	4	8
Tvarování	3	9	5
Prostorové uspořádání	4	8	6
Originalita	5	9	1
Ergonomie používání	6	7	4
Vizuální soudržnost	10	8	10
Míra soukromí	9	9	3
Logika pohybu uživatele	3	7	4
Součet bodů	66	78	55

5 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

Předběžný návrh vychází z varianty II, která kombinuje šikmé a podélné uspořádání kabin. Tato varianta byla zvolena zejména pro vyvážený poměr mezi kapacitou, komfortem uživatelů a provozními nároky vozu. Oproti ostatním variantám umožňuje vznik vymezeného prostoru pro odbavení cestujících při současném zachování průchodnosti uličky a nabízí dostatečný úložný prostor.

5.1 Určení tvarů, rozměrů a materiálů

5.1.1 Tvar

Základní objemové a dispoziční řešení předběžného návrhu zůstává oproti variantnímu do značné míry zachováno. Hlavním cílem této fáze nebyla radikální změna tvaru, ale jeho zpřesnění a sjednocení tak, aby celek působil kompaktně, čitelně a zároveň realisticky z hlediska další výroby a montáže.



Obr. 5-1 Předběžný návrh, půdorys

Celkový vzhled je založen na rytmickém opakování modulů kabin, které vytváří jasnou strukturu interiéru a podtrhuje logiku zvoleného dispozičního řešení. Zaoblené hrany a plynulé přechody mezi jednotlivými objemy reagují na omezený prostor vozu a přispívají ke zmírnění pocitu stísněnosti. Zároveň byly v této fázi naznačeno základní dělení stěn kabin, aby již návrh částečně pracoval s reálnou skladbou jednotlivých prvků.



Obr. 5-2 Předběžný návrh

Při tvarování byla věnována pozornost také průchodnosti uličky a čitelnosti vstupů do kabin. Vstupy jsou tvarově i polohově jasně definované, avšak bez detailního řešení samotného interiéru kabin, který nebyl v této fázi prioritou. Hlavním záměrem bylo nejprve ověřit celkové proporce, ergonomii a vzájemné vztahy jednotlivých objemů tak, aby navržené rozměry odpovídaly provozním i prostorovým nárokům lůžkového vozu.

Specifická pozornost byla v rámci tvarování věnována také řešení dvojlůžek. V tomto případě je vstup do horní i spodní kabiny umístěn přímo nad sebou, což kladlo zvýšené nároky na návrh přístupu. Z tohoto důvodu byl navržen posuvný žebřík, který umožňuje bezpečný a komfortní vstup do horní kabiny, aniž by trvale blokoval vstup do spodního lůžka. Tento posuvný žebřík je navíc doplněn o pružinovou západku, která ho ve vysunutém stavu pevně aretuje, čímž je zajištěno, že se během výstupu či sestupu cestujícího nebude nijak hýbat.

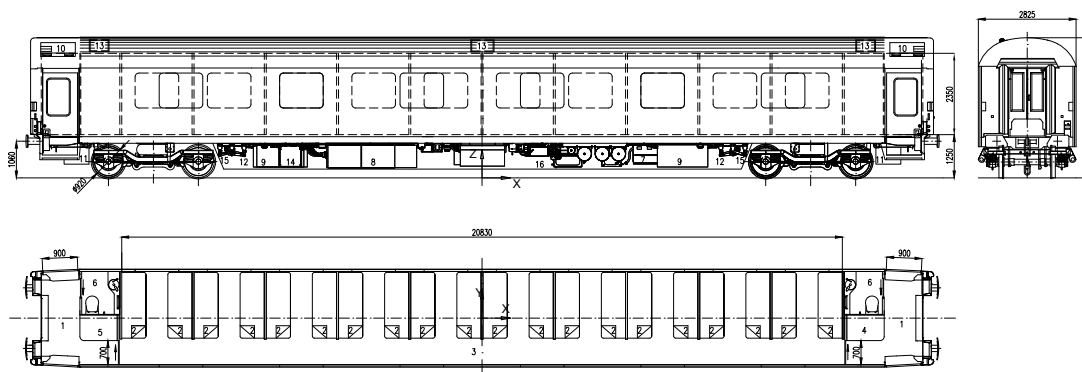


Obr. 5-3 Předběžný návrh, posuvný žebřík

Předběžný návrh tak slouží jako mezistupeň mezi variantním řešením a detailním návrhem, ve kterém budou dále rozpracovány interiéry jednotlivých kabin, technické detaily a konstrukční návaznosti.

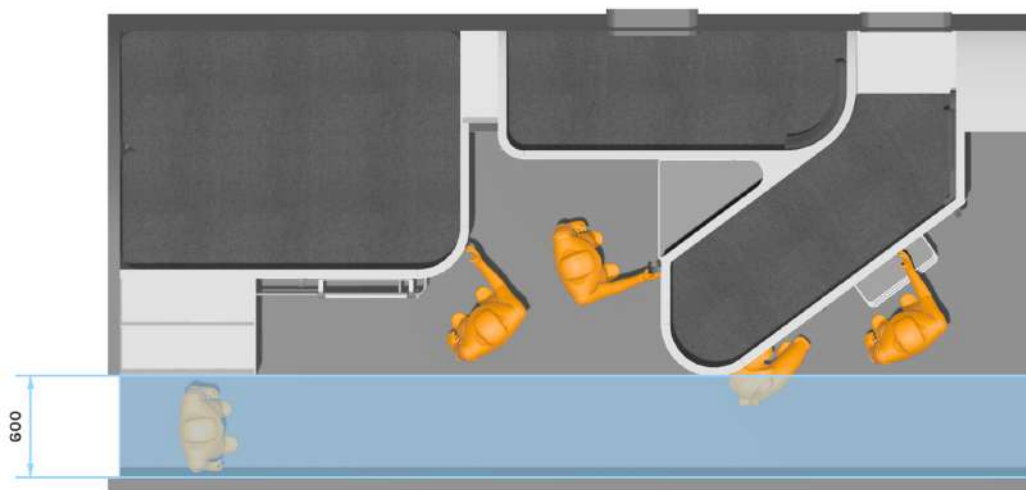
5.1.2 Rozměry

Rozměrové řešení předběžného návrhu přímo aplikuje technické limity a prostorové mantinely definované v kapitole 2.2.3. Konstrukční parametry vozu poskytnuté společností Škoda Group (viz Obr. 5-4) jednoznačně rámcují maximální možné rozměry interiéru, zejména čistou šířku 2 625 mm a světlou výšku 2 350 mm, která byla v teoretické části odvozena od celkových rozměrů skříně po odečtení podvozkové a technologické části. Délka vyhrazeného úseku 20 830 mm pak určuje základní rastr pro rozvržení lůžkových modulů. Tyto fixní parametry tvoří základ pro proporční uspořádání dispozice i pro dimenzování jednotlivých prvků s ohledem na ergonomické standardy.



Obr. 5-4 Výkresová dokumentace nočního vozu [17]

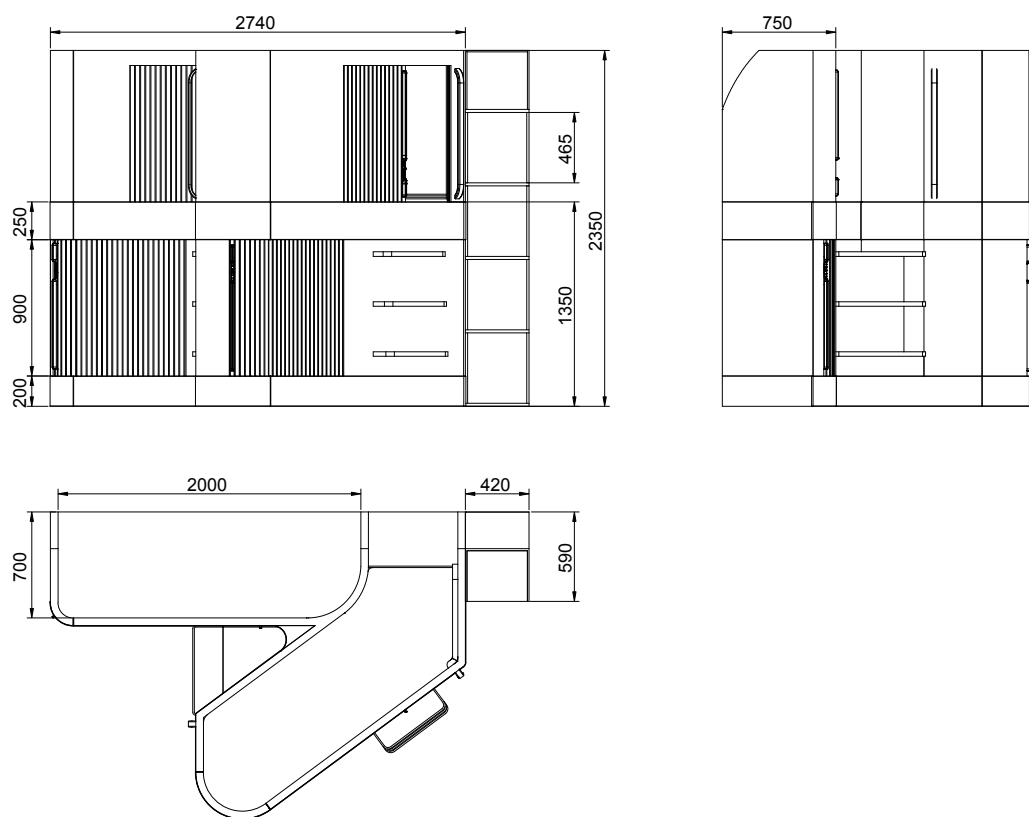
Mezi klíčové rozměry patřila především šířka centrální uličky, která byla stanovena na 600 mm s ohledem na plynulý pohyb cestujících a obsluhy vozu (viz Obr. 5-5). Rozměr samotného lůžka byl navržen na 2 000 × 700 mm, což umožňuje přiblížení se standardním rozměrům postele při zachování prostorových limitů interiéru. Důležitým prvkem jsou také vstupní dvířka do kabiny, jejichž rozměry byly stanoveny na výšku 900 mm a šířku 880 mm tak, aby byl zajištěn pohodlný vstup do kabiny i v omezených prostorových podmínkách vozu.



Obr. 5-5 Znáznornění uličky

Další pozornost byla věnována dimenzování doplňkových prvků, zejména žebříků a úložných prostor. Rozestup mezi jednotlivými stupínky žebříku byl navržen na 300 mm, což odpovídá ergonomickým požadavkům na bezpečný výstup do horní kabiny. Úložné skříňky určené pro zavazadla mají objem 100,7 l a vnitřní rozměry $465 \times 380 \times 570$ mm, což umožňuje uložení příručního zavazadla a obuvi pro každého cestujícího.

Horní kabina je umístěna ve výšce 1 350 mm nad úrovní podlahy. Výška stropu uvnitř kabin se pohybuje přibližně kolem 970 mm, přičemž tento rozměr není v celém prostoru konstantní. U horních kabin je výška ovlivněna obloukovým tvarem stropu železničního vozu, což vede k proměnlivé výšce v závislosti na poloze v kabině. Návrh s touto skutečností pracuje a zohledňuje ji při formování interiéru tak, aby byl zachován maximální možný komfort uživatele v rámci daných konstrukčních omezení. Celkové rozměrové řešení tak vychází z limitů vozu a současně reflektuje ergonomické a provozní požadavky kladené na lůžkové kabiny.



Obr. 5-6 Předběžný návrh, rozměry

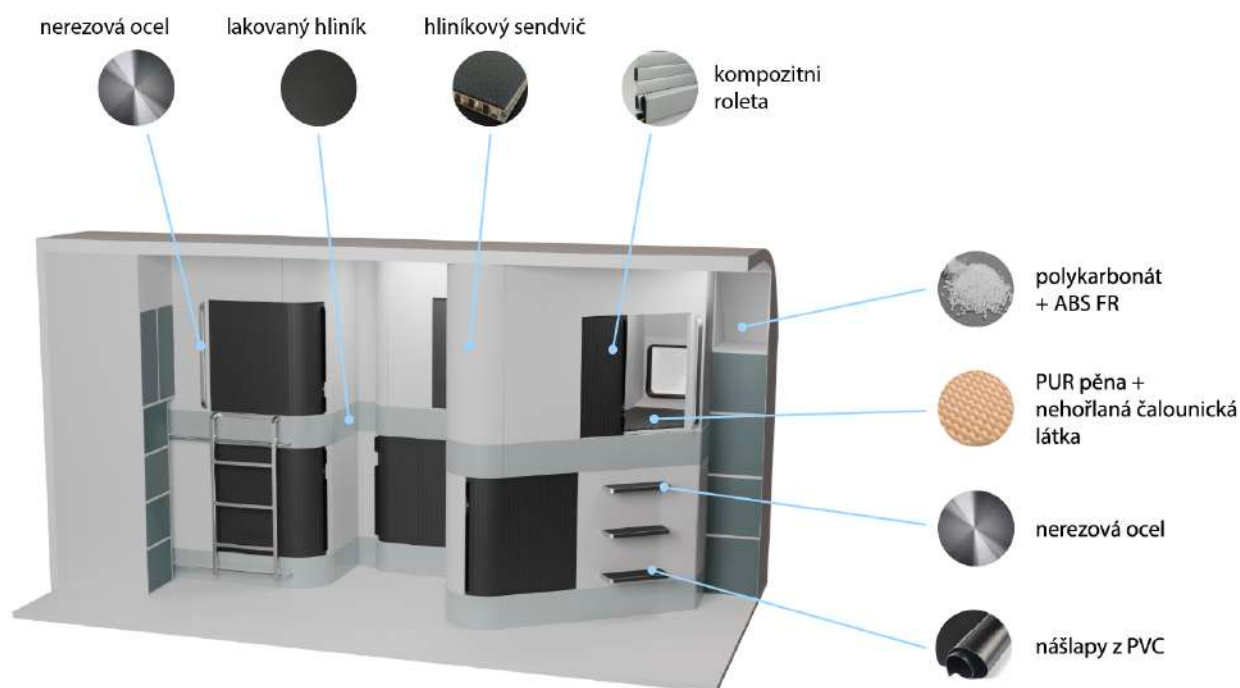
5.1.3 Materiály a výroba

Materiálové a konstrukční řešení předběžného návrhu vychází z požadavků železniční dopravy na nízkou hmotnost, vysokou odolnost a požární bezpečnost. Základním materiálem konstrukčního řešení jsou hliníkové sendvičové panely, které tvoří veškeré stěny jednotlivých kabin.

Nosnou část kabin doplňuje hliníková konstrukce, která je integrována do panelové skořepiny. Jednotlivé moduly kabin jsou mechanicky kotveny k vnější schránce vozu a upevňovány pomocí C-drážek, šroubových spojů a klipů. Tento způsob montáže umožňuje přesné usazení modulů, zjednodušuje instalaci i případnou demontáž. Do sendvičových stěn jsou již ve fázi výroby integrovány vybrané prvky, jako je osvětlení, elektrické zásuvky, výklopné stolky, háčky a další doplňky.

Madla a žebříky jsou navrženy z nerezové oceli s ohledem na vysoké mechanické namáhání a dlouhodobou odolnost. Pro zvýšení bezpečnosti při výstupu do horních kabin jsou nášlapy žebříků opatřeny protiskluzovým povrchem z PVC. Detaily interiéru, jako jsou úložné skříňky a odkládací plochy, jsou uvažovány z polykarbonátu a plastu ABS FR, které splňují požadavky na nehořlavost a zároveň umožňují tvarovou variabilitu.

Dvířka do kabin jsou navržena z kompozitní rolety s hliníkovým obložením, která umožňuje jejich vedení po zaoblené dráze, čímž dochází k úspoře prostoru při otevírání a zároveň je zachována potřebná míra soukromí. Pás zakrývací spoj mezi spodní a horní kabinou je řešen z lakovaného hliníku, čímž dochází k vizuálnímu sjednocení interiéru. Lůžka jsou vybavena matracemi z PUR pěny, potaženými nehořlavou čalounickou textilií, která splňuje hygienické i bezpečnostní požadavky železniční dopravy.



Obr. 5-7 Předběžný návrh, materiálové řešení

5.2 Odhad výrobních nákladů

Odhad výrobních nákladů navrženého lůžkového kupé byl zpracován na základě předběžného konstrukčního a materiálového řešení návrhu. Náklady byly rozděleny do několika základních kategorií – konstrukční části, vybavení, elektroinstalace a systémy a výroba a montáž (viz Tab. 5-1).

Největší podíl na celkové ceně představují konstrukční části, zejména hliníkové sendvičové panely použité pro stěny a dělicí příčky. Ty byly zvoleny s ohledem na nízkou hmotnost, pevnost a vhodnost pro použití v železničních vozidlech. Další významné položky tvoří vybavení interiéru a technické systémy, jako jsou LED osvětlení, NFC zámky a ovládací displeje, které zvyšují komfort a uživatelský standard kupé.

Celková odhadovaná cena celého interiéru vagónu činí přibližně 3 585 000 Kč. Tato hodnota odpovídá realizaci prototypu nebo malosériové výroby. Při uvažování sériové výroby lze předpokládat snížení jednotkových nákladů, zejména v oblasti materiálů a montáže.

Tab. 5-1 Odhad ceny celého interiéru vozu

Konstrukční části	Odhadovaná cena
Hliníkové sendvičové (stěny + dělicí příčky)	2 100 000 Kč
Hliníková podpurná konstrukce	150 000 Kč
Roletové kompozitní dveře	70 000 Kč
Hliníkové krycí lišty	35 000 Kč
Dvířka skříněk, kryty	45 000 Kč
Vybavení	Odhadovaná cena
Matrace	90 000 Kč
Žebříky a madla	60 000 Kč
Polstrování stěn	55 000 Kč
Elektro a systémy	Odhadovaná cena
LED osvětlení	70 000 Kč
NFC zámky	65 000 Kč
Ovládací display	140 000 Kč
Elektrická instalace	80 000 Kč
Rozhlasový systém	25 000 Kč
Výroba a montáž	600 000 Kč
Celková odhadovaná cena	3 585 000 Kč

6 DETAILNÍ NÁVRH

Od předběžného návrhu k návrhu detailnímu bylo provedeno několik úprav, které dále rozvíjejí zvolený koncept. V rámci této fáze zůstalo celkové tvarové řešení exteriéru kabin i dispozice vozu v souladu s předběžným návrhem, neboť tyto parametry byly vyhodnoceny jako vyhovující již v předchozích krocích. Pozornost byla následně zaměřena na komplexní zpracování vizuální identity vnitřního vybavení a úložných prostor, které byly v dřívější fázi definovány pouze z hlediska jejich základních rozměrů a pozic. Hlavním záměrem bylo vytvořit tvarosloví interiéru, které plynule navazuje na charakter exteriéru a sjednocuje celý modul do jednoho estetického celku. Provedené změny směřují k vyšší uživatelské přívětivosti a k dosažení finálního vizuálního standardu celého lůžkového vozu.

V této kapitole je představeno celkové detailní řešení finálního návrhu. Kapitola shrnuje řešení po tvarové, funkční, ergonomické a barevné stránce.

6.1 Tvarové řešení

6.1.1 Exteriér



Obr. 6-1 Přední pohled

Při tvarovém řešení exteriéru kabin byl kladen důraz na vytvoření vizuálně kompaktního celku, který jasně vymezuje soukromý prostor uživatele. Celková dispozice vozu a základní geometrie modulů zůstaly v souladu s předběžným návrhem, avšak v rámci detailní fáze došlo k úpravě funkčních prvků, které mají přímý vliv na vnější vzhled a uživatelskou ergonomii.

V rámci detailního návrhu je již patrný finální vzhled vozu s reálnou výškou stropu. Zatímco v předběžném návrhu bylo uvažováno pouze s nutnou prostorovou rezervou pro vedení vzduchotechniky, v této fázi bylo provedeno konkrétní tvarové řešení stropních podhledů. Toto zpřesnění definuje výslednou světlou výšku interiéru a dotváří celkovou prostorovou kompozici lůžkového vozu.



Obr. 6-2 Sektor 1 s dvoulůžkovými kabinami



Obr. 6-3 Pohled z uličky



Obr. 6-4 Vstup k podélné kabině

Významnou změnou prošly úložné prostory přístupné z uličky vozu. Pro dosažení maximální úspory místa byla u těchto skříněk zvolena zapuštěné úchytky. Hlavním důvodem pro toto řešení byla snaha zamezit kolizím s ostatními prvky v bezprostřední blízkosti, jako jsou například madla posuvných dvířek u spodních podélných lůžek. Zapuštěné úchytky jsou navržena jako subtilní horizontální zářezy integrované přímo do čelních ploch úložných prostor. Toto řešení umožňuje, aby se jednotlivé pohyblivé části interiéru mohly volně míjet, aniž by docházelo k jejich vzájemnému kontaktu nebo omezení funkčnosti. Zároveň dochází k optickému sjednocení vnějšího pláště kabin a k potlačení vizuální roztržitosti.



Obr. 6-5 Skříňka na příruční zavazadlo

I přes tyto úpravy zůstává objem jednotlivých boxů o rozměrech $465 \times 570 \times 380$ mm shodný s parametry stanovenými v předběžném návrhu. Tato kapacita je plně dostačující pro uložení standardního příručního zavazadla o rozměrech $550 \times 400 \times 200$ mm a současně poskytuje dostatek zbývajících prostoru pro odložení obuvi.



Obr. 6-6 Využití úložného prostoru

Další zásadní úprava se týká konstrukčního řešení žebříku, který zajišťuje přístup k horní diagonální kabině. Vzhledem k technickému omezení stěny v místě za žebříkem, kde se nachází mechanismus pro zajištění posuvných dveří spodní diagonální kabiny, nebylo možné realizovat kotvení přímo do této plochy. Šířka stěny v tomto kritickém bodě není dostatečná pro bezpečné upevnění nosných prvků. Z tohoto důvodu byl žebřík doplněn o postranní podpurnou konstrukci. Tato subtilní soustava je kotvena do pevnějších částí stěny pod horním lůžkem a v úrovni pod spodním lůžkem. Tímto způsobem je zajištěna nezbytná stabilita a nosnost výstupu, aniž by došlo k ovlivnění funkčnosti dveřního mechanismu. Tvarování této konstrukce je navrženo tak, aby plynule navazovalo na svislé linie žebříku a vizuálně odpovídalo ostatním technickým prvkům v uličce vozu.



Obr. 6-7 Žebřík k horní diagonální kabině

Tvarové řešení protější strany uličky bylo navrženo s ohledem na maximální vizuální otevřenost a plynulost průchozího prostoru, který protíná celou délku vozu. Hlavním záměrem bylo zajistit dostatečný přísun přirozeného světla do vozu a umožnit cestujícím nerušený výhled na okolní krajinu pomocí rozměrných oken, která opticky rozšiřují úzký profil uličky a přispívají k celkovému prosvětlení vnitřního prostoru. Před každým okenním otvorem je instalováno madlo sloužící jako opora při průchodu během jízdy, které je částečně zapuštěno do prostoru okenního výklenku. Toto konstrukční uspořádání minimalizuje přesah madla do samotné uličky, čímž je zachována maximální průchozí šířka a eliminováno riziko kolize s uživateli při zachování minimalistického charakteru boční stěny vozu.



Obr. 6-8 Protěží stěna vozu

6.1.2 Interiér kabin

Návrhu interiéru jednotlivých modulů vychází z funkčních požadavků definovaných v rámci průhledového schématu (viz kap. 4.2). Toto schéma sloužilo primárně k určení nezbytných prvků výbavy, zatímco jejich finální rozmístění a tvarové řešení bylo předmětem až této detailní fáze.

Interiér každého modulu je navržen s důrazem na maximální efektivitu využití obestavěného prostoru. Ačkoliv jsou funkční prvky v jednotlivých kabinách identické, jejich konkrétní tvarování a umístění se liší v závislosti na vnější geometrii podélných, diagonálních a dvoulůžkových jednotek. Veškeré vybavení je situováno na stěny a stropy tak, aby prostor lůžka zůstal zcela volný. Tímto uspořádáním je zajištěn dostatečný prostor pro spánek, který představuje primární funkci navrženého vozu.

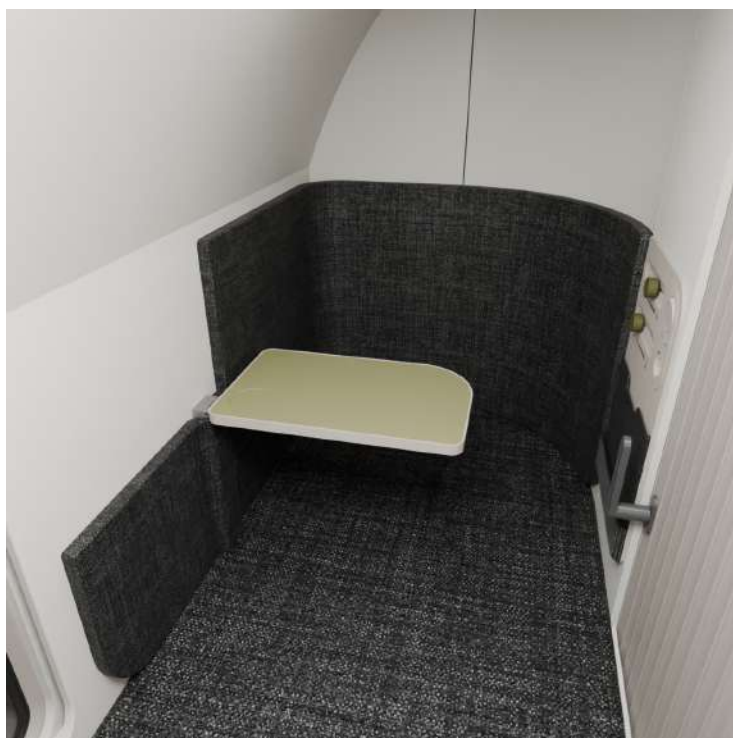
V rámci detailního návrhu došlo k několika zásadním technologickým a ergonomickým úpravám. Významnou změnou je řešení ovládacího panelu pro regulaci osvětlení a teploty, kde byl původně zvažovaný dotykový displej nahrazen panelem s fyzickými ovladači. Mechanické prvky byly zvoleny pro svou jasnější hmatovou odezvu, vyšší provozní spolehlivost a ekonomickou efektivitu. K podobné redukci došlo u řešení opory při sedu, kde bylo na základě ergonomického vyhodnocení upuštěno od samostatné opěrky hlavy a plocha je řešena pouze pomocí polstrování stěny. Absence pevné opěrky umožňuje uživateli větší volnost pohybu v omezeném prostoru a zároveň reflektuje skutečnost, že při běžných polohách během odpočinku není tento prvek vyžadován jako nezbytný.

Novým prvkem integrovaným v této fázi je okenní roleta zajišťující světelný komfort a soukromí cestujících. Celý mechanismus je implementován přímo do konstrukce stěny vozu, čímž se minimalizuje množství vyčnívajících prvků v interiéru.



Obr. 6-9 Okenní roleta v kabinách

Stěnové vybavení dále doplňuje výklopný stolek s kruhovou prohlubní pro láhev a systém úložných kapes. Hlubší látková kapsa je určena pro informační materiály, zatímco plytká síťová kapsička na jejím povrchu umožňuje bezpečné odložení drobných osobních předmětů, jako je mobilní telefon, v bezprostředním dosahu lůžka.



Obr. 6-10 Výklopný stolek v pracovní poloze

Podélné kabiny

Interiér podélných kabin je navržen s důrazem na vizuální propojenost všech funkčních prvků. Hlavním sjednocujícím motivem je polstrování stěny, které je koncipováno jako souvislý horizontální pás táhnoucí se od výklopného stolku až k ovládacímu panelu. Výška tohoto polstrování je po celé délce konstantní a je přesně zarovnána s vnější hranou sklopeného stolku i s horní hranou ovládacího panelu. Pro dosažení maximální tvarové plynulosti polstrování pokračuje i do prostoru pod stolkem, čímž s těmito komponenty vytváří jeden kompaktní celek.



Obr. 6-11 Horní podélná kabina

Výrazné zaoblení jedné z hran výklopného stolku se zrcadlí i v tvarování polstrování pod ním. Toto tvarové sjednocení vizuálně potlačuje fakt, že se jedná o různé funkční části, a dodává interiéru čistý, nerušený charakter.

Uspořádání prvků v horní a spodní kabině je v principu identické, dochází pouze k jejich stranovému prohození. U horního lůžka se ovládací panel nachází vlevo a stolek vpravo (z pohledu sedícího), zatímco u spodního lůžka je panel vpravo a stolek vlevo.



Obr. 6-12 Spodní podélná kabina

Samotný ovládací panel je navržen jako subtilní deska s výrazným zaoblením v horním rohu, které koresponduje s rádiusem přilehlého polstrování. Plocha panelu je členěna do několika úrovní. V jedné části se nacházejí dva rovnoběžné horizontální prolisy s půlkruhovým zakončením, které slouží pro vedení posuvných ovladačů. Ostatní prvky využívají motivu kruhu. Dominantním prvkem je hlubší kruhové vybrání pro zásuvku a nad ním umístěný kruhový vypínač osvětlení. Přímo pod ovládacím panelem jsou pak situovány textilní úložné kapsy.



Obr. 6-13 Ovládací panel v podélných kabinách

Stropní část kabiny je využita pro integraci technických prvků. Hlavní osvětlení zajišťuje LED pás ve tvaru obdélníku s výrazně zaoblenými rohy, který svým tvaroslovím koresponduje s ostatními prvky interiéru. Audio systém je řešen minimalisticky pomocí reproduktoru integrovaného přímo do stropního panelu. Ten je vizuálně přiznán pouze jako jemná perforace tvořená rastrem malých kruhových otvorů v rámci větší kruhové plochy.

Diagonální kabiny

Vnitřní uspořádání horní a spodní diagonální kabiny je totožné a vychází ze specifické geometrie tohoto modulu. Tvarové řešení jednotlivých komponent, jako je ovládací panel a výklopný stolek, zůstává sjednocené s podélnými kabinami, avšak jejich rozmístění bylo upraveno s ohledem na šikmý sklon stěny a ergonomické požadavky uživatele.



Obr. 6-14 Horní (vlevo) a spodní (vpravo) diagonální kabina

Všechny hlavní funkční prvky jsou v tomto případě soustředěny na pravé stěně (z pohledu sedící osoby). Uspořádání začíná výklopným stolem, který je situován v optimálním dosahu od místa sedu. Na něj navazuje souvislý pás stěnového polstrování, který vizuálně i funkčně propojuje prostor směrem k oknu, kde je umístěn ovládací panel a pod ním systém textilních úložných kapes. Toto umístění panelu je dáno výrazným zaoblením stěny v rohu kabiny, které neposkytuje vhodnou plochu pro instalaci plochých komponent, a panel je proto posunut k rovnější části stěny u okenního výklenku.



Obr. 6-15 Horní diagonální kabina, pohled z uličky



Obr. 6-16 Ovládací panel v diagonálních kabinách

Vzhledem k tomu, že každá diagonální kabina musí splňovat požadavky na přístup k únikovému východu, vzniká v prostoru pod oknem dodatečná odkládací plocha. Specifickým prvkem diagonálního modulu je výklopná opěrka umístěná na stěně naproti ovládacímu panelu. Její integrace je nezbytná, neboť samotné tvarování stěny v tomto místě neposkytuje cestujícímu přirozený a komfortní úhel pro opření.

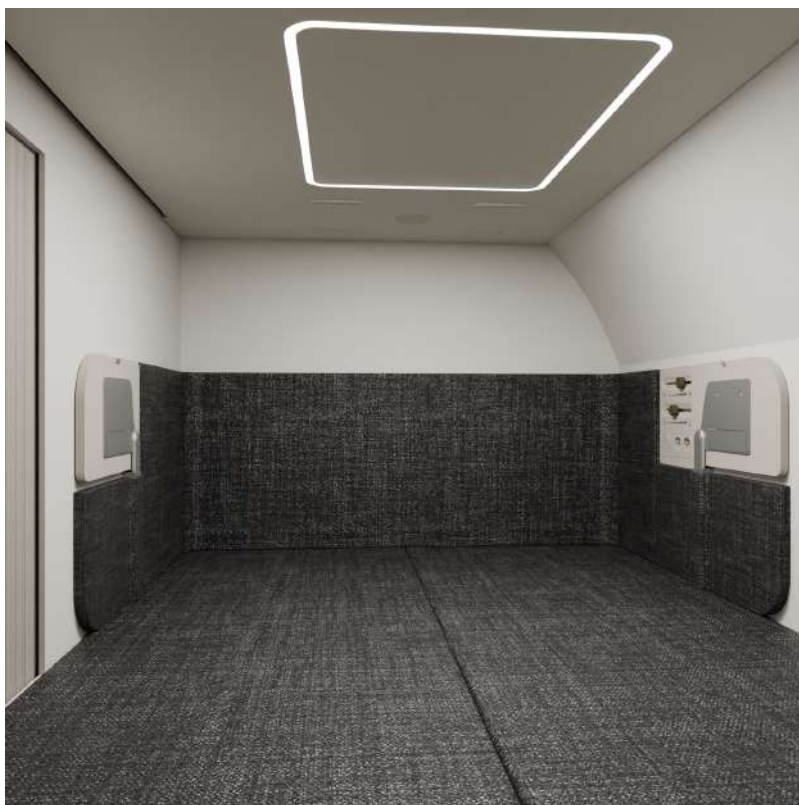


Obr. 6-17 Vyklopná opěrka

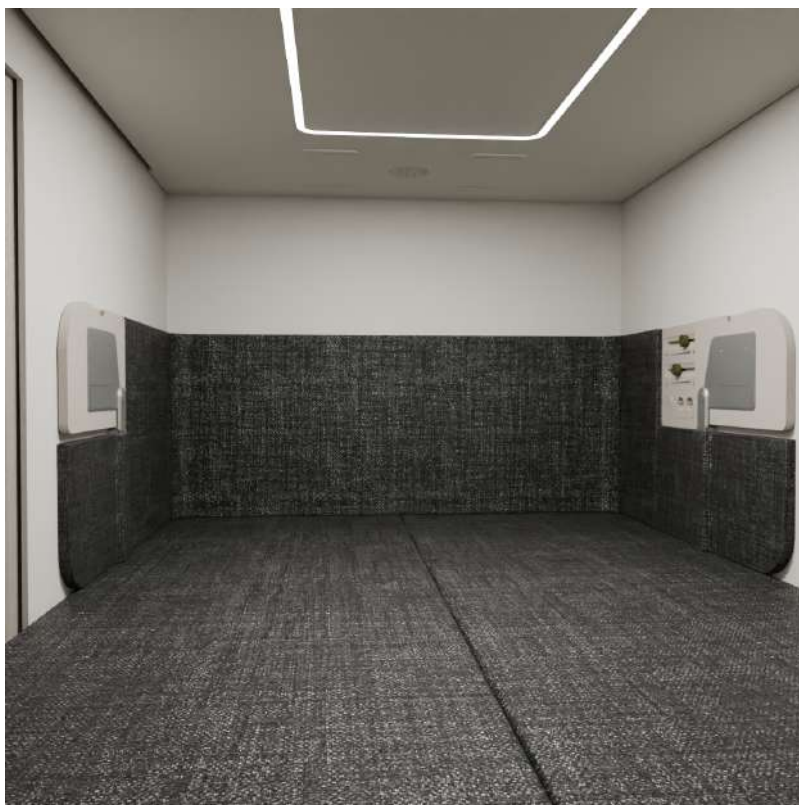
Technické vybavení stropní části, zahrnující obdélníkové LED osvětlení se zaoblenými hranami a reproduktor řešený formou perforace, zůstává v souladu s ostatními typy kabin. Tím je zachována vizuální i funkční identita celého interiéru vozu bez ohledu na prostorové odlišnosti jednotlivých modulů.

Dvoulůžková kabina

Dvoulůžkové kabiny jsou v rámci vozu navrženy pouze dvě, a to ve spodní a horní úrovni na jednom konci vozu. Jejich uspořádání reflektuje potřebu vyššího komfortu a soukromí pro dvojici cestujících, čemuž odpovídá i specifická dispozice interiéru, která je pro horní i spodní kabinu totožná.



Obr. 6-18 Horní dvoulůžková kabina, přední část



Obr. 6-19 Spodní dvoulůžková kabina, přední část

Zásadním rozdílem oproti jednolůžkovým modulům je integrace dvou samostatných výklopných stolků. Stolky jsou situovány symetricky na boční stěny kabiny, čímž má každý cestující k dispozici vlastní odkládací a pracovní plochu. Tvarové sjednocení prostoru je docíleno souvislým pásem stěnového polstrování, který se táhne od pravého výklopného stolku přes celou zadní stěnu až k levému stolku.

Ovládací panel se v této kabině nachází pouze jeden, a to na levé boční stěně v těsné blízkosti stolku. Vzhledem k tomu, že slouží pro dvě osoby, bylo upraveno jeho vnitřní rozložení prvků. Posuvníky pro regulaci teploty a osvětlení jsou na panelu umístěny horizontálně pod sebou v horní části. Spodní část panelu je pak rozdělena na kruhový vypínač osvětlení (vlevo) a dvě elektrické zásuvky (vpravo), aby byl zajištěn adekvátní přístup k napájení pro oba uživatele.



Obr. 6-20 Ovládací panel v dvoulůžkových kabinách

U nohou cestujících, na stěně naproti hlavní relaxační části, jsou umístěny textilní úložné kapsy. V rohu u okenní stěny vzniká v prostoru výklenku mezi lůžkem a konstrukcí navazující podélné kabiny dodatečná pevná odkládací plocha. Tato plocha je vizuálně doplněna kulatým zrcadlem připevněným na stěně nad ní.



Obr. 6-21 Horní dvoulůžková kabina – zadní část

Stropní LED osvětlení si zachovává obdélníkový tvar se zaoblenými rohy, je však úměrně k širšímu profilu kabiny rozměrově zvětšeno, aby byl prostor rovnoměrně prosvětlen. Reprodukční, řešený formou perforace, zůstává v provedení shodném s ostatními typy kabin.

6.2 Konstrukční a funkční návrh

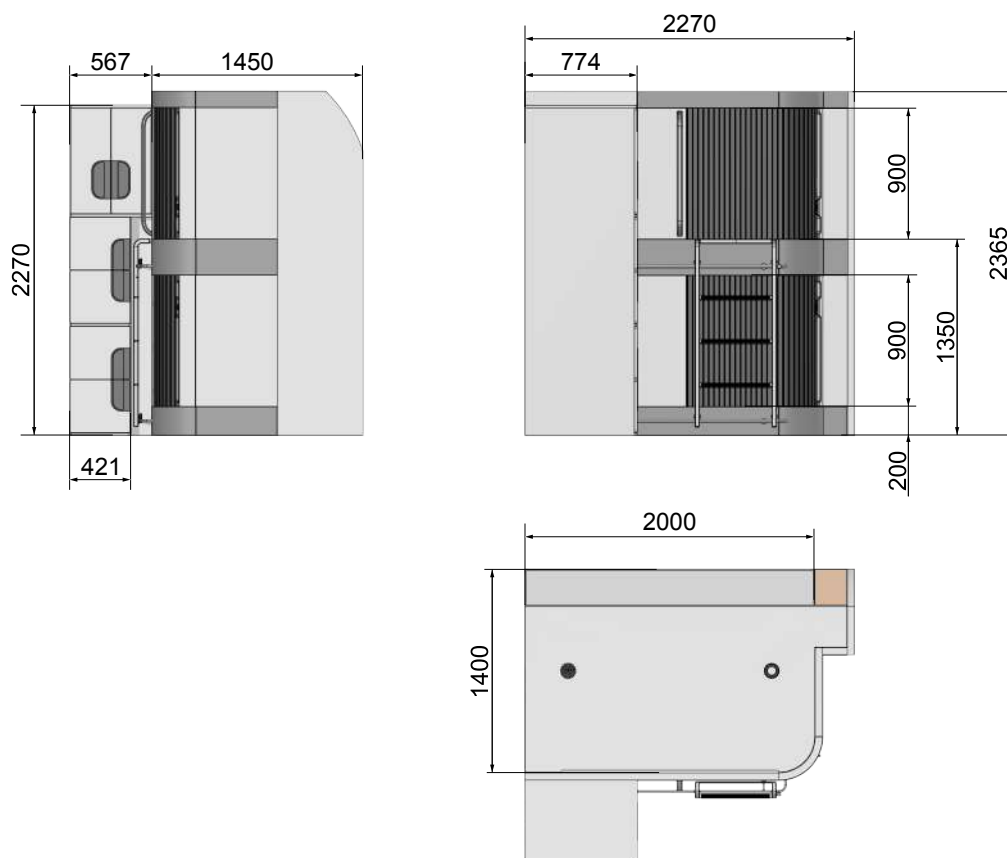
Tato část práce se zaměřuje na technickou realizaci navrženého konceptu, kde hlavním cílem bylo přetavit tvarosloví a prostorové uspořádání modulů do funkčního celku. Konstrukční řešení muselo zohlednit nejen přísné prostorové limity železniční dopravy, ale také vysoké nároky na uživatelskou ergonomii a technologickou vybavenost jednotlivých kabin. Následující text detailně rozebírá rozměrové parametry, zvolené materiály a výrobní procesy, a dále se věnuje specifickým systémům osvětlení a technickému zpracování ovládacího panelu, který tvoří klíčové rozhraní mezi cestujícími a prostředím kabiny.

6.2.1 Rozměrové řešení

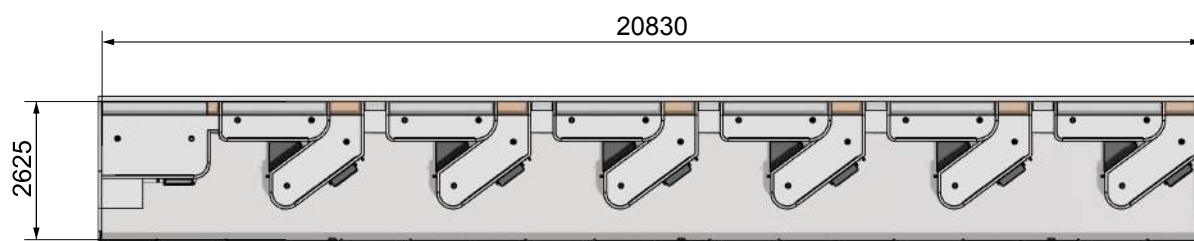
Finální rozměrové řešení přímo navazuje na technickou analýzu limitů vozové skříně (viz kapitola 2.2.3) a rozpracovává parametry stanovené v předběžném návrhu (viz kapitola 5.1.2). Základem rozměrového návrhu je lůžko o rozměrech 2000×700 mm, které představuje optimální kompromis mezi komfortem spánku a efektivním využitím půdorysné plochy vozu. Konstrukce plně využívá světlou výšku interiéru pro vertikální uspořádání dvou kabin nad sebou, přičemž v horní části byl respektován prostor pro nezbytné technické rozvody a izolaci.



Obr. 6-22 Rozměrové řešení, kabiny pro jednotlivce

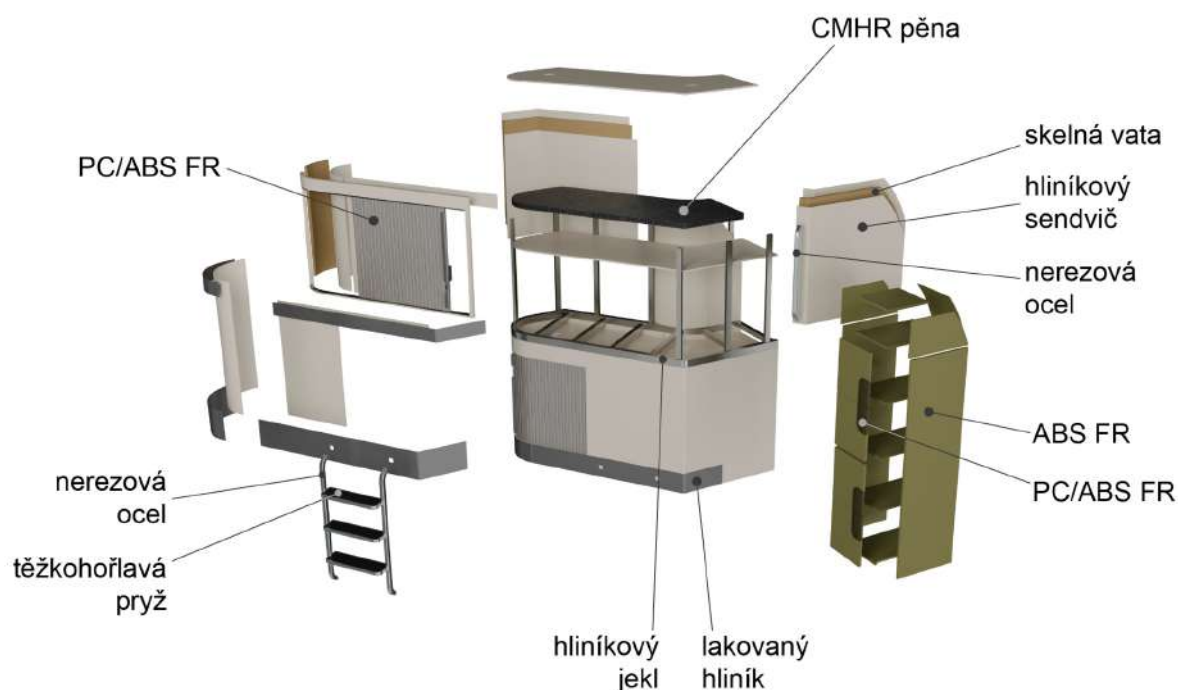


Obr. 6-23 Rozměrové řešení, dvoulůžkové kabiny



Obr. 6-24 Rozměrové řešení, celý vůz

6.2.2 Materiály a výroba



Obr. 6-25 Rozpad

Materiálové řešení interiéru je navrženo s prioritou na nízkou celkovou hmotnost a striktní dodržení požární bezpečnosti v kategorii HL3. Základem konstrukce je samonosný skelet z hliníkových profilů, který plní dvojí funkci: definuje prostorový objem jednotlivých kabin a zároveň slouží jako hlavní nosný systém pro horní lůžka. Tento skelet zajišťuje stabilitu celého modulu při dynamickém namáhání během jízdy a nese horizontální rošt, na kterém je upevněn hliníkový sendvič tvořící podlahu horního patra. Na svislé části rámu jsou z vnitřní i vnější strany připevněny hliníkové sendvičové panely s nehořlavým jádrem, přičemž prostor mezi nimi vyplňuje izolace ze skelné vaty. Ta hraje zásadní roli při udržování tepelného komfortu a zajišťuje vysoký útlum hluku mezi sousedními moduly a uličkou. Veškeré spoje jsou realizovány pomocí nýtů a skrytých mechanických úchytů, což umožňuje efektivní demontáž panelů při servisních zásazích do elektroinstalace či vzduchotechniky.

Vizuální a komfortní dominantu interiéru tvoří měkký pás stěnového polstrování, který opticky propojuje prostor kabiny. Tento segment sestává z nosné desky a vrstvy nehořlavé CMHR pěny, která je potažena certifikovanou technickou textilií v tmavě žíhaném odstínu pro snazší údržbu. Polstrování je na stěny upevněno systémem skrytých plastových klipů, což zajišťuje čistý vzhled bez viditelných šroubů. Stejná technologie CMHR pěny s vysokou tvarovou stálostí je využita i u matrací. Ty jsou řezány z jednoho kusu a jejich tvar přesně kopíruje specifický půdorys daného modulu, čímž je maximálně využit prostor pro odpočinek.

Výrobní proces a následná montáž probíhají formou postupné instalace jednotlivých komponent přímo do vozové skříně. Tento postup umožňuje precizní lícování dílů v omezeném prostoru vlaku a postupné propojování technologických celků. Jednotlivé segmenty kabiny jsou kotveny k podlahovému roštu vozu přes tlumicí vrstvu z pryže, která zamezuje přenosu strukturálních vibrací z podvozku na lůžka. Finální kompletace zahrnuje osazení interiérových prvků, jako jsou úložné skřínky z ABS FR či roletové dveře. Vnitřní rozvody jsou s hlavními systémy vozu propojeny pomocí konektorů, což usnadňuje montáž i případnou výměnu modulů v budoucnu.

6.2.3 Systém ventilace a cirkulace vzduchu

Klíčovým aspektem pro zajištění tepelné pohody a vysoké kvality vnitřního prostředí v uzavřených lůžkových modulech je systém nuceného větrání. Přívod i odvod vzduchu jsou integrovány přímo do stropní konstrukce každé kabiny, přičemž intenzitu proudění může cestující individuálně korigovat prostřednictvím fyzických ovladačů na hlavním ovládacím panelu.

Distribuce čerstvého vzduchu je navržena tak, aby bylo dosaženo rovnoměrného provětrání celého objemu lůžka bez vzniku nepříjemného průvanu. V kabinách určených pro jednu osobu jsou instalovány čtyři přívodní vyústky, které jsou pro optimální cirkulaci rozděleny do dvou dvojic. Jedna dvojice se nachází v prostoru nad hlavou cestujícího a druhá v zóně u nohou. U dvoulůžkových jednotek je počet přívodních bodů zdvojen na celkových osm vyústek (čtyři nad hlavovou částí a čtyři u nohou), což odpovídá zvýšeným nárokům na výměnu vzduchu při plné obsazenosti modulu.

Odtah znehodnoceného vzduchu je vyřešen konstrukční mezerou o šířce 20 mm, která se táhne podél boční stěny v místě jejího styku se stropním panelem. Tato štěrбина dosahuje délky přibližně 1500 mm a umožňuje plynulý odvod vzduchu po celé délce kabiny. Toto lineární řešení odtahu je zvoleno záměrně, aby vizuálně nenarušovalo čistotu stropní plochy a zároveň podporovalo efektivní příčné provětrávání modulu. Umístění ventilace na stropě v kombinaci s neviditelným odtahovým profilem doplňuje celkovou koncepci minimalizace vyčnívajících prvků v interiéru a zvyšuje tak bezpečnost i estetickou úroveň celého vozu.



Obr. 6-26 Strop podélných kabin



Obr. 6-27 Strop dvoulůžkových kabin

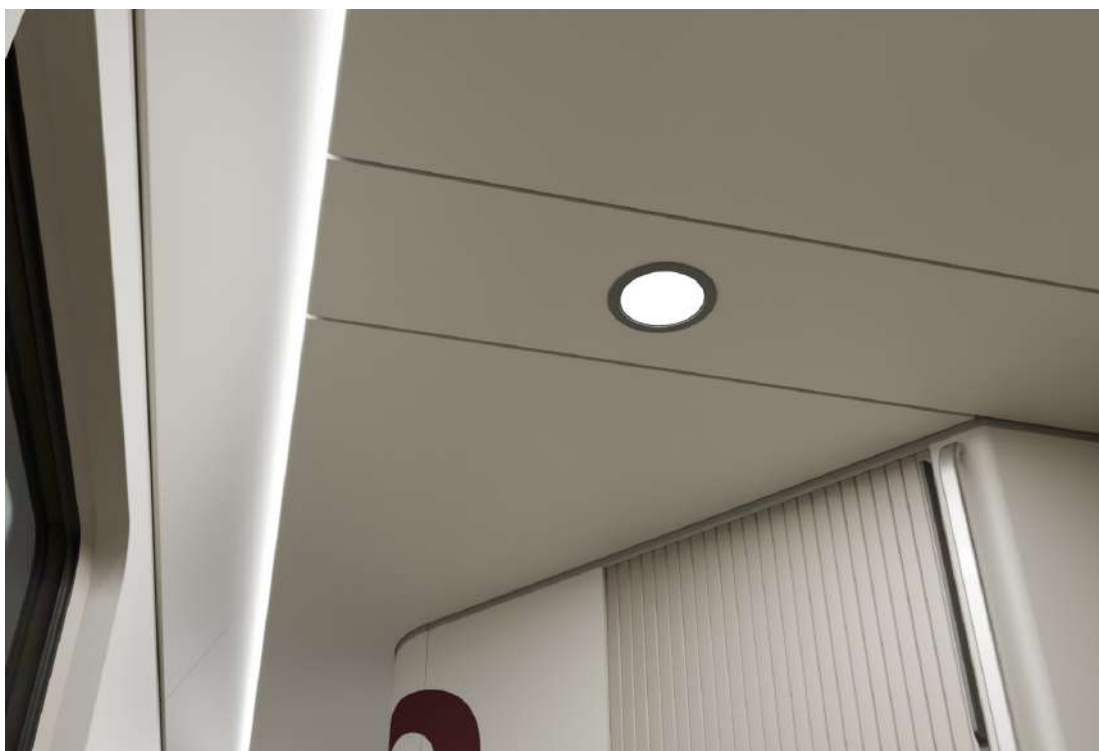
6.2.4 Osvětlení

Osvětlení interiéru je navrženo tak, aby bylo praktické a zároveň dotvářelo celkovou atmosféru vozu. Je rozděleno na osvětlení přímo v kabinách a na osvětlení společné uličky.

V každé kabině se ve stropě nachází světelný obdélník. Ten slouží jako hlavní zdroj světla a je do stropu zapuštěn tak, aby nevyčníval a nepřekážel. Intenzitu světla si může každý cestující nastavit sám podle toho, co zrovna dělá. Lze tak volit mezi plným jasem pro čtení nebo tlumeným světlem pro odpočinek.

Ulička je osvětlena velkými kruhovými světly. Tato světla jsou v pravidelných rozstupech zapuštěna do stropu chodby a zajišťují, aby byla ulička dostatečně a rovnoměrně nasvícená pro bezpečný průchod.

Podél protější stěny u oken se táhne souvislý a tenký světelný pás. Ten prochází celou délkou vozu a funguje jako nouzové a orientační osvětlení. V případě potřeby tento prvek jasně vyznačuje cestu uličkou. Díky svému umístění u oken navíc vizuálně zdůrazňuje délku a rytmus celého vagónu.



Obr. 6-28 Strop vozu

6.2.5 Ovládací panel

Ovládací panel představuje hlavní prvek pro interakci cestujícího s vybavením kabiny. Panel má obdélníkový tvar a je rozdělen na několik funkčních zón. V horní části se nachází vodorovný posuvník pro plynulou regulaci intenzity osvětlení. Pohybem doleva se jas snižuje a směrem doprava se zvyšuje. Ve stejné úrovni vpravo od tohoto posuvníku je umístěn hlavní vypínač světla.

Spodní část panelu je věnována tepelnému komfortu a napájení elektroniky. Nachází se zde druhý vodorovný posuvník, který slouží k nastavení teploty v kabině. Posunem doleva cestující volí nižší teplotu a posunem doprava vyšší. Přímo pod vypínačem světla jsou vedle sebe umístěny dva napájecí porty typu USB-C. Pod touto dvojicí portů je pak osazena klasická elektrická zásuvka pro připojení náročnějších spotřebičů.



Obr. 6-29 Ovládací panel

6.2.6 Systém zabezpečení úložných prostor

Pro zajištění bezpečnosti osobních věcí cestujících v rámci lůžkových modulů je navržen elektronický bezkontaktní systém uzamykání. Vzhledem k důrazu na vizuální čistotu interiéru byl zvolen systém tzv. neviditelného zámku, který se instaluje z vnitřní strany dvířek skříněk. Toto řešení eliminuje potřebu vnějších úchytek, zámkových vložek či jiných mechanických prvků, které by mohly narušovat estetiku návrhu. Samotný zámek pracuje na principu radiofrekvenční identifikace (RFID). K odemčení dochází po přiblížení autorizovaného čipu k ploše dvířek v místě, kde je z vnitřní strany instalována čtecí jednotka. Absence vystupujících prvků je klíčová pro zamezení kolizím s ostatními komponenty v těsné blízkosti, zejména s madly posuvných dvířek u spodních lůžek.

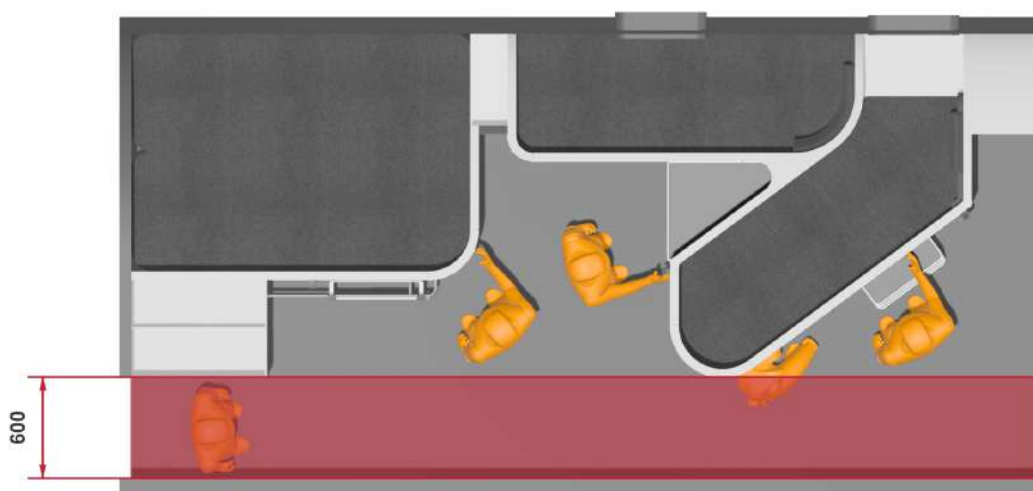


Obr. 6-30 RFID zámek skříněk

6.3 Ergonomické řešení, bezpečnost a hygiena

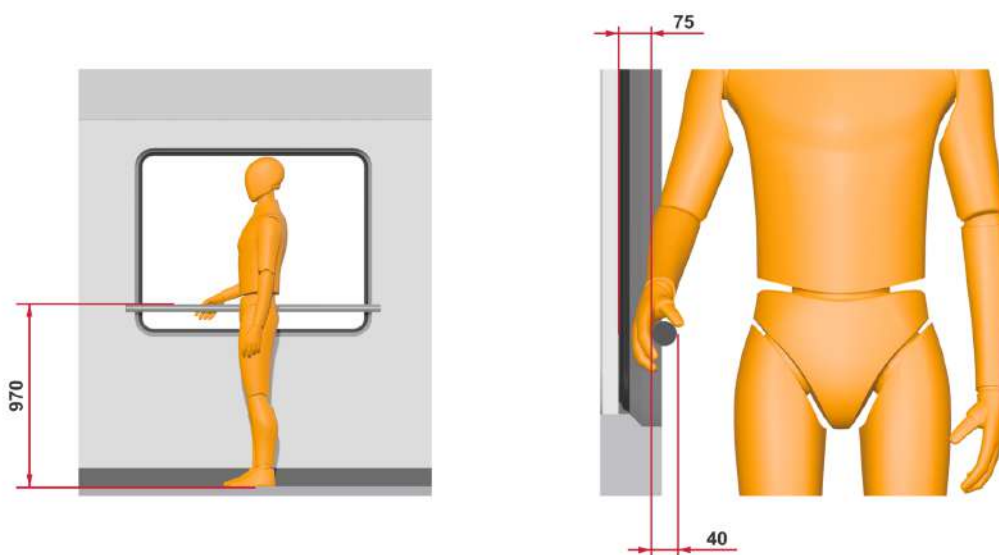
6.3.1 Pohyb ve voze

Dispoziční řešení uličky pracuje s vytvořením funkčních zón, které oddělují hlavní komunikační trasu od vstupů do jednotlivých kabin. Díky zkosení stěn a odsazení vstupních otvorů vzniká před každou kabinou prostor pro odbavení cestujícího. Tento princip zajišťuje, že i ve chvíli, kdy cestující manipuluje se zavazadlem nebo vstupuje do svého modulu, zůstává v uličce stále volný průchozí profil o šířce 600 mm. Tento prostor je dostatečný pro plynulý průchod ostatních osob nebo personálu, aniž by docházelo k vzájemnému omezování nebo blokování chodby.



Obr. 6-31 Průchodnost uličky

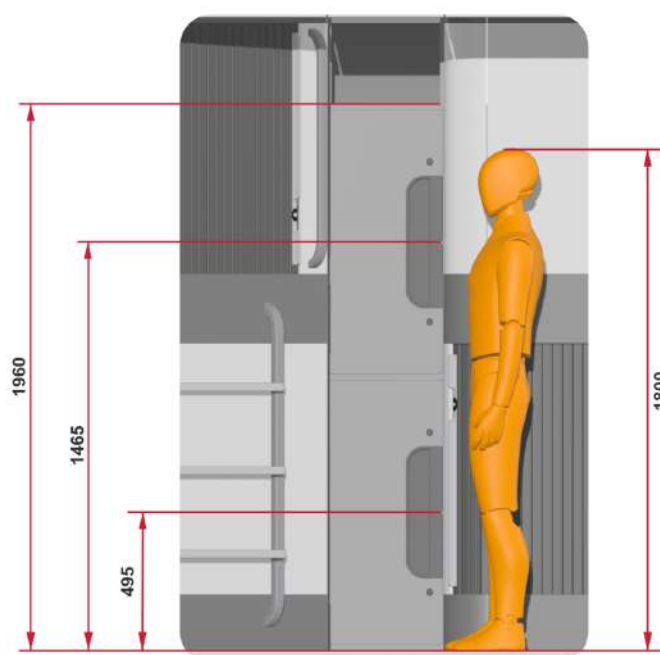
Podél prosklené stěny uličky jsou v úrovni oken umístěna vodorovná madla ve výšce 970 mm nad zemí. Tato výška byla zvolena tak, aby poskytovala přirozenou oporu ruky dospělého člověka při chůzi nebo stání. Madla mají kruhový průřez o průměru 40 mm pro jistý a pevný úchop. Mezi madlem a sklem okna je zachována mezera 75 mm, která zaručuje, že lze madlo bezpečně uchopit bez rizika kontaktu kloubů ruky se skleněnou výplní. Umístění madel přímo u oken je navrženo strategicky tak, aby nijak neomezovala průchozí profil uličky o šířce 600 mm, ale zároveň zůstala okamžitě v dosahu pro zvýšení stability cestujících během jízdy.



Obr. 6-32 Madlo v uličce

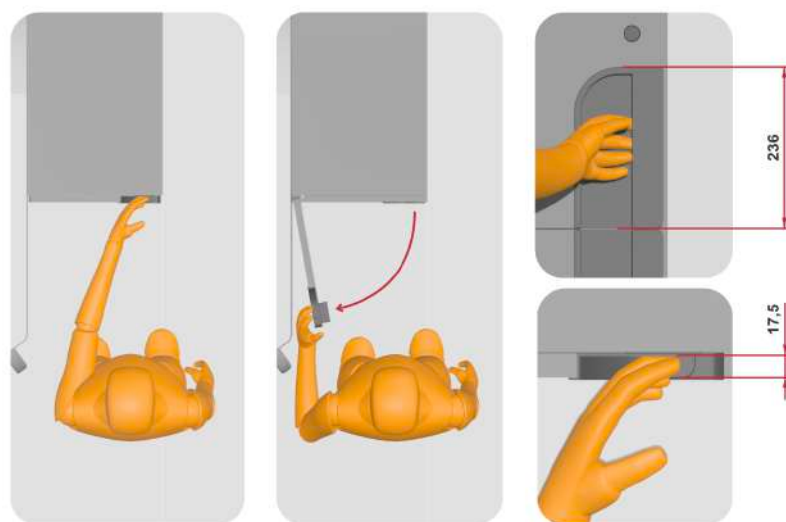
V prostoru mezi jednotlivými moduly jsou integrovány úložné skřínky přístupné přímo z hlavní uličky. Tento systém se skládá ze čtyř samostatných uzamykatelných boxů, kdy každý připadá jedné kabině v rámci bloku. Spodní box začíná hned nad úrovní podlahy. Úchytky první a druhé skřínky jsou umístěna ve společné výšce 495 mm nad zemí a jsou navržena tak, aby na sebe tvarově navazovala. Stejný princip je použit i u horní dvojice boxů, kde se úchytky třetí a čtvrté skřínky nacházejí ve výšce 1465 mm.

Nad těmito uzamykatelnými boxy se v nejvyšší úrovni 1960 mm nachází dodatečný úložný prostor ve formě otevřené poličky. Celý tento modul je do stěny zapuštěn tak, aby nijak nezasahoval do průchozího profilu uličky a zachoval její plynulost.



Obr. 6-33 Výškové úrovně skříněk

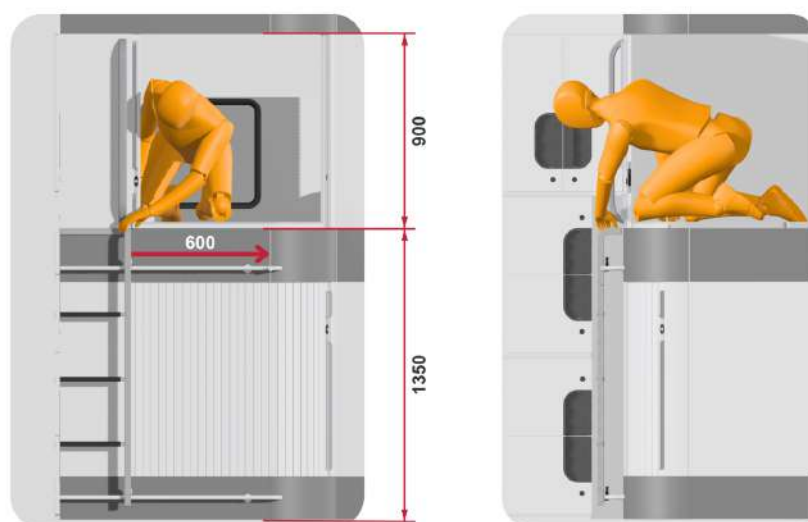
Samotné úchytky úložných boxů jsou navržena jako zapuštěná, což je praktické řešení pro manipulaci v těsnějším prostoru mezi moduly. Každý úchytka má délku 236 mm, což poskytuje dostatečnou plochu pro pohodlný úchop prsty. Hloubka zapuštění úchytka je 17,5 mm.



Obr. 6-34 Rozměr madla a otevírání skříňky

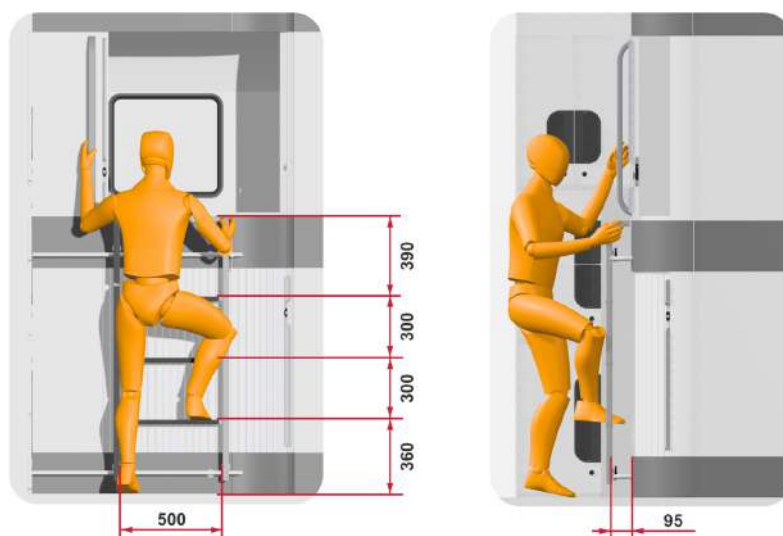
6.3.2 Vstupy do kabin a vertikální komunikace

Přístup k horním dvojlůžkům zajišťuje žebřík, který lze posouvat v rozsahu 600 mm. Toto řešení umožňuje nastavit polohu žebříku tak, aby neblokoval vstup do spodní kabiny. Vstupy do všech kabin jsou sjednoceny pro snadný přístup. Dolní hrana otvoru horních kabin je ve výšce 1350 mm nad zemí. Samotné vstupní otvory mají výšku 900 mm a šířku od 880 mm, což jsou rozměry odpovídající ergonomickým požadavkům pro pohodlný nástup do modulu.



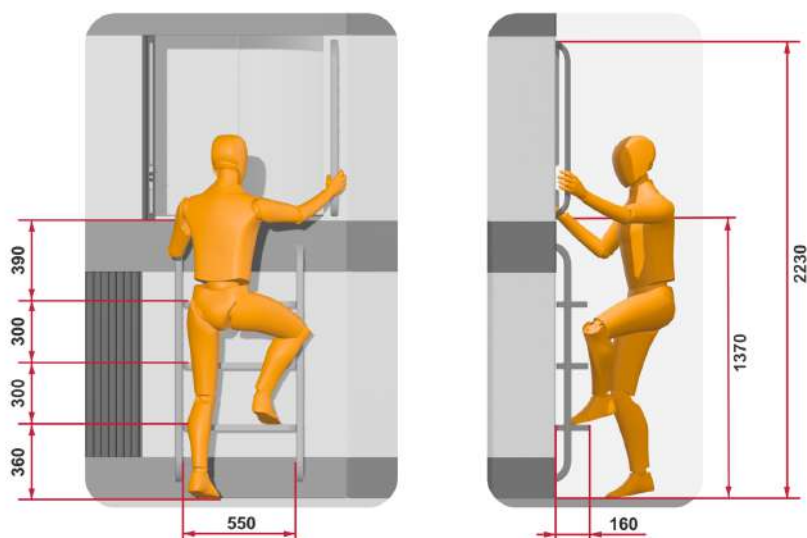
Obr. 6-35 Vstup do horní dvoulůžkové kabiny

Žebřík má tři stupně o šířce 500 mm s protiskluzovou úpravou. První stupeň je ve výšce 360 mm nad podlahou, rozestupy mezi dalšími stupni jsou 300 mm a vzdálenost od posledního stupně k hraně kabiny činí 390 mm. Za žebříkem je zachován volný prostor 95 mm pro bezpečný nášlap.



Obr. 6-36 Žebřík k horní dvoulůžkové kabině

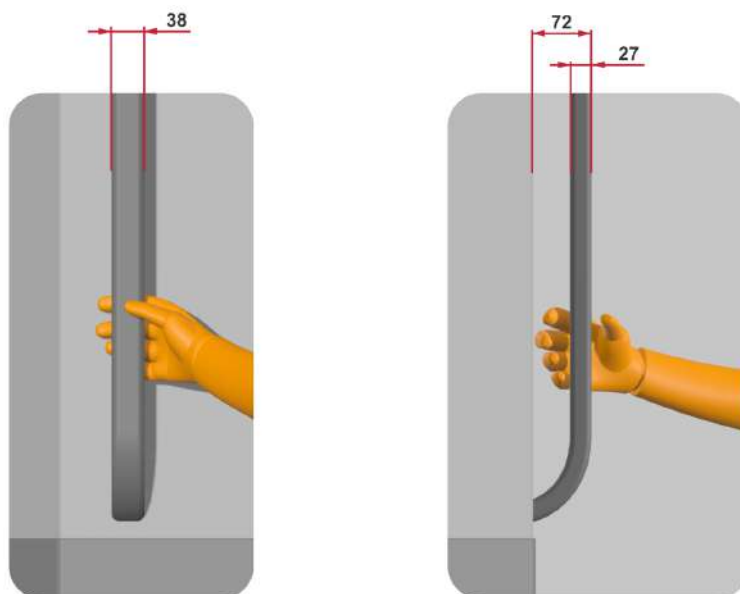
U diagonálních i podélných kabin pro jednotlivce zajišťují výstup pevné schůdky s plnými nášlapy o hloubce 160 mm a šířce 550 mm. Výškové rozestupy jsou shodné s posuvným žebříkem: první stupeň je ve výšce 360 mm, další následují po 300 mm a poslední vzdálenost k hraně kabiny činí 390 mm.



Obr. 6-37 Vertikální komunikace diagonální kabiny

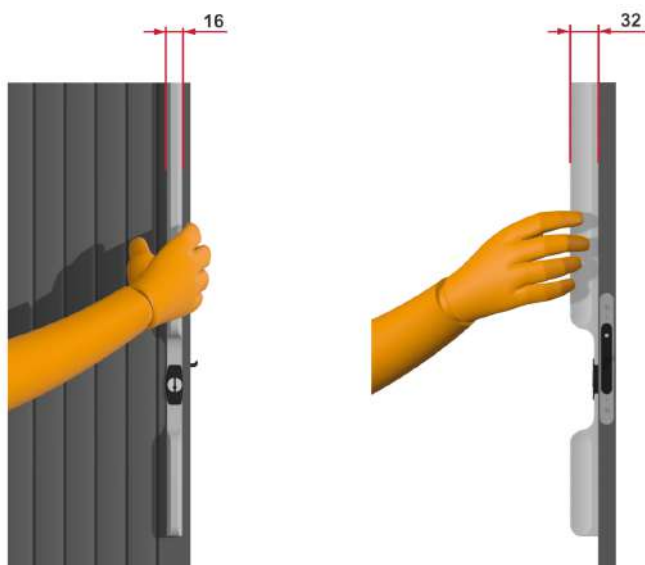
Bezpečný nástup do každé horní kabiny zajišťuje svislé madlo, které je umístěno v rozmezí 1370 mm až 2230 mm nad zemí. Tato délka a strategické umístění zaručují stabilní oporu po celou dobu výstupu i při samotném vstupu do modulu, což odpovídá ergonomickým požadavkům na bezpečnost.

Samotné madlo má obdélníkový průřez o šířce 38 mm a tloušťce 27 mm se zaoblenými hranami, přičemž obvod tohoto průřezu odpovídá obvodu kruhu o průměru 37 mm, což je ideální rozměr pro pevný stisk. Pro pohodlný úchop je mezi madlem a stěnou ponechána funkční mezera 45 mm, která poskytuje dostatečný prostor pro ruku a zvyšuje stabilitu uživatele.



Obr. 6-38 Pomocné madlo k vertikální komunikaci

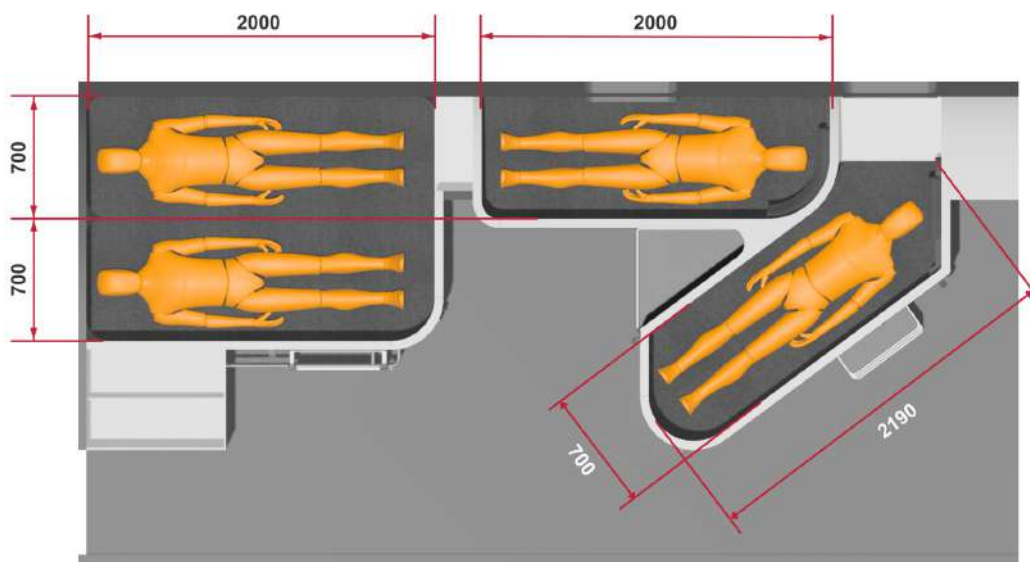
Posledním prvkem jsou svislá madla umístěná na posuvných dvířkách kabin. Madlo je vystouplé 32 mm nad povrch dveří, což umožňuje snadné nahmatání a pohodlné zaklesnutí prstů pro manipulaci. Šířka úchopové části je 16 mm. Toto řešení zajišťuje intuitivní otevírání a zavírání kabiny zvenčí a díky svému svislému tvaru je snadno dostupné v různých výškách úchopu.



Obr. 6-39 Madlo na posuvných dvířkách kabin

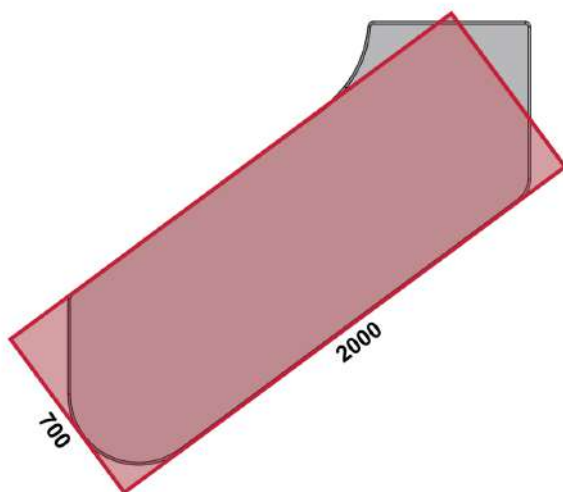
6.3.3 Interiér kabin

Základem komfortu v kabinách jsou matrace o šířce 700 mm. U podélných kabin (pro jednotlivce i dvojlužka) mají lůžka standardní délku 2000 mm. U diagonální kabiny je tvar matrace přizpůsoben geometrii interiéru tak, aby maximálně využil dostupnou plochu. Matrace zde dosahuje délky až 2190 mm



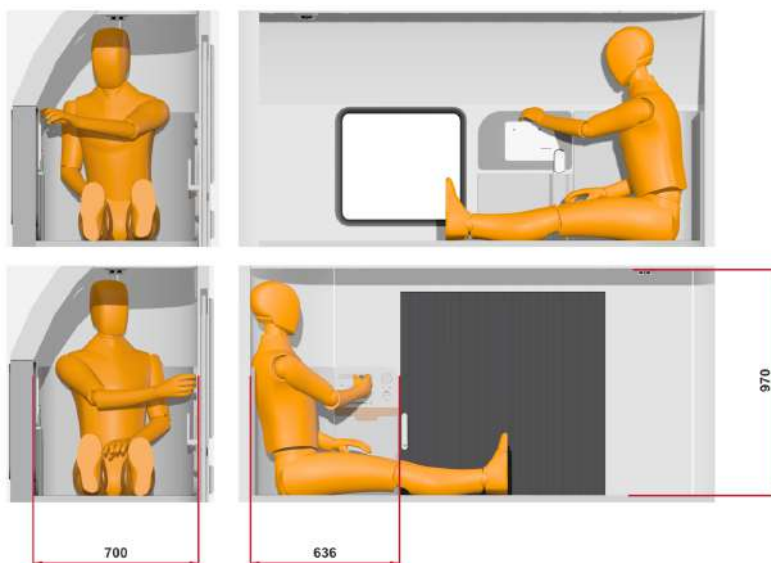
Obr. 6-40 Rozměry lůžek

I přes zkosení matrace v rozích je pro uživatele vždy zachována užitná plocha odpovídající obdélníku 2000x700 mm, který definuje standardní nároky na prostor pro ležení.



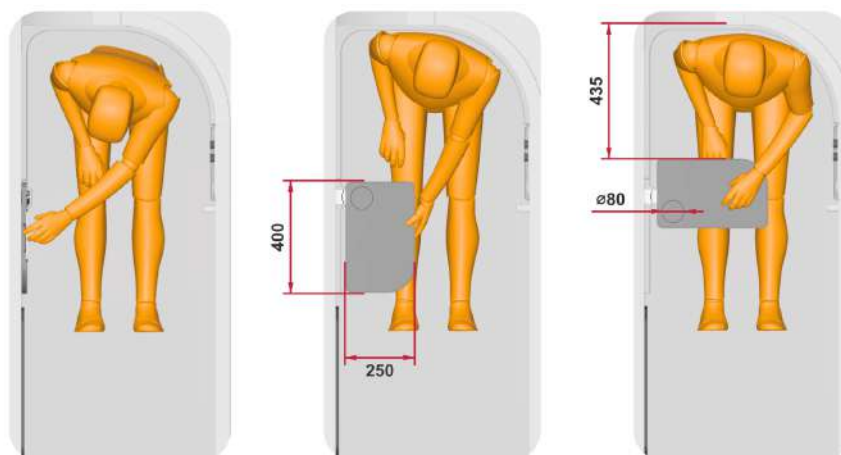
Obr. 6-41 Užiténá plocha lůžka

Pro zajištění pohodlí při vzpřímeném sedu i pohybu na lůžku činí světlá výška od matrace ke stropu ve všech typech kabin 970 mm. Tato výška spolu s šířkou kabiny definuje prostorový rámec pro rozmístění ovládacích prvků tak, aby respektovaly přirozený dosah paže sedící osoby. U podélných kabin je nejvzdálenější část panelu od zadní stěny vzdálena 636 mm.



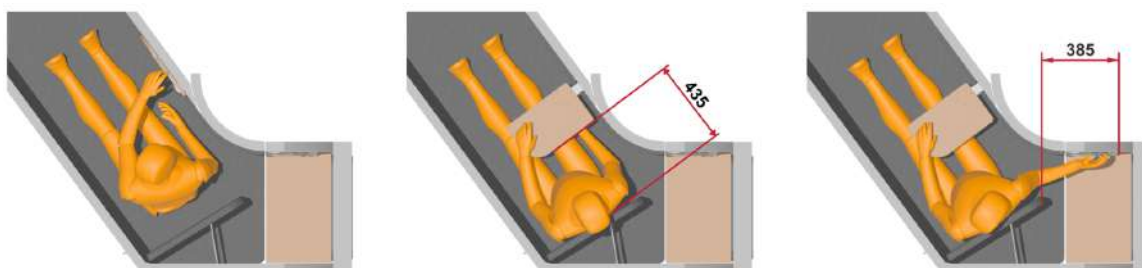
Obr. 6-42 Dosahy v podélné kabině

Na tyto ergonomické zóny ovládání navazuje umístění pracovní plochy. Všechny typy kabin, včetně dvoulůžkových, využívají jednotný standard, kdy je výklopný stolek o rozměru 400 × 250 mm při úplném vyklopení vzdálen 435 mm od zadní stěny kabiny. Tato vzdálenost je důsledně zachována, aby poskytovala dostatečný prostor mezi trupem sedícího a hranou stolku. Jedna z hran pracovní plochy je výrazně zaoblená, čímž tvarově navazuje na linii polstrování stěny (viz kapitola Tvarování). Toto řešení zvyšuje bezpečnost při pohybu a vizuálně sjednocuje prvky interiéru. Součástí stolku je také zapuštěný držák nápojů o průměru 80 mm.



Obr. 6-43 Výklopný stolek

V diagonálním modulu je uspořádání prvků podřízeno specifické geometrii prostoru, přičemž všechny hlavní funkční prvky jsou soustředěny na pravé stěně z pohledu sedící osoby. Podobně jako u podélných variant je i zde výklopný stolek v pracovní poloze vzdálen 435 mm od místa sedu, což zaručuje dostatek volného prostoru před trupem cestujícího. Ovládací panel je umístěn v pohodlném dosahu paže a zůstává snadno přístupný jak při sklopené, tak při vyklopené opěrce.



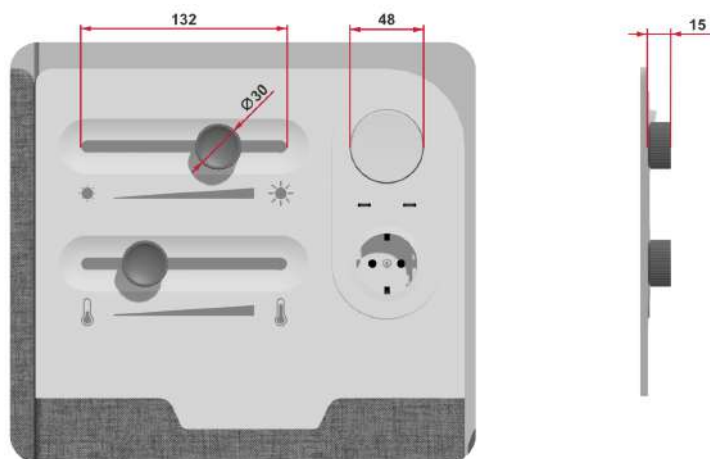
Obr. 6-44 Dosahy v diagonální kabině

Zásadním ergonomickým prvkem je výklopná opěrka na protilehlé stěně. Ta kompenzuje tupý úhel 126,5°, který vzniká mezi levou boční a zadní stěnou kabiny, a poskytuje cestujícímu komfortní a přirozenou oporu. Mechanismus opěrky využívá vodící drážku se zarážkou, která ji stabilizuje v úhlu 31,5°. Pro následné sklopení je nutné opěrku mírným tahem k sobě uvolnit (čímž se úhel krátkodobě zvětší na 33°) a poté ji lze plynule přiklopit zpět ke stěně.



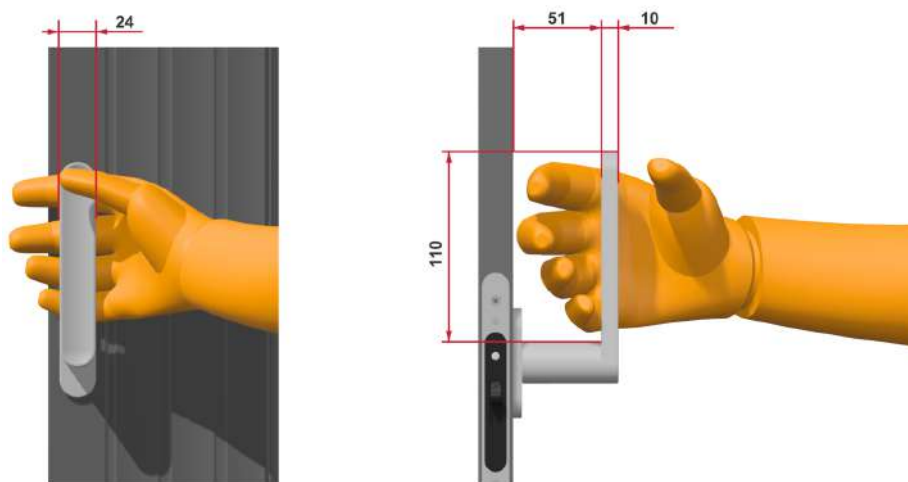
Obr. 6-45 Výklopná opěrka v diagonální kabině

Samotná konstrukce ovládacího panelu klade důraz na intuitivní manipulaci i za snížené viditelnosti. Dominantním prvkem jsou dva posuvné ovladače pro regulaci intenzity osvětlení a teploty. Jejich válcové hmatníky o průměru 30 mm a výšce 15 mm umožňují snadný úchop, kterému napomáhá i jemná textura po obvodu zabraňující prokluzování v prstech. Dráha posuvu o délce 132 mm navíc dovoluje velmi jemné a přesné nastavení hodnot. Tyto prvky doplňuje hlavní kruhový vypínač osvětlení o průměru 48 mm, jenž je díky svému rozměru hmatově jasně odlišitelný od ostatních komponent a snadno dostupný i poslepu.



Obr. 6-46 Ergonomie ovládacího panelu

K ovládání posuvných dveří zevnitř kabiny slouží klika s madlem o délce 110 mm, šířce 24 mm a tloušťce 10 mm. Klíčovým parametrem pro snadnou manipulaci je vzdálenost 51 mm mezi madlem a plochou dveří. Tento prostor vytváří dostatečnou rezervu pro vložení ruky a umožňuje tak pohodlný a bezpečný úchop při otevírání i zavírání kabiny.



Obr. 6-47 Klika na posuvných dvířkách

6.3.4 Hygiena

Při návrhu interiéru byl kladen důraz na vysoké hygienické standardy, které jsou v prostředí lůžkových vozů s vysokým počtem střídajících se cestujících klíčové. Hygiena je řešena především volbou materiálů s hladkým povrchem, které jsou snadno omyvatelné a nenáročné na údržbu. Tvarování kabin záměrně minimalizuje množství spár a ostrých rohů, ve kterých by se mohly usazovat nečistoty. Funkční prvky, jako je ovládací panel nebo výklopný stolek, mají plynulé přechody, což umožňuje jejich rychlé a efektivní otření.

Zásadním aspektem pro hloubkovou údržbu je mobilita matrací, které nejsou k lůžku připevněny napevno. To personálu při údržbě umožňuje jejich úplné vyjmutí z kabiny, čímž se usnadňuje přístup k hůře dostupným místům v rozích lůžka a pod matrací. Barevnost všech textilních prvků, včetně úložných kapes a polstrování stěn, je záměrně zvolena v tmavších odstínech s žíhanou texturou. Toto řešení je zvoleno cíleně pro vizuální maskování drobných nečistot či skvrn, čímž interiér působí čistým dojmem i v náročném provozu s častou rotací cestujících.

6.4 Barevné a grafické řešení

6.4.1 Barevné řešení

Barevné a grafické řešení interiéru je navrženo s cílem vytvořit vizuálně přehledné a uživatelsky přívětivé prostředí, které podporuje intuitivní orientaci cestujících. V reálné praxi bývá finální barevnost obvykle definována konkrétním zadavatelem, tedy dopravní společností, která si tímto způsobem udržuje svou vizuální identitu napříč vozovým parkem. Barevné kombinace představené v této práci jsou proto koncipovány především jako autorský návrh sloužící k prezentaci koncepčního řešení a k demonstraci variability celého systému.

Finální barevné řešení



Obr. 6-48 Hlavní barevná varianta

Celá koncepce je postavena na principu neutrálního základu, který doplňují variabilní barevné akcenty identifikující jednotlivé sekce a funkční prvky. Barevné schéma se dělí na fixní základnu, která zůstává neměnná u všech navržených variant, a variabilní doplňky definující vizuální charakter konkrétního vozu. Pro hlavní plochy stěn kabin byl zvolen odstín RAL 9002. Tato světlá barva opticky rozšiřuje stísněný prostor chodby i kabin, působí hygienickým dojmem a slouží jako neutrální podklad pro grafické značení. Dvířka kabin v odstínu RAL 7030 vytvářejí jemný kontrast k okolním stěnám a efektivně maskují drobné provozní znečištění. Konstruktivní detaily, jako jsou hliníkové krycí lišty, jsou sjednoceny do odstínu RAL 7037. Tato barva zdůrazňuje technickou strukturu interiéru, dává prostoru jasný řád a vizuálně propojuje jednotlivé moduly do harmonického celku.



Obr. 6-49 Barevné odstíny základu

Dominantním barevným akcentem hlavní varianty je olivově zelený odstín RAL 6013 použitý na úložných skříňkách. Tato barva byla zvolena pro svůj uklidňující charakter a silnou asociaci s přírodními prvky, což v uzavřeném a technologicky orientovaném prostoru vlaku pomáhá snižovat pocit stísněnosti a navozuje atmosféru klidu pro odpočinek. Zelený odstín v kombinaci s neutrálním šedobílým základem vytváří vyvážené prostředí, které nepůsobí rušivě ani při dlouhém pobytu v kabině. Pro grafické prvky byla u této varianty zvolena barva RAL 3005. Tato hluboká červená zajišťuje díky své sytosti vynikající kontrast vůči světlým stěnám, čímž garantuje okamžitou čitelnost důležitých informačních prvků i při tlumeném nočním osvětlení.



Obr. 6-50 Barevné odstíny detailů

Barevné řešení interiéru kabin plynule navazuje na vnější vzhled modulů, čímž dochází k vizuálnímu sjednocení celého prostoru vozu. Hlavním cílem tohoto konceptu bylo vytvořit prostředí, které i na malém půdorysu působí vzdušně. Pro vnitřní stěny i většinu ostatních prvků byl proto zachován stejný světlý odstín jako na exteriéru (RAL 9002). Tato volba je zásadní pro eliminaci pocitu stísněnosti, jelikož světlá barva opticky kabinu rozšiřuje a pomáhá vytvářet vizuálně přehledné prostředí.

Na matrace a polstrovaní stěn je aplikována tmavě šedá žíhaná textilie. Kromě hygienického hlediska a schopnosti vizuálně maskovat drobné nečistoty či skvrny vytváří tato tmavší plocha příjemný kontrast ke světlým stěnám. Tento tmavší textilní prvek doplňují okenní rolety, které jsou vyrobeny z textilie v podobném odstínu, jako mají posuvná dvířka do kabiny (RAL 7030). Toto barevné sladění rolet s dveřmi vizuálně uzavírá soukromý prostor uživatele a přispívá k harmonickému působení celého interiéru.

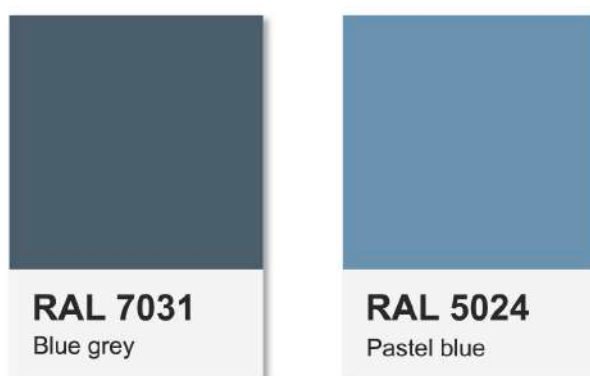
Aby interiér nepůsobil izolovaně, jsou vybrané funkční detaily barevně propojeny s vnějšími akcenty celého systému. Olivově zelený odstín (RAL 6013), který odpovídá barvě úložných skříněk v uličce, je v rámci interiéru použit na povrchy odkládacích ploch a na táhla umístěná na ovládacím panelu.

Barevná varianta I



Obr. 6-51 Barevná varianta I

U první doplňkové varianty je kladen důraz na vytvoření moderního a vysoce technologického vzhledu. Úložné skřínky jsou navrženy v pastelově modrém odstínu RAL 5024, který je doplněn o grafické značení v barvě RAL 7031. Modrá barva je v interiérovém designu chápána jako barva důvěry, stability a hygieny. V kontextu nočního vlaku navozuje pocit chladivého klidu, který je ideální pro relaxaci a hluboký spánek. Tato kombinace působí velmi sofistikovaně a profesionálně, přičemž jemný přechod mezi modrými a šedomodrými tóny potlačuje vizuální šum a přispívá k pocitu uspořádanosti a bezpečí v soukromé kabině.



Obr. 6-52 Barevné odstíny detailu varianty I

Barevná varianta II



Obr. 6-53 Barevná varianta II

Druhá doplňková varianta naopak využívá principu vysokého kontrastu a dynamiky. Skříňky jsou vyvedeny ve výrazné oranžové barvě RAL 2000, kterou doplňuje světle modrá grafika v odstínu RAL 5024. Oranžová barva do interiéru vnáší energii, teplo a optimismus, což může pozitivně ovlivnit náladu cestujícího v ranních hodinách. Tento výrazný akcent slouží jako jasný orientační bod a dodává prostoru progresivní a mladistvý charakter. Modrá barva grafiky zde funguje jako chladivý protipól, který krotí dominanci oranžové a zajišťuje, že celkový vizuální dojem zůstává v rovnováze. Toto řešení je vhodné především pro moderní spoje cílené na aktivní cestující, kteří preferují neotřelý a odvážný design.



Obr. 6-54 Barevné odstíny detailů varianty II

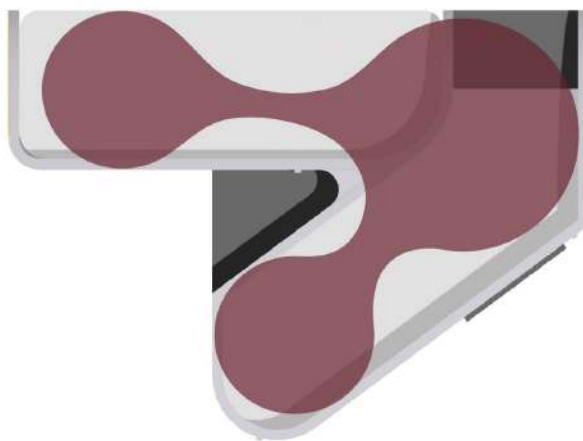
6.4.2 Grafické řešení

Grafické řešení informačního systému je navrženo jako hierarchická struktura, která vede cestujícího od vstupu do vozu až ke konkrétnímu lůžku. Celá koncepce využívá font Satoshi, který svou čistotou a výbornou čitelností podtrhuje minimalistický vzhled návrhu. Orientace v prostoru je založena na rozdělení vozu do šesti sekcí. Pět z nich tvoří čtyři standardní moduly pro jednotlivce, zatímco zbývající část je rozšířena na šest jednotek, aby pojala dvě dvoulůžkové kabiny a čtyři standardní lůžka. Základním orientačním prvkem je velkoformátové číslo (1–6) umístěné na stěně, které identifikuje danou sekci čtyř až šesti modulů. Na toto číslo navazuje detailnější značení vstupů pomocí písmen A až D pro lůžka jednotlivců a písmen E a F pro kabiny dvoulůžkové. Stejná logika je uplatněna i u přidělení úložných prostor, kdy je každá skříňka označena kombinací čísla sekce a příslušného písmene. Zatímco hlavní grafika na stěnách využívá barvy odpovídající zvolené variantě, značení na barevných skříňkách je pro zajištění maximální čitelnosti provedeno v bílé barvě. Tento inverzní přístup zajišťuje, že informace o úložném prostoru je okamžitě viditelná i při minimálním osvětlení, což výrazně zvyšuje komfort obsluhy.

6.4.3 Logotyp

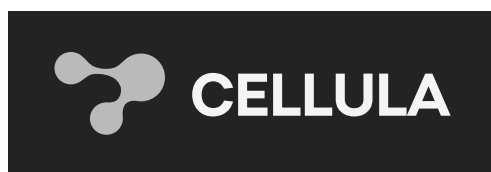
Pro vizuální identifikaci navrženého konceptu lůžkového vozu byl vytvořen logotyp s názvem CELLULA. Tento název vychází z latinského výrazu pro buňku a přímo odkazuje na modulární podstatu celého interiéru, který je tvořen jednotlivými na sebe navazujícími obytnými jednotkami.

Tvarosloví loga je inspirováno půdorysným uspořádáním kabin. Vychází ze symbolického znázornění podélného a diagonálního modulu z pohledu shora, kde jsou geometrické tvary převedeny do zjednodušené formy. Tři kruhy, představující jednotlivé buňky, na sebe plynule navazují a vytvářejí kompaktní celek. Oblé tvary loga korespondují s haptickými prvky v interiéru, jako jsou ergonomicky tvarovaná madla či zaoblené rohy stěnového polstrování, čímž identita získává přívětivější charakter.



Obr. 6-55 Tvarosloví loga

Vzhledem k tomu, že projekt vznikl ve spolupráci s firmou Škoda Group, byl pro textovou část logotypu zvolen font Skoda Next. Tento bezpatkový typ písma svou čistou geometrií a moderním vzhledem podtrhuje minimalistický charakter celého návrhu a zajišťuje vizuální soudržnost s identitou partnera projektu. Logotyp je navržen v několika barevných provedeních pro různé typy aplikací. Základní varianta využívá tmavě červenou barvu RAL 3005 pro grafický symbol, zatímco text CELLULA je pro zajištění čitelnosti na barevném podkladu skříněk proveden v bílé barvě.



Obr. 6-56 Logotyp, barevná a černobílá varianta

Logotyp je v interiéru umístěn na boční stranu skříňky první sekce, a to v její horní části u stropu vozu. Touto pozicí se logotyp stává integrální součástí vizuální prezentace celého konceptu a je dobře viditelný při vstupu do lůžkové části.



Obr. 6-57 Aplikace logotypu

6.5 Udržitelnost produktu

Konstrukční řešení interiéru je navrženo tak, aby umožňovalo snadný přístup k jednotlivým komponentům a jejich případnou opravu či obnovu. Namísto nerozebíratelných celků jsou využity nýtové spoje a skryté úchyty, které dovolují servisní zásahy bez nutnosti výměny rozsáhlých částí interiéru. Zvláštní pozornost je věnována prvkům, které jsou v provozu nejvíce vystaveny mechanickému namáhání a znečištění. Polstrování stěn a matrace nejsou k nosné konstrukci fixovány trvale, což usnadňuje jejich rychlou demontáž. Tato možnost samostatné výměny textilních a měkkých částí, které jsou nejvíce náchylné k opotřebení, výrazně prodlužuje životnost kabiny jako celku, protože umožňuje lokální renovaci interiéru při zachování původního hliníkového skeletu. Izolační vrstva v podobě skelné vaty přispívá k udržitelnosti skrze své tepelněizolační vlastnosti, které snižují energetické nároky na vytápění a klimatizaci jednotlivých prostor. Použitý plast ABS FR u interiérových skříněk byl zvolen pro svou vysokou houževnatost a odolnost v náročném provozu veřejné dopravy, přičemž jde o materiál, který je v rámci průmyslové recyklace rovněž dále zpracovatelný.

Mimo materiálové hledisko podporuje produkt udržitelnost i svou samotnou podstatou. Rozvoj a modernizace lůžkových vozů motivuje cestující k využívání železniční dopravy jakožto ekologické alternativy k letecké či individuální automobilové dopravě na dlouhé vzdálenosti. Zvýšením komfortu a efektivity vnitřního prostoru se tak design stává nástrojem pro podporu udržitelné mobility, která napomáhá snižovat celkovou emisní zátěž v oblasti dálkového cestování.

6.6 Hodnocení klíčových parametrů

Na základě analýzy finálního konceptu lůžkového vozu lze potvrdit, že veškeré stanovené cíle diplomové práce byly úspěšně zrealizovány. Výsledkem je komplexní návrh, který citlivě reaguje na potřeby současných cestujících a klade důraz zejména na individuální soukromí, efektivní využití vnitřního objemu a technologickou proveditelnost celého řešení. Celý proces směřoval k vytvoření interiéru, který maximálně využívá prostorové možnosti vozové skříně, aniž by tím utrpěla bezpečnost nebo uživatelský komfort.

Stěžejním přínosem práce je konstrukční řešení využívající samonosný hliníkový skelet, který dovoluje variabilní uspořádání lůžkových jednotek v několika výškových úrovních. Tento systém, pracující s kombinací podélného a diagonálního směřování modulů, umožňuje optimalizovat kapacitu vozu a zároveň nabízet různorodé typy ubytování. Zařazení dvoulůžkových kabin pro páry představuje přímou reakci na aktuální trendy a poptávku v segmentu dálkové železniční dopravy. Důležitým aspektem návrhu je také jeho servisní nenáročnost; díky využití rozebíratelných spojů a snadno vyměnitelného polstrování je zajištěna vysoká provozní efektivita a prodloužená životnost interiéru.

Z hlediska vizuální identity a estetiky se projekt vymyká běžným standardům lůžkových vozů – interiér byl sjednocen do čistého tvarosloví, které respektuje ergonomické normy a zároveň vizuálně komunikuje identitu partnera projektu, společnosti Škoda Group. Zvolená barevnost spolu s informačním systémem postaveným na fontech Satoshi a Skoda Next přispívá k vytvoření přehledného a intuitivního prostředí. Celková koncepce je navržena s ohledem na možnost snadné obnovy nejvíce namáhaných komponentů, což potvrzuje udržitelný charakter návrhu a jeho připravenost pro intenzivní využití v dálkových spojih.

7 ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo vypracování komplexního designérského návrhu interiéru lůžkového vozu s důrazem na zajištění maximální míry soukromí, bezpečí a uživatelského pohodlí. Tohoto cíle bylo dosaženo díky implementaci plně uzamykatelných kabin pro jednotlivce, které reagují na současné nároky cestujících v noční dálkové dopravě. Proces návrhu byl rozdělen do několika logických fází, které umožnily systematické naplnění všech stanovených dílčí cílů.

V úvodní etapě byla provedena technická a designérská analýza, která definovala základní mantinely projektu. Z technického hlediska bylo klíčovým zjištěním, že vnitřní prostor je striktně limitován vnějším průjezdným průřezem a konstrukční délkou skříně vozu, což významně omezovalo dispoziční možnosti. Designérská analýza poukázala na nedostatky stávajících řešení, především v oblasti absence vizuální izolace a intuitivního ovládání prvků v interiéru. Tyto poznatky se staly základem pro následnou tvorbu konceptu, kde bylo nutné nalézt rovnováhu mezi těmito konstrukčními limity a ergonomickými požadavky.

V rámci dispozičního řešení bylo dosaženo stanoveného cíle optimalizace kapacity při zachování vysokého standardu soukromí. Výsledná kapacita 28 míst plně odpovídá požadavkům definovaným zadavatelem (v rozmezí 26–36 míst) a představuje vědomý kompromis oproti standardním 40 místům v běžných lehátkových vozech. Prioritizace kvality prostoru umožnila přiblížit rozměry lůžka standardům běžným v bytovém sektoru, čímž bylo dosaženo jednoho z hlavních ergonomických cílů. Inovativní přínos návrhu spočívá především ve střídání podélného a diagonálního uspořádání kabin. Tato dispozice umožnila vytvořit logické zónování interiéru a zajistit, že hlavní ulička zůstává průchozí v celé své délce i během nástupu a výstupu cestujících.

Dalším přínosem, podloženým rešeršní činností, je asymetrické umístění vstupních otvorů do jednotlivých kabin. Díky tomu, že vstupy nejsou situovány přímo nad sebou, bylo eliminováno riziko vzájemného omezování cestujících při manipulaci v uličce. U dvoulůžkových kabin byl navržen posuvný žebřík, který usnadňuje vertikální pohyb a zvyšuje bezpečnost při přístupu k hornímu lůžku. Design interiéru byl navíc doplněn o intuitivní úložné boxy ve formě skříněk, které nahrazují komplikované úložné systémy a zvyšují přívětivost prostředí pro uživatele.

Spolupráce se společností Škoda Group umožnila v průběhu práce průběžně konfrontovat vizuální aspekty návrhu s reálnými výrobními možnostmi a konstrukčními limity. Lze konstatovat, že všechny stanovené cíle byly splněny. Výsledná práce přináší ucelenou vizi interiéru, kde je člověk vnímán jako ústřední prvek technického systému, a přispívá tak k diskusi o budoucnosti udržitelného a zároveň komfortního cestování napříč Evropou.

8 VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV

Tab. 8-1 Výsledek výzkumu podle RIV

Druh výsledku	Funkční vzorek
Název výsledku	Lůžkové kupé
Autor	Bc. Denisa Páleníková
Místo uložení výsledku	VUT Brno

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] GLEAVE, Steer Davies. *Research for TRAN Committee – Passenger night trains in Europe: the end of the line?* Online. Brussels: European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, 2017. ISBN 978-92-846-0020-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.2861/414087>. [cit. 2026-03-20].
- [2] NETZLAFF, Patrick. *IM SCHLAF DURCH EUROPA: INWIEFERN IST DIE REISE PER NACHTZUG AB INNSBRUCK EINE ALTERNATIVE ZUM FLUGZEUG?* Diplomová práce. Innsbruck: MCI | Die Unternehmerische Hochschule, 2024.
- [3] NETZLAFF, Patrick. *How night trains can be an alternative to airplanes: Casestudy of Innsbruck*. Online. In: Nights on Tracks. 2024. Dostupné z: <https://nightsontacks.com/2024/09/26/how-night-trains-can-be-an-alternative-to-airplanes-casestudy-of-innsbruck/>. [cit. 2026-03-20].
- [4] YANG, Elaine Chiao Ling. What motivates and hinders people from travelling alone? A study of solo and non-solo travellers. Online. *Current Issues in Tourism*. 2020, roč. 24, č. 17, s. 2458–2471. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1839025>. [cit. 2026-05-22].
- [5] OTEGUI-CARLES, Almudena; ARAÚJO-VILA, Noelia a FRAIZ-BREA, Jose A. Solo Travel Research and Its Gender Perspective: A Critical Bibliometric Review. Online. *Tourism and Hospitality*. 2022, roč. 3, č. 3, s. 733–751. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/tourhosp3030045>. [cit. 2026-05-22].
- [6] *Lůžkové a lehátkové spoje ČD – pohodlné noční cestování vlakem po Evropě*. Online. In: České dráhy Národní dopravce. C2016. Dostupné z: <https://www.cd.cz/nase-vlaky/nocni-vlaky/ceske-drahy/-25866/>. [cit. 2024-11-25].
- [7] BIČAN, Marek. *ČD Bcmz834*. Online. In: VagonWEB. 2015. Dostupné z: https://www.vagonweb.cz/fotogalerie/CZ/CD_Bcmz834.php. [cit. 2026-03-20].
- [8] *ÖBB Austrian Federal Railways*. Online. In: PriestmanGoode. C2026. Dostupné z: <https://www.priestmangoode.com/project/obb-austrian-federal-railways/>. [cit. 2026-03-20].

- [9] *Couchette & Mini Cabin*. Online. In: OBB NightJet. Dostupné z: <https://www.nightjet.com/en/komfortkategorien/liegewagen>. [cit. 2025-04-11].
- [10] *Nightjet, the New Generation*. Online. In: Wwww.seat61.com. C2001-2024. Dostupné z: <https://www.seat61.com/trains-and-routes/nightjet-new-generation.htm>. [cit. 2024-11-25].
- [11] *Yolochka night train concept: Passenger coach interior*. Online. In: 2050LAB. 2021. Dostupné z: <https://2050lab.ru/projects/kontsepty/vagon-elochka/>. [cit. 2025-04-11].
- [12] *Yolochka night train interior*. Online. In: Behance. C2026. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/159986839/Yolochka-night-train-interior>. [cit. 2026-03-20].
- [13] *TMH's "Yolochka" Capsule Car*. Online. In: Railvolution. Dostupné z: <https://www.railvolution.net/news/tmh-s-yolochka-capsule-car>. [cit. 2026-03-20].
- [14] „JE VĚTŠÍ, NEŽ VYPADÁ.“ ŠKODA GROUP PŘEDSTAVUJE MODERNÍ KONCEPT VLAKU PRO NOČNÍ CESTOVÁNÍ. Online. In: Škoda. 2024. Dostupné z: <https://www.skodagroup.com/cs/tiskove-zpravy/pusobi-vetsi-nez-vypada-skoda-group-predstavuje-moderni-koncept-vlaku-pro-nocni-cestovani>. [cit. 2025-04-11].
- [15] *Train design for the World's largest rolling stock manufacturer*. Online. In: Tangerine. C2026. Dostupné z: <https://tangerine.net/en/work/crrc-changchun-design-partnership>. [cit. 2026-03-22].
- [16] *Second-class night train*. Online. In: Ippiart. Dostupné z: <https://ippiart.studio/projects/transportation-design/second-class-night-train>. [cit. 2026-03-22].
- [17] ŠKODA TRANSPORTATION A.S. *Night sleeper_VER_3_B*. Technický výkres. Plzeň, 2022. Poskytnuto firmou Škoda Transportation.
- [18] ČSN EN 13129, *Železniční aplikace – Klimatizace pro kolejová vozidla hlavních tratí – Parametry pohodlí a typové zkoušky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [19] *Coach Parts*. Online. In: The Railway Technical Website. 2019. Dostupné z: <http://www.railway-technical.com/trains/rolling-stock-index-1/train-equipment/coach-parts.html>. [cit. 2026-03-22].

- [20] ČSN EN 50343 ed.3, *Drážní zařízení – Drážní vozidla – Pravidla pro instalaci kabelů*. 3. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2025.
- [21] *Avança la fabricació dels nous trens de SFM, que ja s'han començat a pintar i cablejar a la fàbrica de CAF a Irun*. Online. In: Govern de les Illes Balears. 2023. Dostupné z: https://www.caib.es/pidip2front/ficha_convocatoria.xhtml?lang=ca&urlSemantica=strongAvanccedila-la-fabricacioacute-dels-nous-trens-de-SFM-que-ja-srsquohan-comenccedilat-a-pintar-i-cablejar-a-la-faggravebrica-de-CAF-a-Irunnbspsstrong--0. [cit. 2026-03-22].
- [22] ČSN EN 13272-1, *Drážní aplikace – Elektrické osvětlení v kolejových vozidlech veřejných dopravních systémů – Část 1: Železnice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022.
- [23] EUROPEAN UNION AGENCY FOR RAILWAYS. *Guide for the application of the SRT TSI*. Valenciennes: European Union Agency for Railways, 2023. Dostupné také z: https://www.era.europa.eu/domains/technical-specifications-interoperability/safety-railway-tunnels-tsi_en.
- [24] *Lighting Solutions for Trains*. Online. In: MariMils. C2026. Dostupné z: <https://marimils.com/solutions/trains>. [cit. 2026-03-22].
- [25] ČSN EN 50155, *Drážní zařízení – Elektronická zařízení drážních vozidel*. 5. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022.
- [26] TILLEY, Alvin R. a DREYFUSS, Henry. *Measure of Man and Woman: Human Factors in Design*. John Wiley & Sons, 2002. ISBN 9780471099550.
- [27] *European size mattresses*. Online. In: Thesleepshop. 2022. Dostupné z: https://thesleepshop.ie/blogs/blog/european-size-mattresses?srsltid=AfmBOopdzEc_1S35KfEocSpu759nuvwvA4VSV_IzyO0bpaPkUDu88SNM. [cit. 2026-03-22].
- [28] ČSN EN 16585-2, *Drážní aplikace – Konstrukční úpravy pro osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace – Vybavení a komponenty v kolejových vozidlech – Část 2: Prvky pro sezení, stání a pohyb*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2026.
- [29] ČSN EN 747-1, *Nábytek – Patrová lůžka a vysoká lůžka – Část 1: Požadavky na bezpečnost, pevnost a trvanlivost*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2025.

[30] *O nás.* Online. In: ŠKODA. C2024. Dostupné z:
<https://www.skodagroup.com/cs/stranka/o-nas>. [cit. 2026-05-07].

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

<i>CMHR</i>	Combustion Modified High Resilience
<i>ABS FR</i>	Akrylonitrilbutadienstyren Flame Retardan
<i>PC</i>	Polykarbonát
<i>HVAC</i>	Heating, Ventilation and Air Conditioning
<i>USB</i>	Universal Serial Bus
<i>USB-C</i>	Universal Serial Bus Type-C
<i>LED</i>	Light-Emitting Diode
<i>NFC</i>	Near Field Communication
<i>ÖBB</i>	Österreichische Bundesbahnen
<i>ČD</i>	České Dráhy
<i>TMH</i>	Transmashholding
<i>CRRC</i>	China Railway Rolling Stock Corporation
<i>ČSN</i>	české technické normy
<i>EN</i>	European Norm
°	stupeň
<i>mm</i>	milimetr
<i>V</i>	volt
<i>km/h</i>	kilometr za hodinu

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 Srovnání emisí nočních vlaků a jiných druhů dopravy v odborné literatuře [1] ..	16
Obr. 2-2 Faktory ovlivňující pohodlí a spokojenost při cestování nočními vlaky [3]	17
Obr. 2-3 ČD lehátkové kupé – Konfigurace oddílu pro denní cestování [7]	19
Obr. 2-4 ČD lehátkové kupé – Konfigurace oddílu pro noční cestování [7]	19
Obr. 2-5 Vizualizace návrhu Mini Cabins [8]	21
Obr. 2-6 Schéma dispozice lůžkového vozu s Mini Cabins [10]	21
Obr. 2-7 Mini Cabins – Zástěna [9]	22
Obr. 2-8 Mini Cabins – Horní kabiny [9]	22
Obr. 2-9 Yoločka – Boční pohled [11]	23
Obr. 2-10 Yoločka – Půdorys [11]	24
Obr. 2-11 Yoločka – Horní kabina [11]	25
Obr. 2-12 Sleep in Motion – Spodní kabina [14]	26
Obr. 2-13 Sleep in Motion – pohled z uličky [14]	27
Obr. 2-14 Sleep in Motion – Pracovní model [14]	27
Obr. 2-15 Double Decker Sleeper EMU [15]	29
Obr. 2-16 Double Decker Sleeper – pohled z uličky [15]	29
Obr. 2-17 Second-class Night Train – schéma dispozice lůžkového vozu [16]	31
Obr. 2-18 Second-class Night Train – lůžka pro jednotlivce [16]	32
Obr. 2-19 Second-class Night Train – Vertikální prostor horního lůžka v poměru k osobě v sedě [16]	33
Obr. 2-20 Výkresová dokumentace nočního vozu – umístění HVAC systému [17]	34
Obr. 2-21 Schéma typického uspořádání klimatizačního systému v osobním voze [19] ...	35
Obr. 2-22 Elektroinstalace kolejového vozu [21]	35
Obr. 2-23 Nouzové osvětlení osobního vlakového vozu [24]	36
Obr. 2-24 Výkresová dokumentace nočního vozu [17]	38
Obr. 2-25 Antropometrické rozměry 99percentilního muže v pohledu zepředu a z boku [26]	39
Obr. 2-26 Rozměry evropských matrací [27]	40
Obr. 2-27 Minimální vertikální rozměry prostoru pro plazení [26]	41

Obr. 2-28 Limitní rozměry vertikální komunikace.....	42
Obr. 4-1 Strom cílů	52
Obr. 4-2 Glassbox	53
Obr. 4-3 Průhledové schéma	54
Obr. 4-4 Schématické znázornění způsobů uspořádání.....	55
Obr. 4-5 Zvolené varianty uspořádání	56
Obr. 4-6 Varianta I.....	57
Obr. 4-7 Varianta II.....	58
Obr. 4-8 Varianta III	59
Obr. 5-1 Předběžný návrh, půdorys.....	61
Obr. 5-2 Předběžný návrh	62
Obr. 5-3 Předběžný návrh, posuvný žebřík	62
Obr. 5-4 Výkresová dokumentace nočního vozu [17]	63
Obr. 5-5 Znázornění uličky	64
Obr. 5-6 Předběžný návrh, rozměry	65
Obr. 5-7 Předběžný návrh, materiálové řešení.....	66
Obr. 6-1 Přední pohled	68
Obr. 6-2 Sektor 1 s dvoulůžkovými kabinami	69
Obr. 6-3 Pohled z uličky	69
Obr. 6-4 Vstup k podélné kabině	70
Obr. 6-5 Skříňka na příruční zavazadlo	71
Obr. 6-6 Využití úložného prostoru.....	71
Obr. 6-7 Žebřík k horní diagonální kabině	72
Obr. 6-8 Protější stěna vozu	73
Obr. 6-9 Okenní roleta v kabinách	74
Obr. 6-10 Výklopný stůlek v pracovní poloze	74
Obr. 6-11 Horní podélná kabina	75
Obr. 6-12 Spodní podélná kabina.....	76
Obr. 6-13 Ovládací panel v podélných kabinách	77
Obr. 6-14 Horní (vlevo) a spodní (vpravo) diagonální kabina	78

Obr. 6-15 Horní diagonální kabina, pohled z uličky	79
Obr. 6-16 Ovládací panel v diagonálních kabinách	79
Obr. 6-17 Vyklopená opěrka	80
Obr. 6-18 Horní dvoulůžková kabina, přední část	81
Obr. 6-19 Spodní dvoulůžková kabina, přední část	81
Obr. 6-20 Ovládací panel v dvoulůžkových kabinách	82
Obr. 6-21 Horní dvoulůžková kabina – zadní část	83
Obr. 6-22 Rozměrové řešení, kabiny pro jednotlivce	84
Obr. 6-23 Rozměrové řešení, dvoulůžkové kabiny.....	85
Obr. 6-24 Rozměrové řešení, celý vůz.....	85
Obr. 6-25 Rozpad.....	86
Obr. 6-26 Strop podélných kabin	88
Obr. 6-27 Strop dvoulůžkových kabin	88
Obr. 6-28 Strop vozu	89
Obr. 6-29 Ovládací panel	90
Obr. 6-30 RFID zámek skříněk.....	91
Obr. 6-31 Průchodnost uličky	92
Obr. 6-32 Madlo v uličce	93
Obr. 6-33 Výškové úrovně skříněk.....	93
Obr. 6-34 Rozměr madla a otevírání skříňky.....	94
Obr. 6-35 Vstup do horní dvoulůžkové kabiny	94
Obr. 6-36 Žebřík k horní dvoulůžkové kabině	95
Obr. 6-37 Vertikální komunikace diagonální kabiny	95
Obr. 6-38 Pomocné madlo k vertikální komunikaci	96
Obr. 6-39 Madlo na posuvných dvířkách kabin	97
Obr. 6-40 Rozměry lůžek.....	97
Obr. 6-41 Užité plocha lůžka	98
Obr. 6-42 Dosahy v podélné kabině	98
Obr. 6-43 Výklopný stolek.....	99
Obr. 6-44 Dosahy v diagonální kabině	99

Obr. 6-45 Výklopná opěrka v diagonální kabině	100
Obr. 6-46 Ergonomie ovládacího panelu	100
Obr. 6-47 Klika na posuvných dvířkách	101
Obr. 6-48 Hlavní barevná varianta	102
Obr. 6-49 Barevné odstíny základu	103
Obr. 6-50 Barevné odstíny detailů	103
Obr. 6-51 Barevná varianta I	104
Obr. 6-52 Barevné odstíny detailu varianty I	105
Obr. 6-53 Barevná varianta II	105
Obr. 6-54 Barevné odstíny detailů varianty II	106
Obr. 6-55 Tvarosloví loga	107
Obr. 6-56 Logotyp, barevná a černobílá varianta	108
Obr. 6-57 Aplikace logotypu	108

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1 Tabulka cílů, omezení, funkcí a prostředků.....	50
Tab. 4-1 Zhodnocení variant	60
Tab. 5-1 Odhad ceny celého interiéru vozu	67
Tab. 8-1 Výsledek výzkumu podle RIV.....	112

13 SEZNAM PŘÍLOH

Náhledové postery:

- Designérský poster
- Sumarizační poster
- Technický poster
- Ergonomický poster

Samostatné přílohy:

- Designérský poster
- Sumarizační poster
- Technický poster
- Ergonomický poster
- Fyzický model

14 PŘÍLOHY

Lůžkové kupé

2026

Denisa Páleníková

vedoucí: Ing. Dana Rubínová, Ph.D.

Návrh interiéru lůžkového vozu reaguje na obnovu národní železniční dopravy v Evropě a transformuje tradiční koncept sdíleného kupé do podoby samostatných, plně uzamykatelných kabin pro jednotlivce. Hlavním pilířem designu je důraz na soukromí, bezpečí a vysoký uživatelský komfort cestujících. Klíčovou předností celého řešení je inovativní dispoziční uspořádání, které v interiéru vytváří logické funkční zóny. Tento přístup umožňuje vyčlenit dostatečný prostor pro pohodlnou manipulaci a ukládání zavazadel přímo u kabin, aniž by docházelo k omezení plynulosti provozu. Hlavní ulička vozu tak zůstává za všech okolností volně průchozí. Výsledný koncept úspěšně integruje nároky na klidný spánek do limitovaného prostředí vagonu a nabízí novou perspektivu pro moderní cestování železníci.





CELLULA



SUMARIZAČNÍ POSTER

V rámci projektu byl realizován vývoj komplexního interiéru lůžkového vozu nové generace. Hlavním cílem bylo navržení inovativního konceptu, který efektivně vyvažuje požadavky na optimální kapacitu stanovenou zadavatelem a vysoký standard užitelského komfortu. Celý tvůrčí proces byl výrazně ovlivněn přísnými rozměrovými a legislativními limity, které jsou specifické pro železniční dopravu. Pozornost byla věnována ergonomickému řešení celého prostoru, včetně samotného lůžka a úložných systémů. Výsledné tvarosloví interiéru záměrně využívá výrazná zaoblení a plynulé linie, což přispívá k vyšší bezpečnosti cestujících při pohybu a zároveň podporuje estetickou celistvost designu. Výsledkem je ucelený, funkční a bezpečný koncept, který přináší moderní pohled na noční dálkové cestování.

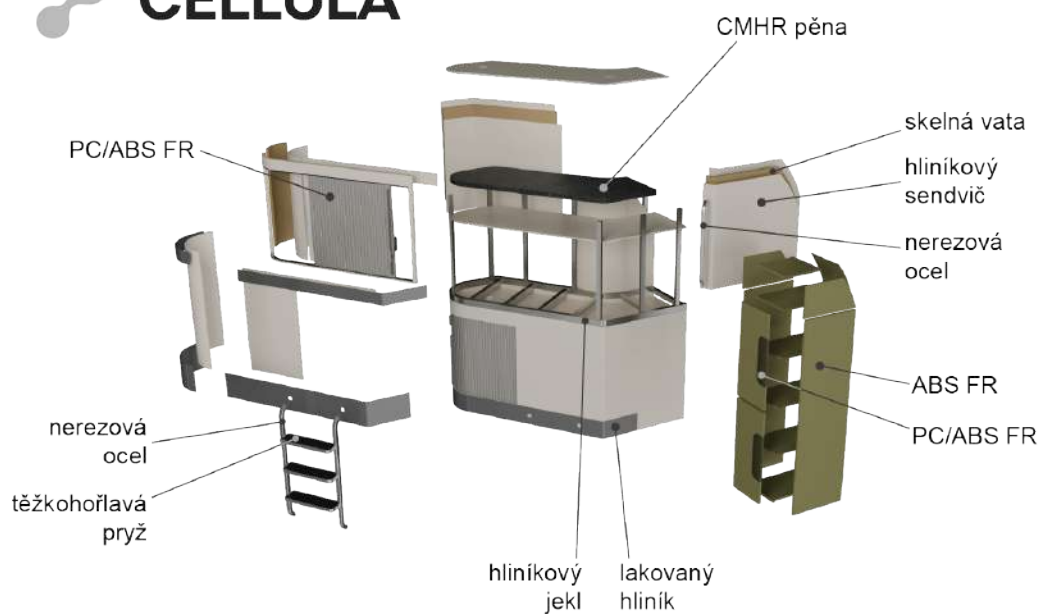


DESIGN LŮŽKOVÉHO KUPÉ / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Denisa Páleníková / Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 06/2020

T VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STROJNÍHO
V BRNĚ INŽENÝRSTVÍ

K ÚSTAV
KONSTRUKOVÁNÍ

X oddělení
průmyslového
designu



TECHNICKÝ POSTER

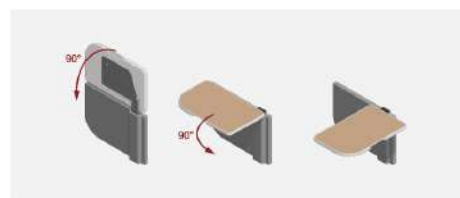
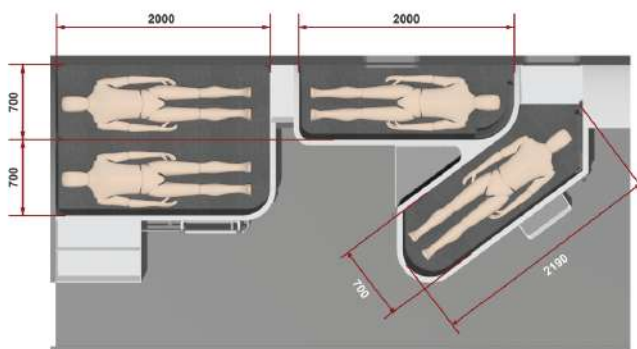
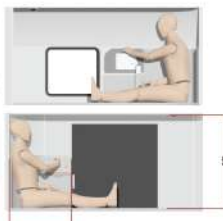
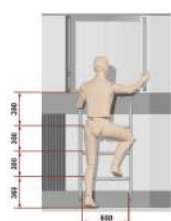
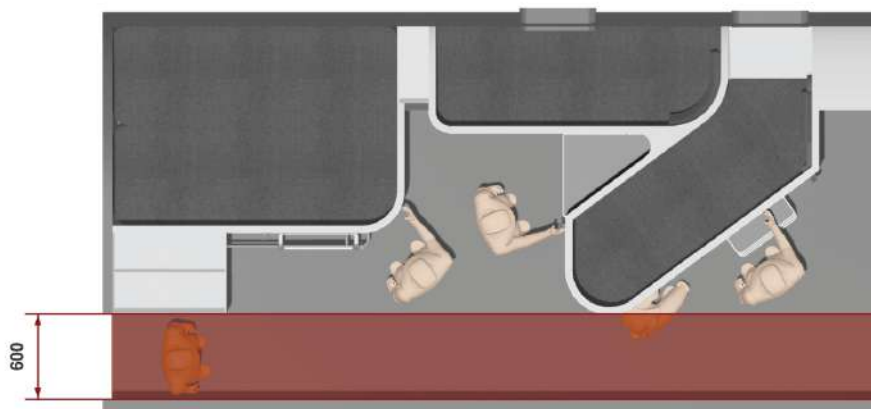
V rámci technického řešení interiéru byl kladen důraz na materiálovou udržitelnost, bezpečnost a efektivní montáž. Samotná konstrukce využívá prefabrikované moduly kabin, které jsou ve voze mechanicky kotveny pomocí systémových C-drážek a pevnostních šroubových spojů. Tento inovativní přístup výrazně podporuje rychlou sérovou výrobu a usnadňuje pravidelný servis. Obvodové stěny modula tvoří hliníkové sendvičové panely s izolační vrstvou ze skelné vaty pro tepelnou a akustickou tlumit interiéru.

Drobné detaily a vnitřní prvky jsou vyrobeny z vysoce nehořlavého plastu ABS FR. Rozměrové řešení striktně respektuje limity vagonu a maximalizuje vnitřní prostor. Uložné skříňky jsou vybaveny autonomními RFID zamky na přístupový čip. Centrálním bodem rozhraní kabiny je integrovaný ovládací panel sloužící k regulaci teploty a osvětlení, který je pro napájení elektroniky doplněn o elektrickou zásuvku a USB-C porty.

DESIGN LŮŽKOVÉHO KUPÉ / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Denisa Páleníková / Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OFD / 06/2025



CELLULA



ERGONOMICKÝ POSTER

Při návrhu interiéru bylo prioritou vytvoření uživatelsky přívětivého prostředí, které zohledňuje antropometrické parametry širokého spektra cestujících. Výška stropu v kabině byla zvolena s chledem na psychologii prostoru tak, aby uživatelé poskytovala možnost pohodlného vzpřímeného posazení. Samotná lůžka pak zajišťují plnohodnotný standard pro ležení bez pocitu stísněnosti. V diagonální kabině je navíc integrována vyklápěcí opěrka, která reaguje na specifickou geometrii prostoru a umožňuje zaujmout správnou ergonomickou polohu při sezení. Snadnou transformací interiéru dále podporuje integrovaný vyklápěcí stolek. Zvýšená pozornost byla věnována také vertikální komunikaci; žebříky na horní lůžka jsou doplněny o madla, což výrazně zvyšuje stabilitu a bezpečnost při nastupování. Bezpečný pohyb po celém voze zajišťuje optimalizovaná šířka hlavní uličky.

DESIGN LŮŽKOVÉHO KUPÉ / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Denisa Pálenková / Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 06/2020

VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STROJNÍHO
V BRNĚ INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu