

## NÁVRH DVOJNÁPRAVOVÉHO PODVOZKA PRE REGIONÁLNE KOĽAJOVÉ VOZIDLO

Martin Bučko<sup>1</sup>, Dalibor Barta<sup>1</sup>, Vladimír Samaš<sup>1</sup>, Ján Dižo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra dopravnej a manipulačnej techniky, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline,  
Univerzitná 1, 010 26 Žilina, martin.bucko@fstroj.uniza.sk, dalibor.barta@fstroj.uniza.sk,  
vladimir.samas@fstroj.uniza.sk, jan.dizo@fstroj.uniza.sk

### **DESIGN OF A DOUBLE-AXLE BOGIE FOR A REGIONAL RAIL VEHICLE**

**Abstract:** Rail transport is widely regarded as a leader in sustainable mobility, primarily due to its ecological benefits. In the context of rapid technological progress and evolving demands in the transportation sector, there is a growing need for innovative solutions that enhance efficiency, reliability, and environmental sustainability. Despite its reputation for comfort, safety, a relatively dense network, and high-speed travel, the modernization of railway vehicles remains a critical issue—particularly in regions where outdated fleets are still in operation.

This study presents the design and structural analysis of a new two-axle bogie intended for regional rail vehicles. The bogie is optimized for routes characterized by lower speeds, tighter curves, and fluctuating passenger loads. The proposed design features a lightweight internal steel frame, constructed from weldable S355J2 steel, and incorporates primary and secondary suspension systems—including air springs that maintain consistent ride height under variable static loads.

Finite Element Method (FEM) analysis, conducted using ANSYS software, was employed to assess the structural integrity of the bogie frame under realistic vertical loads. The stress distribution, evaluated using von Mises criteria, confirmed that the maximum stress remains below the material yield strength of 355 MPa. The maximum displacement of 1.52 mm indicates a balance between torsional flexibility for vertical track irregularities and sufficient stiffness for lateral stability. The results verify that the bogie frame design meets strength and deformation requirements, offering a promising solution for modern regional rail transport.

**Key words:** two-axle bogie design, regional rail vehicles, finite element analysis, sustainable transport systems

## ÚVOD

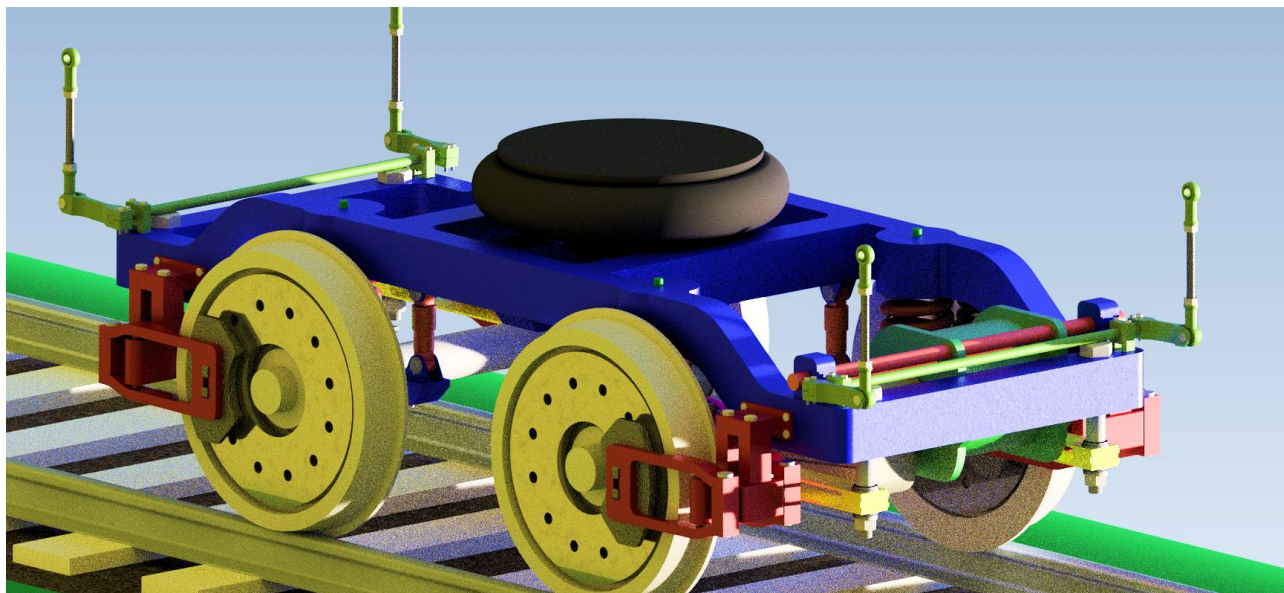
Železničná doprava je právom považovaná za lídra v oblasti udržateľnej mobility, najmä vďaka svojmu ekologickému prínosu. V dobe rýchleho vývoja a neustálych zmien v dopravnom sektore nadobúda čoraz väčší význam hľadanie inovatívnych riešení, ktoré prispievajú k vyššej

efektívite, spoľahlivosti a environmentálnej udržateľnosti dopravných systémov.[1, 4] Napriek tomu si železničná doprava získala obľubu u cestujúcich predovšetkým vďaka pohodlnému a komfortnému cestovaniu, vysokej úrovni bezpečnosti, relatívne hustej sieti spojení a rýchlosti prepravy.

Jednou z hlavných priorít v oblasti železničnej dopravy je vývoj vozidiel, ktoré spĺňajú čoraz prísnejšie požiadavky na výkon, komfort pre cestujúcich a ochranu životného prostredia.[2] Rastúci záujem verejnosti o tento druh dopravy prirodzene prináša aj nároky na bezpečné a komfortné vozidlá. Problémom však zostáva, že v mnohých krajinách je vozový park zastaraný, preto sa na niektorých tratiach využívajú vozidlá, ktoré už prekročili svoju technickú životnosť. Dopravcovia sa často snažia šetriť náklady predlžovaním ich životnosti prostredníctvom niekoľkých modernizácií, ktoré však v plnej miere nedokážu dosiahnuť parametre nových vozidiel.

### NÁVRH DVOJNÁPRAVOVÉHO PODVOZKA

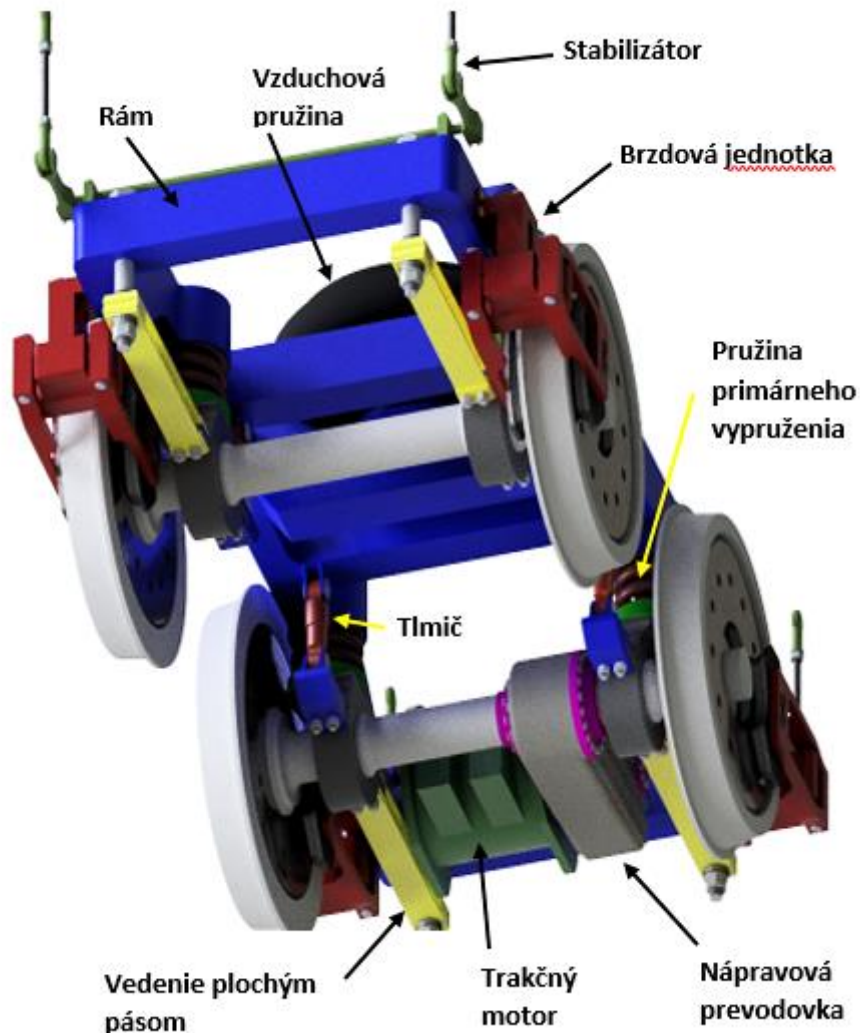
Jedným z rozhodujúcich prvkov, ktorý významne ovplyvňuje bezpečnosť a komfort jazdy, je podvozok.[3] Pri návrhu dvojnápravového podvozka sa uvažovalo s nasadením vozidla predovšetkým na regionálnych tratiach, ktoré sú charakteristické nižšími traťovými rýchlosťami, malými polomerami oblúkov, nižším počtom cestujúcich a častými zastávkami. V prípade prímestských tratí je však potrebné počítať s vyššou intenzitou prepravy osôb než na tratiach regionálnych.



**Obr. 1** Dvojnápravový podvozok

Pri návrhu podvozka sa zohľadňovali požiadavky technickej normy STN EN 13749+A1 [3] a uvažovalo sa s priemerom kolies 840 milimetrov. Navrhnutá konštrukcia dvojnápravového podvozka s normálnym rozchodom 1 435 milimetrov (obr. 1) obsahuje komponenty zabezpečujúce jeho správnu schopnosť niesť a viesť skriňu koľajového vozidla. Rám podvozka je vybavený

konzolami pre uchytenie dvoch párov tlmičov, ktoré vytvárajú tlmivú väzbu medzi ložiskovými skriňami dvojkolesia a rámom podvozka, konkrétne v oblastiach, kde sa nachádzajú pružiny primárneho vypruženia.



**Obr. 2** Dvojnápravový podvozok - pohľad zdola

Na pohľade zdola (obr. 2) sú zreteľne zobrazené hlavné komponenty podvozka: nápravová prevodovka, trakčný motor, dvojkolesie s integrovanými brzdovými kotúčmi, umiestnenie pružín primárneho vypruženia medzi rámom a ložiskovými skriňami, ako aj vedenie pomocou plochých pásov a dvojica tlmičov zabezpečujúcich tlmivú väzbu medzi ložiskovými skriňami a rámom podvozka.

## RÁM PODVOZKA

Rám podvozka je základným nosným prvkom pojazdu, na ktorý sú uchytené ďalšie komponenty podvozka. Navrhovaný tvar rámu podvozka je možné vidieť na obr. 3. Najmä kvôli zníženiu

hmotnosti je zvolená konštrukcia vnútorného rámu. Jedná sa o nosníkovú konštrukciu pozostávajúcu z dvoch pozdĺžnikov, ktoré sú v prednej a zadnej časti zalomené nadol. Hlavný priečnik je v strede zalomený kvôli zníženiu priestorovej náročnosti pre inštaláciu vzduchovej pružiny sekundárneho vypruženia. Po stranách hlavného priečnika je dvojica priečnikov, ktoré zabezpečujú tuhosť rámu. Čelníky slúžia na zvýšenie priečnej tuhosti rámu, ako aj nesenie čapov pásového vedenia.



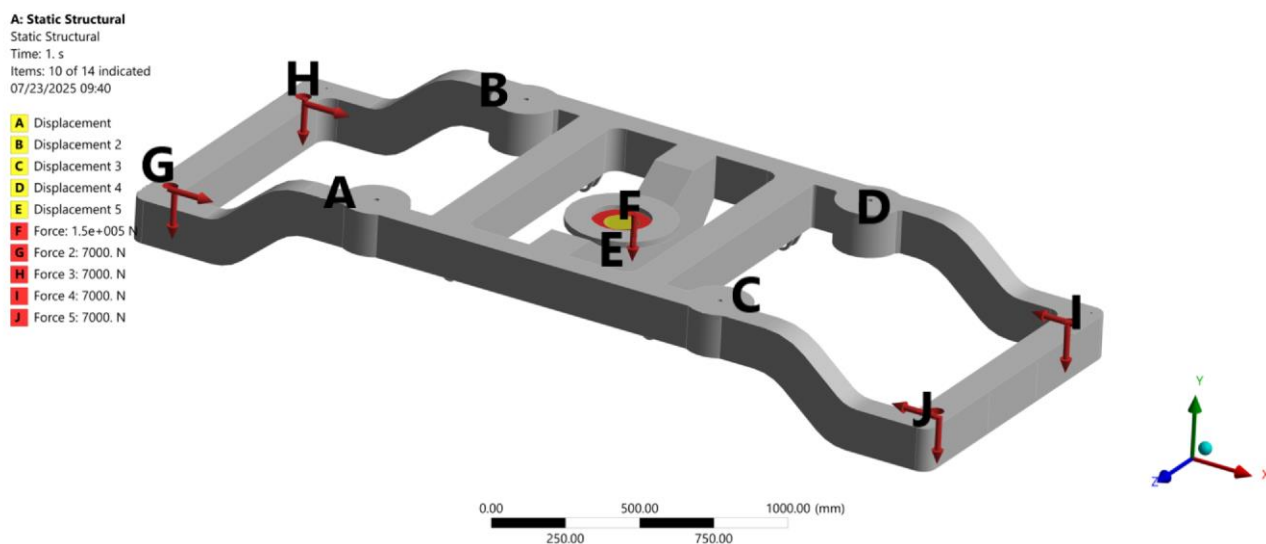
**Obr. 3** Rám podvozka

Z konštrukčného hľadiska podvozok pozostáva z oceľových profilov s obdĺžnikovým prierezom z ocele so zaručenou zväratelnosťou pri zvýšenej medze klzu S355J2, kde hrúbka steny bola zvolená 12 milimetrov. Je zrejmé, že z nasledujúcej pevnostnej analýzy bola zvolená hrúbka materiálu vyhovujúca. Pri výbere sekundárneho vypruženia sa bralo do úvahy nasadenie vozidla. V tomto prípade ide o podvozok, ktorý bude implementovaný do regionálneho koľajového vozidla, ktoré má kolísavú obsadenosť cestujúcimi počas dňa. Ideálnym riešením bolo použitie vzduchovej pružiny, ktorá má niekoľko výhod. Jej hlavnou výhodou je regulovateľnosť tlaku vzduchu. Tým zabezpečíme, že sa zachová výška nárazníkov v povolenom rozsahu hodnôt napriek zmenám statického zaťaženia. Zaručí sa mäkkosť vypruženia, čo je dôležité práve pri regionálnych jednotkách, ktoré majú nízku hmotnosť a kolísavé statické zaťaženie v priebehu dňa. Ďalšou výhodou je možnosť použitia jednoduchšej konštrukcie rámu podvozka.

### **PEVNOSTNÁ ANALÝZA**

Výpočtová analýza mala primárny cieľ overiť navrhnutú konštrukciu z hľadiska pevnosti podľa okrajových podmienok, ktoré by mali čo najviac simulovať prevádzkové zaťaženie.

Pevnostný výpočet prebiehal ako výpočet statickým zaťažovaním samotného rámu podvozka pri zvislých silách. Na výpočet navrhovaného rámu podvozka bol použitý výpočtový softvér ANSYS a metóda konečných prvkov.



Obr. 4 Okrajové podmienky na analyzovanom ráme

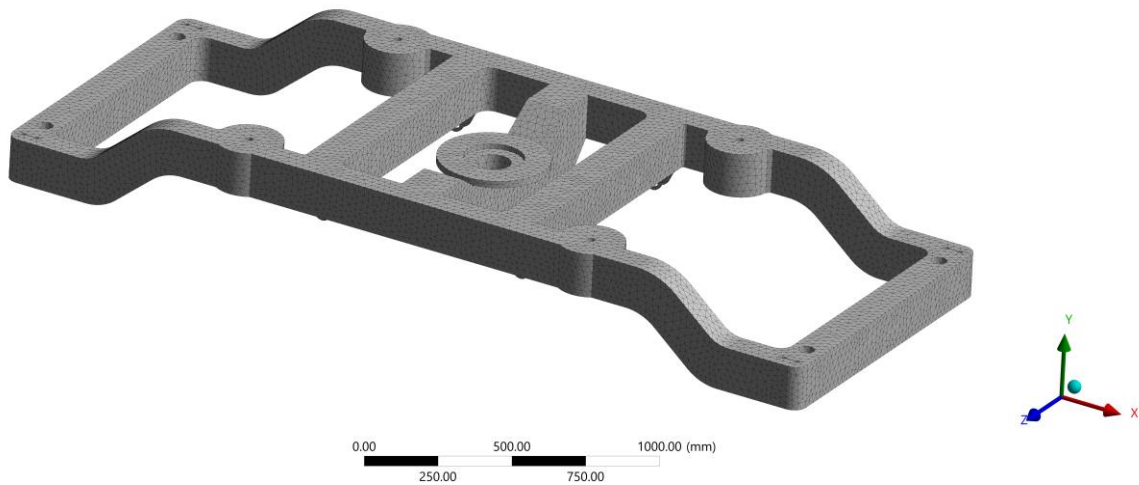
Tab. 1 Okrajové podmienky v naznačených bodoch

Miesto	A	B	C	D	E
<b>Okrajová podmienka</b>	Posunutie	Posunutie	Posunutie	Posunutie	Posunutie
Miesto	F	G	H	I	J
<b>Okrajová podmienka</b>	Zaťaženie	Zaťaženie	Zaťaženie	Zaťaženie	Zaťaženie
	157 kN	7000 N	7000 N	7000 N	7000 N

Pevnostná analýza rámu dvojnápravového podvozka sa vykonávala s využitím okrajových podmienok, ktoré sú zobrazené na obr. 4 a v tabuľke 1. Okrajovou podmienkou je zaťaženie silou 156 960 N v mieste osadenia pneumatickej pružiny sekundárneho vypruženia (v obr. 4 pozícia E, F), čo zodpovedá priemernovej tiažovej sile, ktorou pôsobí skriňa koľajového vozidla na rám podvozka, teda spolu je to 313 920 N pre oba podvozky. Ďalšou okrajovou podmienkou je sila od tiaže pohonu (v obr. 4 pozícia G, H, I, J), a to o veľkosti 7 000 N.

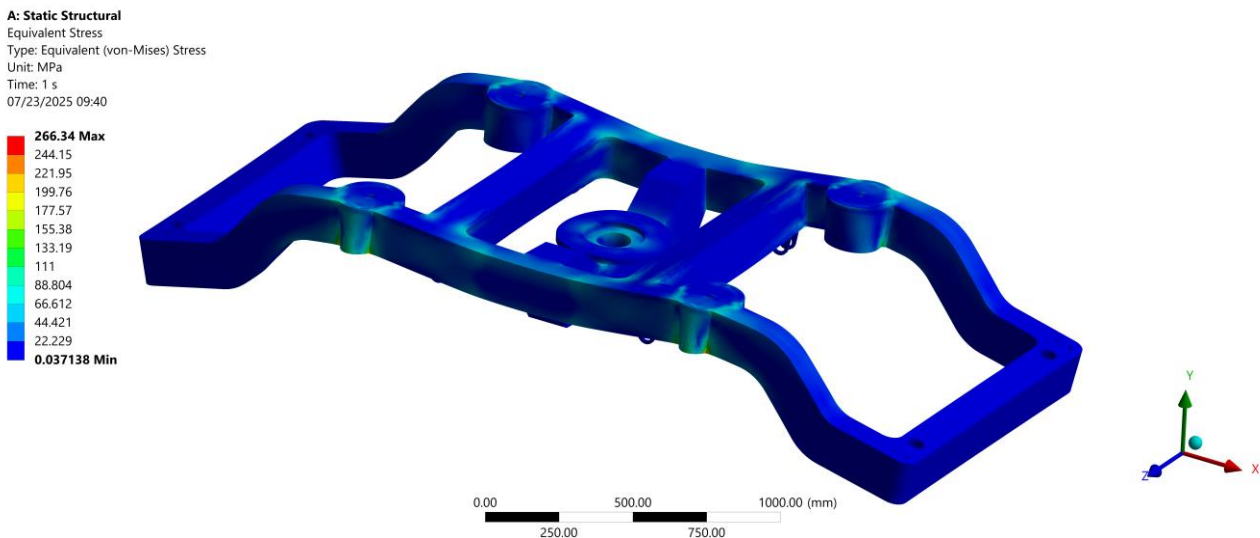
Na obr. 5 je zobrazené sieťovanie rámu podvozka v programe ANSYS. V prípade rámu znázorneného na obr. 3 bola veľkosť elementov 25 milimetrov a ich počet bol 81 043, počet uzlov bol 150 717. V kritických oblastiach, ktoré sú charakteristické malými geometrickými tvarmi je sieť

zhustená na presnejšie a menšie elementy, ktoré boli nastavené samotným programom, čo má za následok presnejšiu analýzu.



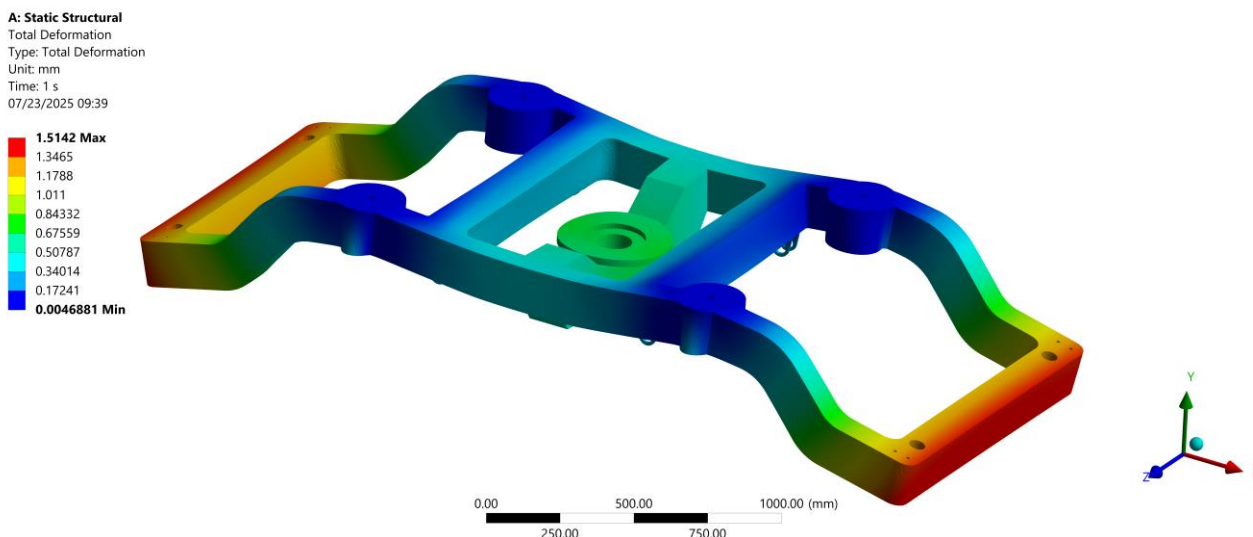
**Obr. 5** Vytvorenie siete v programe ANSYS

Obr. 6 znázorňuje napätie v ráme dvojnápravového podvozka, ktoré bolo vyrátané pomocou metódy von Mises. Rám splnil pevnostnú podmienku a nezlomil sa, nakoľko neprekročil kritickú hodnotu napätia, a to 355 MPa.



**Obr. 6** Výsledné napätie

Na obr. 7 je možné vidieť výsledný posun rámu. Najväčší posun má hodnotu necelých 1,52 milimetra a je znázornený červenou farbou, čo je z hľadiska konštrukcie rámu podvozka vyhovujúce. Čím je väčšia hodnota deformácie, tým je torzne poddajnejšia konštrukcia rámu podvozka, čo má za následok lepšie pohltenie zvislej nerovnosti na koľaji. Čím je hodnota nižšia, tým je rám podvozka torzne tuhší a je lepšia priečna stabilita.



**Obr. 7** Výsledný posun

## ZÁVER

Základný návrh dvojnápravového podvozka predstavuje efektívne riešenie pre regionálne koľajové vozidlá, ktoré reflektuje aktuálne požiadavky na zvýšenie komfortu železničnej dopravy. Vďaka použitým konštrukčným prvkom a materiálom sa podľa simulácií podarilo dosiahnuť optimálnu tuhosť rámu, čo je zásadné pre bezpečnú a pohodlnú jazdu na regionálnych tratiach s častými oblúkmi a nižšími traťovými rýchlosťami.

Pevnostná analýza pomocou metódy konečných prvkov preukázala, že rám podvozka bezpečne odoláva prevádzkovým zaťaženiam bez prekročenia medze klzu materiálu. Maximálna hodnota napätia ani deformácie neohrozujú prevádzkovú spoľahlivosť konštrukcie, pričom zachovávajú potrebné vlastnosti pre daný typ vozidla.

Výsledky analýz potvrdzujú vhodnosť navrhovaného riešenia pre jeho implementáciu v regionálnej železničnej doprave, pričom konštrukcia rámu poskytuje dostatočný základ aj pre prípadné ďalšie optimalizácie alebo adaptácie pre prímestské trate s vyšším zaťažením. Navrhnutý podvozok môže prispieť k modernizácii vozidlového parku a zvyšovaniu kvality a komfortu železničnej dopravy.

## LITERATÚRA

- [1] HELLER, Petr, (2017). Kolejová vozidla I. Plzeň: Západočeská univerzita, 186 s. ISBN 978-80-261-0693-7.
- [2] KALINČÁK, Daniel, a kol. (2004). Koľajové vozidlá – Riešené príklady, Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 174 s. ISBN 80-8070-352-3
- [3] SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKEJ NORMALIZÁCIE, (2024). STN EN 13749+A1 (282240) „Železnice – Dvojkolesia a podvozky – Metódy stanovenia konštrukčných požiadaviek na rámy podvozkov“

[4] SCHINDLER, Christian, (2014). Handbuch Schienenfahrzeuge. Hamburg: Eurail Press,. ISBN 978-3-96245-052-6

**Podakovanie**

*Tento príspevok vznikol s podporou projektu KEGA 024ŽU-4/2025 Rozšírenie vedomostí študentov inžinierskeho štúdia o progresívne metódy údržby a diagnostiky dopravných prostriedkov.*