

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Bakalářská práce

2019

Jiří Malý

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Brzděný přívěs pro osobní automobil

Jiří Malý

Bakalářská práce

2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří Malý**  
Osobní číslo: **D15274**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**  
Název tématu: **Brzděný přívěs pro osobní automobil**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

Práci zaměřte na návrh koncepce brzděného přívěsu pro osobní automobil. Provedte návrh konstrukce a základní pevnostní výpočet rámu brzděného přívěsu. Součástí práce je i určení standardních částí přívěsu (brzděná náprava, pneumatiky, ráfky, svítilny, přívěsný kloub atd.). Zpracujte odpovídající výkresovou dokumentaci rámu. Pro vyhodnocení pevnosti použijte současné poznatky vědy a techniky.

Vypracovat:

1. Úvod
2. Popis stávajících řešení přívěsů pro osobní automobily
3. Zpracování přehledu legislativních a konstrukčních požadavků na přívěsy pro osobní automobily.
4. Návrh koncepce brzděného přívěsu (rám, náprava(y) příslušenství).
5. Stanovení vstupních parametrů zatížení (nosnost, maximální povolená rychlost, jízda v zatáčce, brzdění, akcelerace).
6. Na základě požadavků a zatížení návrh rámu přívěsu.
7. Pevnostní kontrola rámu přívěsu.
8. Vyhodnocení výsledků.
9. Závěr

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- [1] ČSN EN 1993 (dříve ČSN 731401). Navrhování ocelových konstrukcí. Česká technická norma. Český normalizační institut, 1998.
- [2] ČSN EN 690010. Tlakové nádoby stabilní. Technická pravidla - výpočet pevnosti. Český normalizační institut.
- [3] SHIGLEY, J. E., MISCHKE, CH. R., BUDYNAS, R. G.:Konstruování strojních součástí. Nakladatelství VUTIUM,VUT Brno, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [4] Vyhláška č. 341/2014 Sb., Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Tomek, Ph.D.

Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů

Datum zadání bakalářské práce: 15. února 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 20. května 2019



doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

L.S.



Ing. Jakub Vágner, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. února 2019

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012 Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 22. 4. 2019

Jiří Malý

## Poděkování

Tímto chci mnohokrát poděkovat panu doc. Ing. Petru Tomkovi, Ph.D., který byl vedoucím této bakalářské práce a poskytl mi cenné rady, které mně pomohly při výpočtech rámu přívěsu. Ještě jednou mu chci poděkovat za jeho čas, který mi věnoval při konzultacích této práce. Dále chci poděkovat panu Ing. Petrovi Šedivému ze společnosti Dekra za věnování jeho času a poskytnutí cenných informací ohledně schvalování vozidel podle platných právních předpisů.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce je věnována návrhu koncepce brzděného přívěsu pro osobní automobil. V první část této práce je věnována pozornost požadavkům na přívěsy. Druhá část je zaměřena na stanovení vstupních parametrů zatížení přívěsu. V poslední části jsou provedeny pevnostní výpočty nosníků s následným vyhodnocením získaných výsledků.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

přívěs pro osobní automobil, legislativa, rám, náprava, brzdy

## **TITLE**

Braked Trailer for Passenger Car

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis deals with the design of a braked trailer for passenger car. In the first part of this thesis is attention paid to the requirements for a trailers. The second part is focused on determining the input parameters of a trailer load. Last part is focused on the strength calculations of the beams with subsequent evaluation of the results.

## **KEYWORDS**

trailer for passenger car, legislation, frame, axle, brakes

## Obsah

Seznam ilustrací, tabulek a grafů .....	10
Seznam značek.....	12
Úvod.....	14
1 Popis stávajících řešení přívěsů pro osobní automobily.....	15
2 Legislativní a konstrukční požadavky na přívěsy pro osobní automobil .....	19
2.1 Spojitelnost z pohledu okamžité hmotnosti .....	19
2.2 Spojitelnost z pohledu zatížení tažného vozidla .....	20
2.3 Spojitelnost z pohledu maximální šířky přípojného vozidla.....	20
2.4 Rychlosti přívěsů.....	20
2.5 Označení nejvyšší povolené rychlosti .....	20
2.6 Tabulka registrační značky .....	21
2.7 Největší povolené hmotnosti na nápravu .....	21
2.8 Největší povolené rozměry přípojných vozidel .....	22
2.9 Brzdová zařízení.....	22
2.10 Mechanická spojovací zařízení.....	23
2.11 Světelná zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci.....	24
2.11.1 Zadní odrazka trojúhelníková:.....	24
2.11.2 Zadní směrová svítilna .....	25
2.11.3 Zadní obrysová svítilna .....	26
2.11.4 Brzdová svítilna.....	27
2.11.5 Zpětný světlomet .....	28
2.11.6 Zadní mlhová svítilna .....	29
2.11.7 Svítilna zadní registrační tabulky .....	30
2.11.8 Doplňková obrysová světla přední a zadní.....	31
2.11.9 Přední obrysová svítilna .....	31
2.11.10 Přední odrazka jiná než trojúhelníková.....	32



2.11.11	Boční odrazka jiná než trojúhelníková.....	33
2.11.12	Boční obrysová svítlna.....	34
3	Návrh koncepce brzděného přívěsu.....	35
3.1	Nosný rám.....	35
3.2	Korba.....	35
3.3	Nájezdová brzda.....	36
3.4	Náprava.....	37
3.5	Disk s pneumatikou.....	38
3.6	Elektrická výzbroj přívěsu.....	38
4	Stanovení vstupních parametrů zatížení.....	39
4.1	Nosnost přívěsu.....	39
4.2	Maximální povolená rychlost.....	39
4.3	Jízda v zatáčce.....	39
4.3.1	Příčná stabilita na rovinné zatáčce.....	40
4.3.2	Příčná stabilita na klopené zatáčce.....	41
4.4	Brzdění přívěsu.....	42
4.5	Akcelerace.....	44
5	Návrh rámu.....	45
6	Pevnostní kontrola rámu.....	46
6.1	Středový nosník zatížen hmotností.....	46
6.1.1	První část nosníku.....	47
6.1.2	Druhá část nosníku.....	48
6.1.3	Třetí část nosníku.....	50
6.1.4	Čtvrtá část nosníku.....	51
6.2	Krajové nosníky zatížené hmotností.....	53
6.2.1	První část nosníku.....	53
6.2.2	Druhá část nosníku.....	54

6.2.3	Třetí část nosníku .....	56
6.3	Příčné nosníky zatížené hmotností.....	58
6.4	Středový nosník zatížen jízdními odpory.....	59
6.4.1	Zatížení v podélné ose .....	59
6.4.2	Zatížení v příčné ose.....	60
6.5	Krajové nosníky zatížené jízdními odpory .....	61
6.5.1	Zatížení v podélné ose .....	62
6.5.2	Zatížení v příčné ose.....	62
6.6	Příčné nosníky zatížené jízdními odpory .....	64
6.6.1	Zatížení v podélné ose .....	64
6.6.2	Zatížení v příčné ose.....	65
7	Vyhodnocení výsledků .....	67
8	Závěr.....	68
9	Použitá literatura.....	69

## Seznam ilustrací, tabulek a grafů

<b>Obrázek 1</b> Kombinace provedení oje [4].....	15
<b>Obrázek 2</b> Odpružená náprava [5].....	16
<b>Obrázek 3</b> Odpružení pomoci listového pera [4] a [6].....	16
<b>Obrázek 4</b> Odpružení pomoci vinutých pružin [7] a [8].....	17
<b>Obrázek 5</b> Nájezdová brzda [9].....	17
<b>Obrázek 6</b> Couvací automatika [10].....	18
<b>Obrázek 7</b> Registrační značky [11].....	21
<b>Obrázek 8</b> Montáž spojovací hlavice [12].....	24
<b>Obrázek 9</b> Zadní odrazka trojúhelníková [14].....	25
<b>Obrázek 10</b> Zadní směrová svítlna [14].....	25
<b>Obrázek 11</b> Zadní obrysová svítlna [14].....	27
<b>Obrázek 12</b> Brzdová svítlna [14].....	28
<b>Obrázek 13</b> Zpětný světlomet [14].....	29
<b>Obrázek 14</b> Zadní mlhová svítlna [14].....	30
<b>Obrázek 15</b> Svítlna zadní registrační tabulky [14].....	30
<b>Obrázek 16</b> Doplnková obrysová světla přední a zadní [14].....	31
<b>Obrázek 17</b> Přední obrysová svítlna [14].....	32
<b>Obrázek 18</b> Přední odrazka jiná než trojúhelníková [14].....	33
<b>Obrázek 19</b> Boční odrazka jiná než trojúhelníková [14].....	34
<b>Obrázek 20</b> Boční obrysová svítlna [14].....	34
<b>Obrázek 21</b> Rám přívěsu.....	35
<b>Obrázek 22</b> Korba přívěsu.....	36
<b>Obrázek 23</b> Nájezdová brzda přívěsu [15].....	36
<b>Obrázek 24</b> Rozměry nápravy Knott [15].....	37
<b>Obrázek 25</b> Disk s pneumatikou [17].....	38
<b>Obrázek 26</b> Zapojení zásuvky [18].....	38
<b>Obrázek 27</b> Příčná stabilita na rovinné zatáčce.....	40
<b>Obrázek 28</b> Příčná stabilita na klopené zatáčce.....	41
<b>Obrázek 29</b> Brzdění přívěsu.....	42
<b>Obrázek 30</b> Akcelerace.....	44
<b>Obrázek 31</b> Rám přívěsu.....	45
<b>Obrázek 32</b> Středový nosník první část (značení).....	47

<b>Obrázek 33</b> Středový nosník první část (hmotnost) .....	47
<b>Obrázek 34</b> Středový nosník druhá část (značení) .....	48
<b>Obrázek 35</b> Středový nosník druhá část (hmotnost).....	48
<b>Obrázek 36</b> Středový nosník třetí část (značení) .....	50
<b>Obrázek 37</b> Středový nosník třetí část (hmotnost) .....	50
<b>Obrázek 38</b> Středový nosník čtvrtá část (značení) .....	51
<b>Obrázek 39</b> Středový nosník čtvrtá část (hmotnost).....	51
<b>Obrázek 40</b> Krajobý nosník první část (značení) .....	53
<b>Obrázek 41</b> Krajobý nosník první část (hmotnost).....	53
<b>Obrázek 42</b> Krajobý nosník druhá část (značení).....	54
<b>Obrázek 43</b> Krajobý nosník druhá část (hmotnost).....	55
<b>Obrázek 44</b> Krajobý nosník třetí část (značení) .....	56
<b>Obrázek 45</b> Krajobý nosník třetí část (hmotnost).....	56
<b>Obrázek 46</b> Příčný nosník (značení).....	58
<b>Obrázek 47</b> Příčný nosník (hmotnost) .....	58
<b>Obrázek 48</b> Středový nosník (jízdní odpory).....	60
<b>Obrázek 49</b> Krajobý nosník (jízdní odpory).....	62
<b>Obrázek 50</b> Příčný nosník (jízdní odpory).....	65
<b>Tabulka 1</b> Parametry nápravy Knott [16] .....	37
<b>Tabulka 2</b> Součinitel adheze [18] .....	40
<b>Tabulka 3</b> Velikost odstředivých sil .....	41
<b>Graf 1</b> Středový nosník, první část (hmotnost) .....	48
<b>Graf 2</b> Středový nosník, druhá část (hmotnost) .....	49
<b>Graf 3</b> Středový nosník, třetí část (hmotnost) .....	51
<b>Graf 4</b> Středový nosník, čtvrtá část (hmotnost) .....	52
<b>Graf 5</b> Krajobý nosník, první část (hmotnost) .....	54
<b>Graf 6</b> Krajobý nosník, druhá část (hmotnost).....	56
<b>Graf 7</b> Krajobý nosník, třetí část (hmotnost) .....	57
<b>Graf 8</b> Příčný nosník (hmotnost).....	59
<b>Graf 9</b> Středový nosník (jízdní odpory) .....	61
<b>Graf 10</b> Krajobý nosník (jízdní odpory).....	63
<b>Graf 11</b> Příčný nosník (jízdní odpory) .....	66

## Seznam značek

$a_d$	dostředivé zrychlení	[m/s <sup>2</sup> ]
$B$	rozchod kol	[m]
$F_{ad}$	celková adhezní síla	[N]
$F_{Bmax}$	maximální brzdná síla	[N]
$F_H$	tažná síla ve spojovacím zařízení při brzdění	[N]
$F_h$	tažná síla ve spojovacím zařízení při akceleraci	[N]
$F_i$	setrvačná síla	[N]
$F_o$	odstředivá síla	[N]
$F_p$	svislá síla ve spojovacím zařízení	[N]
$F_{po}$	síla namáhající v podélné ose	[N]
$F_z$	zatěžující síla	[N]
$G$	gravitační tíha	[N]
$g$	gravitační zrychlení	[m/s <sup>2</sup> ]
$h_h$	výška spojovacího zařízení	[m]
$h_t$	výška těžiště	[m]
$l_p$	délka příčného nosníku	[m]
$l_k$	celková délka krajového nosníku	[m]
$l_{k1}$	délka první části krajového nosníku	[m]
$l_{k2}$	délka druhé části krajového nosníku	[m]
$l_{k3}$	délka třetí části krajového nosníku	[m]
$l_{k4}$	délka čtvrté části krajového nosníku	[m]
$l_s$	délka středového nosníku	[m]
$l_{s1}$	délka první části středového nosníku	[m]
$l_{s2}$	délka druhé části středového nosníku	[m]
$l_{s3}$	délka třetí části středového nosníku	[m]
$l_{s4}$	délka čtvrté části středového nosníku	[m]
$m$	celková hmotnost přívěsu	[kg]
$M_A$	moment v bodě A	[N.m]
$M_o$	ohybový moment	[N.m]
$Q_1$	zatěžující síla první části	[N]
$Q_2$	zatěžující síla druhé části	[N]
$Q_3$	zatěžující síla třetí části	[N]

$Q_4$	zatěžující síla čtvrté části	[N]
$R$	poloměr zatáčky	[m]
$R_A$	reakce v bodě A	[N]
$R_B$	reakce v bodě B	[N]
$R_k$	reakce od kola	[N]
$S_k$	průřez krajového nosníku	[m]
$S_p$	průřez příčného nosníku	[m]
$S_s$	průřez středového nosníku	[m]
$W_o$	modul průřezu v ohybu	[m <sup>3</sup> ]
$Z_L$	reakce levého kola s vozovkou	[N]
$Z_P$	reakce pravého kola s vozovkou	[N]
$\alpha$	úhel sklonu vozovky	[°]
$\sigma$	napětí	[MPa]
$\sigma_D$	dovolené napětí	[MPa]
$\sigma_o$	ohybové napětí	[MPa]
$\varphi$	součinitel adheze	

## Úvod

Doprava je nedílnou součástí lidského života a jeho vývoje. Rozvoj v dopravě začal vynálezem, kterému se dodnes říká kolo. Doprava by se dala definovat jako organizovaný pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách za účelem přemístění (přepravy) nákladu, zvířat a osob. Přeprava je produktem dopravy, která se uskutečňuje pomocí dopravních prostředků, jakými jsou např. silniční vozidla. Základní dělení silničních vozidel je na motorová a nemotorová. Cílem této bakalářské práce je návrh koncepce brzděného přívěsu pro osobní automobil.

Přívěs je nemotorové vozidlo spadající do kategorie přípojných vozidel pod označením písmene O. Do kategorie O též spadají návěsy. Rozdíl mezi návěsem a přívěsem je takový, že přívěs na tažné vozidlo přenáší jen nepatrnou část své tíhy, kdežto návěs oproti přívěsu přenáší na tažné vozidlo znatelně větší část své tíhy. Přívěsy slouží k přepravě nákladu, osob a zvířat. Existují i speciální přívěsy, které jsou vybaveny technikou a zařízením pro konkrétní účely (požární, zdravotnický, obytný).

Tato bakalářská práce je zaměřena na přívěs, který bude sloužit pouze pro přepravu nákladu. Následující kapitola této bakalářské práce bude věnována pozornost popisu konstrukčních řešení přívěsů, která se nejčastěji používají u dnešních přívěsů. S konstrukcí přívěsu jsou úzce spojeny i legislativní požadavky, které přívěs jako takový musí pro provoz na pozemních komunikacích splňovat. Na základě těchto poznatků budou navrženy jednotlivé části brzděného přívěsu.

Důležitou kapitolou této práce je stanovení vstupních parametrů zatížení. Tyto parametry zatížení budou následovně použity pro pevnostní kontrolu rámu přívěsu. Pevnostní kontrola rámu se bude opírat o poznatky získané během bakalářského studia. Výsledky pevnostních výpočtů rámu přívěsu budou v konečné části této práce vyhodnoceny.

## 1 Popis stávajících řešení přívěsů pro osobní automobily

Na trhu je nepřehledné množství přívěsů za osobní automobil, které se liší nejen konstrukcí, ale i materiálem z něhož je přívěs vyroben. Materiál rámu a nosných prvků pro výrobu přívěsů se nejčastěji používá pozinkovaná ocel třídy 11 523 (S 355). Nosný rám je obvykle tvořen dvěma podélníky a několika příčníky z tenkostěnných profilů tvaru ‚U‘. Součástí rámu je i tažná oj, kterou se přívěs spojuje s tažným vozidlem. Oj přívěsu je tvořena jedním nosníkem, nebo dvěma nosníky do tvaru ‚V‘, popřípadě jejich kombinací.



Obrázek 1 Kombinace provedení oje [4]

Dalším odlišujícím znakem přívěsů je podle druhu použití pružících prvků, kterými přívěsy pro osobní automobil musí být povinně vybaveny.

Prvním možným způsobem odpružení je nejčastěji pomoci pružných pryžových členů. Pomoci pružných pryžových členů je každé kolo odpruženo nezávisle na tom druhém. Konstrukčně je to řešeno tak, že v hlavním mostu nápravy jsou zasunuty dva duté ocelové profily pro každou stranu zvlášť. Duté profily jsou spojeny s kolem pomocí ramene nápravy. Mezi těmito profily a mostem nápravy jsou pro každé kolo zvlášť umístěny pružné pryžové členy. Při jízdě po nerovnostech vozovky dochází k nakrucování dutých profilů uvnitř mostu nápravy. Proti tomuto nakrucování působí pružné pryžové členy, které tlumí rázy vzniklé nerovnostmi vozovky.



Ilustrativní obrázek systému odpružení

**AL-KO**



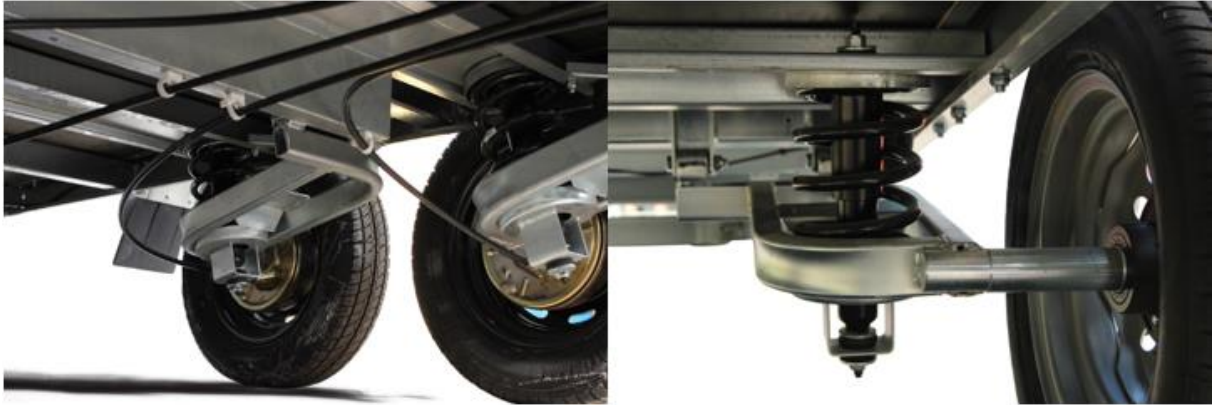
Obrázek 2 Odpružená náprava [5]

Další možnost odpružení přívěsu je pomocí listových pružin. Kdy listová pružina je umístěna na každé straně mezi nápravou a rámem přívěsu. K rámu přívěsu je pružina uchycena pomocí hlavního listu pružiny, která má na koncích závěsná oka. Závěsná oka jsou upevněna na jedné straně v pevném závěsu a na druhé straně v kyvném závěsu, nebo v kluzné opěře. Jedna strana musí vždy umožňovat pohyb pera. To je z důvodu změny délky pera při propružení, nebo po zatížení nákladem a po jeho následném odlehčení. K nápravě je listová pružina uchycena pomocí třmenu listové pružiny. Listové pružiny mají díky tření mezi listy samotlumící účinky. Toto tření mezi listy pružiny je na druhou stranu nevhodné z hlediska opotřebení jednotlivých listů pera, proto je nutné jednotlivé listy pružiny mezi sebou mazat. Některé listové pružiny bývají vybaveny plastovými vložkami pro snížení tohoto tření. Pro zvýšení tlumících účinků se listové pružiny montují společně s teleskopickými tlumiči.



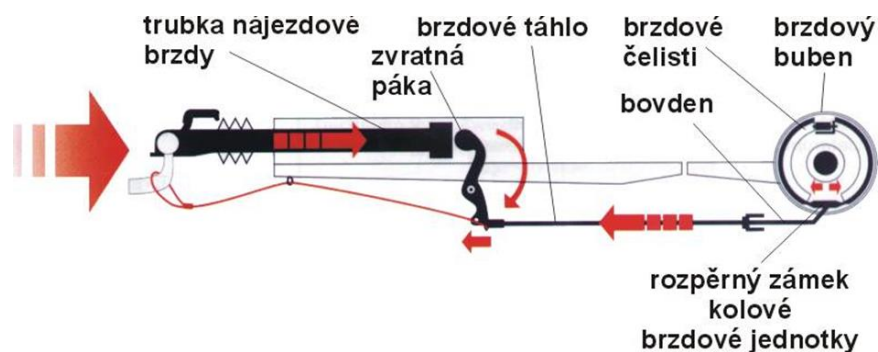
Obrázek 3 Odpružení pomocí listového pera [4] a [6]

Posledním řešením pro odpružení přívěsu je pomocí vinutých pružin doplněnými teleskopickými tlumiči. V tomto případě jsou použity výkyvné nápravy, které zabezpečují vedení kola. Jednotlivá kola jsou díky těmto nápravám nezávisle zavěšena. Výhodou vinutých pružin je malý zástavbový prostor a menší hmotnost oproti listovým pružinám. Nevýhodou je, že vinuté pružiny nedokáží vést nápravu a nemají téměř žádné samotlumící účinky. Proto musí být vinuté pružiny doplněny teleskopickými tlumiči.



Obrázek 4 Odpružení pomocí vinutých pružin [7] a [8]

Dalším odlišujícím znakem pro přívěsy jsou brzdy. Přívěsy pro osobní automobily, které mají celkovou hmotnost do 750 kg nemusí být vybaveny brzdícím systémem. Brzdění přívěsu se uskutečňuje pomocí nájezdového brzdného systému. Nájezdový brzdný systém se skládá z nájezdové brzdy, ovládacích součástí (táhla, vahadla, lanovody) a kolových brzd. Schéma nájezdového systému je na následujícím obrázku.

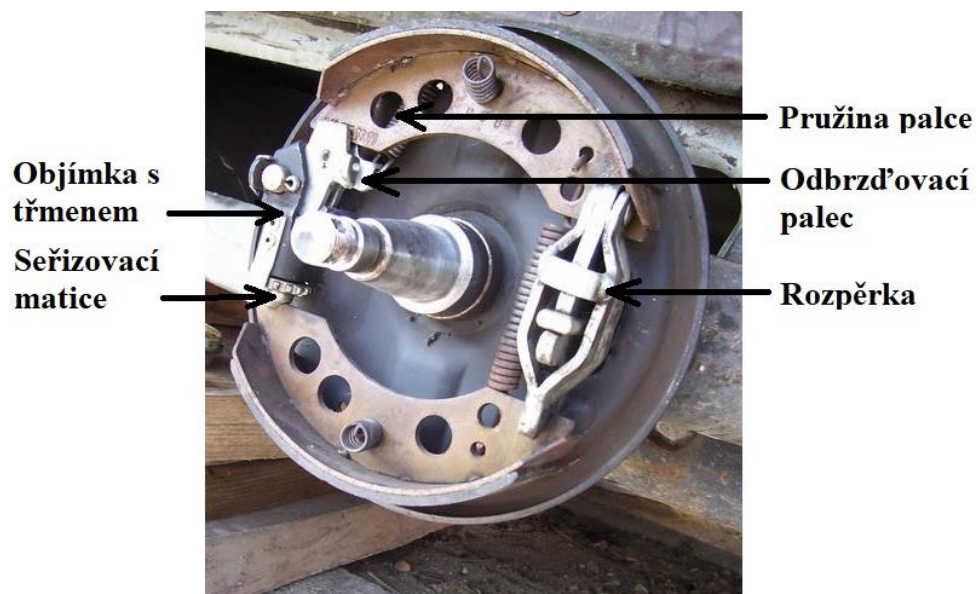


Obrázek 5 Nájezdová brzda [9]

Brzdění se uskutečňuje zasouváním nájezdové trubky do tělesa brzdy. Nájezdová trubka při zasouvání působí na zvratnou páku. Na zvratné páce je přichyceno brzdové táhlo, které

přenáší tažnou sílu přes bowden na rozpěrný zámek kolové brzdy. Tento zámek následovně rozevírá čelisti brzdy, tím je vyvozeno brzdění. Ještě nutno dodat, že kvůli bezpečnosti je na zvrtné páce připevněné pojistné lanko, které slouží k zabrzdění přívěsu po nečekaném odpojení přívěsu za jízdy. Brzdění přívěsu se neuskutečňuje jenom při brzdění osobního vozidla, ale i při jízdě z kopce, kdy se trubka nájezdové brzdy také zasouvá. Nevýhodou je, že při couvání s přívěsem dochází také k brzdění, což je nežádoucí. Proto nájezdové brzdy jsou vybaveny buďto aretačí nájezdové brzdy u starších přívěsů, nebo u novějších přívěsů systémem couvací automatiky.

Princip funkce systému couvací automatiky je následovný. O odbrzdění přívěsu při couvání se stará odbrzdovací palec, který je otočně uložen na třmenu objímky pro seřizovací matici. Odbrzďovací palec je ve svém smyslu dvojjzvrtná páka, která se dokáže pootočit (sklopit), ale jen v případě, že mu uvolní místo seřizovací matice. Toto uvolnění místa pro odbrzdovací palec nastane jen při couvání. Při couvání se musí pootočit brzdové čelisti směrem dozadu společně s bubnem brzdy, tím se seřizovací matice v objímce posune a vznikne potřebné uvolněné místo pro sklopení odbrzdovacího palce směrem ke středu a následnému uvolnění brzdových čelistí od bubnu brzdy. O zpětné navrácení odbrzdovacího palce do původní polohy se stará pružina odbrzdovacího palce. Tato pružina má i za následek to, že při počátečním odbrzdění přívěsu (při couvání) je lehce znatelný počáteční brzdový odpor proti pohybu směrem vzad.



Obrázek 6 Couvací automatika [10]

## 2 Legislativní a konstrukční požadavky na přívěsy pro osobní automobil

Konstrukce přívěsu za osobní automobil musí splňovat v rámci provozu na pozemních komunikacích technické požadavky, které jsou stanoveny vyhláškou 341/2014Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. Tato vyhláška vychází ze směrnice 2007/46/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 5.září 2007 a z mezinárodních dohod, kterými je Česká republika vázána.

### 2.1 Spojitelnost z pohledu okamžité hmotnosti

Okamžitou hmotností vozidla nebo jízdní soupravy se rozumí hmotnost zjištěná v určitém okamžiku při provozu na pozemních komunikacích. Podmínky pro spojení tažného vozidla do jízdní soupravy s přípojným vozidlem kategorie  $O_1$  a  $O_2$  platí [1]:

- a) u nebrzděného přípojně vozidlo kategorie  $O_1$  nesmí být jeho okamžitá hmotnost větší než největší povolená hmotnost pro nebrzděné přípojně vozidlo, která je uvedena v technickém průkazu a osvědčení o registraci tažného vozidla [1].
- b) u brzděného přípojně vozidla kategorie  $O_1$  nebo  $O_2$  nesmí být jeho okamžitá hmotnost větší než největší povolená hmotnost pro brzděné přípojně vozidlo, která je uvedena pro tažné vozidlo v technickém průkazu a osvědčení o registraci tažného vozidla, za podmínky, kdy okamžitá hmotnost přípojně vozidla nesmí být větší než největší povolená hmotnost tažného vozidla u vozidel kategorií  $M_1$  a  $N_1$  a u tažného vozidla kategorie  $M_1G$  a  $N_1G$  nesmí být tato hmotnost větší než 1,5násobek největší povolené hmotnosti tažného vozidla [1].
- c) Pro spojení traktoru, nebo vozidla kategorie  $Z$  s přípojným vozidlem kategorie  $O_1$  a  $O_2$  musí být dodrženy podmínky z hlediska přípojných hmotností stanovených při schválení technické způsobilosti těchto vozidel a dále vozidla musí být vybavena schváleným spojovacím zařízením odpovídajícího typu schváleným výrobcem vozidla. Pokud přípojně vozidlo není vybaveno výškově nastavitelnou ojí, potom musí spojovací zařízení traktoru být umístěno ve výšce 350 – 420 mm od podložky. Pokud přípojně vozidlo je vybaveno výškově nastavitelnou ojí, tak výška spojovacího zařízení traktoru může být odlišná od osy oje, a to za podmínky, že osa ovládacího zařízení nájezdové brzdy přívěsu není skloněná od vodorovné roviny více jak  $\pm 10^\circ$  [1].

## 2.2 Spojitelnost z pohledu zatížení tažného vozidla

V případě spojení tažného vozidla s přívěsem musí být splněny uvedené požadavky:

- a) svislé statické zatížení pevné oje, svisle nevýkyvné, u přívěsů s nápravou uprostřed, musí mít vždy kladnou hodnotu, aby se zabránilo odlehčování zadních náprav tažného vozidla [1].
- b) svisle výkyvná oj přívěsu nesmí mít, v zapojeném stavu, úhlovou odchylku od vodorovné roviny větší jak  $10^\circ$ , přitom poloha oje je dána spojnicí os čepů umožňujících kývání oje a bodu vlastního spojení s tažným vozidlem [1].

## 2.3 Spojitelnost z pohledu maximální šířky přípojného vozidla

Pro spojování tažných vozidel kategorií  $M_1$  a  $N_1$  do jízdní soupravy s přípojnými vozidly kategorie  $O_1$  nebo  $O_2$  musí být dodržena podmínka, že maximální celková šířka přípojného vozidla nesmí být větší než  $400\text{ mm}$  od svítící plochy přední obrysové svítilny tažného vozidla naměřená po obou stranách jízdní soupravy [1].

## 2.4 Rychlosti přívěsů

V rámci jednotlivého schvalování technické způsobilosti přívěsů kategorií  $O_1$  a  $O_2$  nesmí být nejvyšší rychlost přívěsu vyšší než  $80\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Na základě technického protokolu, vydaného technickou zkušebnou, který obsahuje hodnocení jízdních vlastností vozidla a ověření stability, je možné zvýšit největší rychlost vozidel, jímž je schvalována technická způsobilost, či vozidel již provozovaných kategorie  $O_1$  až na  $130\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , kategorie  $O_2$  až na  $100\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , kategorie  $O_3$  a  $O_4$  až na  $90\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Přívěsy nesmí být používány k přepravě osob [1].

## 2.5 Označení nejvyšší povolené rychlosti

Vozidla kategorie O musí být vybavena na zádi karosérie označením nejvyšší povolené rychlosti zaokrouhlené na nejbližší celé číslo dělitelné pěti. Označení musí být v provedení kruhu bílé barvy, který je lemován po obvodu červenou barvou. Vnější průměr označení je  $200\text{ mm}$ , výška číslic je v rozmezí  $75$  až  $80\text{ mm}$  a pokud jsou použita písmena, tak jejich výška musí být u písmene „k“  $35\text{ mm}$  a u písmene „m“  $24\text{ mm}$ . Tloušťka čar písmen je  $6\text{ mm}$  a číslic  $12\text{ mm}$ . Barva číslic a písmen je černá. Označení musí být čitelné a nesmí být zakryto. Barevné označení (bílá, červená) je vyžadováno z retroreflexního materiálu třídy 1 podle

ČSN EN 12 899 – 1, písmena a číslice jsou nereflexní. Není-li možné u přípojných vozidel kategorie  $O_1$  a  $O_2$  umístit označení o průměru 200 mm, je přípustné použít označení o vnějším průměru 150 mm; potom písmena v kruhu, pokud jsou použita, musí mít výšku „k“ 20 mm, „m“ 14 mm, číslice 75 až 80 mm, tloušťka čáry je u písmen 3,5 mm a u číslic 12 mm [1].

## 2.6 Tabulka registrační značky

Tabulka s registrační značkou se na přívěsech umísťuje vzadu kolmo na podélnou osu (směr jízdy) přívěsu nebo vlevo od této podélné osy (směr do středu vozovky). Vzdálenost umístění spodní hrany tabulky registrační značky nesmí být níže než 300 mm od vozovky a zároveň její vzdálenost horní hrany nebyla výše než 1 200 mm nad rovinou vozovky, pokud konstrukční řešení nedovoluje umístění horní hrany registrační tabulky ve výšce 1 200 mm, je možné tuto vzdálenost zvýšit na 2 000 mm, v takovém případě se toto umístění zaznamená do technického průkazu přívěsu. Dovolené rozměry registračních tabulek pro přívěsy jsou 520x110 mm a 340x200 mm [2].



Obrázek 7 Registrační značky [11]

## 2.7 Největší povolené hmotnosti na nápravu

Největší povolené hmotnosti na nápravu je u jednotlivé nápravy 10 t. U dvojnápravy přípojných vozidel nesmí, součet zatížení obou náprav překročit hmotnost při daném rozvoru náprav o hodnotu [1]:

1. Pro rozvor náprav menší než 1,0 m je maximální zatížení obou náprav 11 t
2. Pro rozvor náprav od 1,0 m do 1,3 m je maximální zatížení obou náprav 16 t
3. Pro rozvor náprav od 1,3 m do 1,8 m je maximální zatížení obou náprav 18 t

Dvojnápravou se rozumí dvě nápravy umístěné za sebou, kdy středy náprav jsou od sebe vzdáleny méně než 1,8 m. U trojnápravy přípojných vozidel nesmí, součet zatížení všech tří náprav překročit hmotnost při daném rozvoru náprav o hodnotu [1]:

1. Pro rozvor náprav menší než 1,3 m je maximální zatížení tří náprav 21 t
2. Pro rozvor náprav od 1,3 m do 1,4 m je maximální zatížení tří náprav 24 t
3. Pro rozvor náprav od 1,4 m do 1,8 m je maximální zatížení tří náprav 27 t

Trojnápravou se rozumí tři nápravy umístěné za sebou, kdy součet dílčích rozvorů náprav je nejvýše 3,6 m. Dále hmotnost připadající na jednu nápravu nesmí překročit 10 t, jak u dvojnápravy, tak i u trojnápravy. Pokud rozvor náprav překročí hodnotu 1,8 m u dvojnápravy a u trojnápravy hodnotu 3,6 m, tak náprava (nápravy) je považována za samostatnou [1].

## 2.8 Největší povolené rozměry přípojných vozidel

Největší povolené rozměry pro všechna vozidla a jízdní soupravy včetně nákladu jsou stanoveny legislativou [1].

- Největší povolená šířka přípojných vozidel je 2,55 m
- Největší povolená výška přípojných vozidel je 4,00 m
- Největší povolená délka přípojného vozidla je 12,00 m
- Největší povolená délka jízdní soupravy motorového vozidla s jedním přívěsem je 18,75 m

## 2.9 Brzdová zařízení

Požadavky na brzdová zařízení přípojných vozidel řeší předpis č. 13 EHK/OSN. Ve které je napsáno, že přípojná vozidla kategorie  $O_1$  nemusí být vybavena systémem provozního brzdění, pokud by tato kategorie přípojných vozidel byla vybavena systémem provozního brzdění, musel by tento systém splňovat stejné požadavky jako u vozidel kategorie  $O_2$ . Na rozdíl od přípojných vozidel kategorie  $O_1$  musí být přípojná vozidla kategorie  $O_2$  povinně vybavena systémem provozního brzdění, který musí být průběžný, poloprůběžný nebo setrvačnickový (nájezdový). Nájezdová brzda se smí používat pouze u přívěsů s nápravou uprostřed. Rozdíl mezi nejpoužívanějšími brzdovými systémy je [3]:

- a) Průběžný – je takový systém, který je tvořen jedním ovládacím orgánem, kterým řidič odstupňovaně tento orgán ovládá ze svého sedadla jediným ovládacím úkonem. Energie pro brzdění vozidel tvořící jízdní soupravu je dodávána stejným zdrojem energie [3].

- b) Poloprůběžný – je takový systém, který je tvořen jedním ovládacím orgánem, kterým řidič odstupňovaně tento orgán ovládá ze svého sedadla jediným ovládacím úkonem. Energie pro brzdění vozidel tvořící jízdní soupravu je dodávána odlišnými zdroji energie [3].
- c) Automatický – je takový, který při oddělení přípojného vozidla od tažného vozidla automaticky začne vyvozovat brzdný účinek [3].
- d) Setrvačnickový (nájezdový) – u tohoto systému je brzdný účinek vyvozen silami, které vznikají při najíždění přívěsu na tažné vozidlo [3].

Kategorie vozidel  $O_1$  a  $O_2$  mohou být vybavena automatickým zařízením pro vyrovnávání opotřebených obložení. Vozidla vybavena tímto automatickým zařízením musí po zahřátí brzd a jejich následném ochlazení umožnit volné otáčení kol [3].

U přípojných vozidel musí být brzdové systémy takové, aby v případě přetržení spojovacího zařízení bylo zajištěno automatické zastavení přípojného vozidla. Toto ustanovení neplatí pro přívěsy, které svou maximální hmotností nepřevyšují hodnotu 1,5 t za podmínky, že tyto přívěsy budou vybaveny ještě navíc pojistným spojovacím zařízením, které při přetržení hlavního spojovacího zajistí určité zbytkové vedení přívěsu a zabrání dotyku oje se zemí. Přívěsy vybavené systémem provozního brzdění musí rovněž zajistit parkovací brzdění [3].

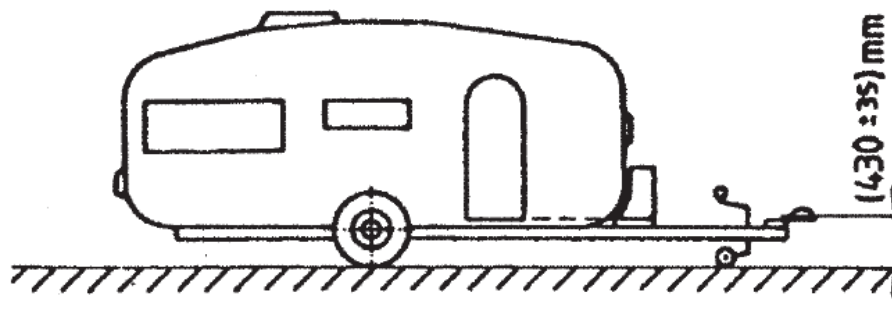
Rovněž pro schválení brzdových systémů na přípojných vozidel, musí tyto brzdové systémy vyhovovat zkouškám, které jsou popsány v příloze č.4 v předpisu č. 13 *EHK/OSN* [3].

## 2.10 Mechanická spojovací zařízení

Mechanickými spojovacími zařízeními se rozumějí ty části na vozidlech, které slouží ke spojení tažného a taženého vozidla. Pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu a zlepšení spojitelnosti motorových a přípojných vozidel do jízdních souprav v mezinárodním provozu je důležité, aby tato mechanická spojovací zařízení byla normalizována a homologována. Problematiku mechanických spojovacích zařízení řeší směrnice 94/20/ES a předpis č. 55 *EHK/OSN*. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 94/20/ES vychází z předpisu č. 55 *EHK/OSN* [12].

Pro přívěsy o maximální hmotnosti 3,5 t včetně jsou přípustné spojovací hlavice třídy B. Spojovací hlavice musí být namontována tak, aby bod připojení přívěsu byl ve výšce  $(430 \pm 35)$  mm nad vodorovnou rovinou, na které stojí kola přívěsu, je-li přívěs ve vodorovné poloze a má maximální přípustnou hmotnost na nápravu [12].





Obrázek 8 Montáž spojovací hlavice [12]

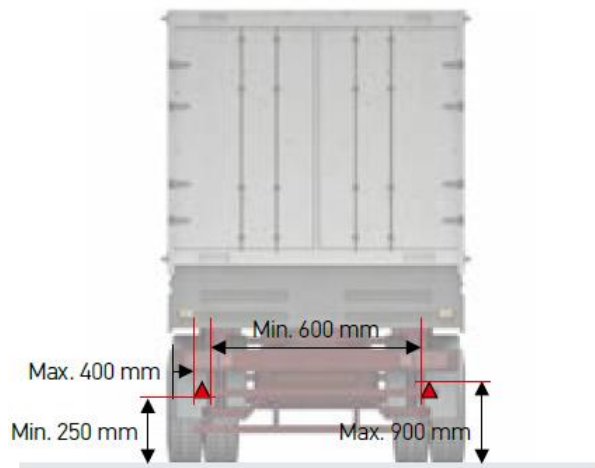
## 2.11 Světelná zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci

Světelná zařízení slouží na vozidle k osvětlení vozovky a k předávání informace uživatelům vozovky o přítomnosti vozidla. Podle toho rozdělujeme světelná zařízení na světlomety a svítilny. Světlomety slouží k osvětlování vozovky a svítilny slouží k vyzařování světelného signálu ostatním uživatelům vozovky. Zadní osvětlení registrační značky a odrazky se považují za svítilny. Dále funkcí světelné signalizace se rozumí, vyzařovat nebo odrážet světlo za účelem poskytnutí vizuální informace všem uživatelům vozovky o přítomnosti vozidla, jeho označení nebo při jeho změně pohybu.

Požadavky pro montáž a typ světelného zařízení pro kategorie vozidel *M* a *N* a jejich přípojných vozidel jsou zahrnuty v předpisu č. 48 *EHK/OSN*. Jiná světelná zařízení, která nejsou předepsaná podle předpisu č. 48 *EHK/OSN*, nesmí být použity na daném vozidle.

### 2.11.1 Zadní odrazka trojúhelníková:

Je povinná pro všechna přípojná vozidla v počtu 2 kusů. Barva odrazky červená. Vrchol trojúhelníku musí vždy směřovat vzhůru. Činná plocha odrazky může mít části společné s jakoukoliv plochou jiné zadní svítilny. Umístění odrazky je v zadní části, kdy krajní bod odrazky nesmí být vzdálen od vnějšího okraje vozidla o více než 400 mm a vzdálenost mezi vnitřními okraji odrazek nesmí být menší než 600 mm. Tato vzdálenost může být zmenšena až na hodnotu 400 mm, pokud bude celková šířka vozidla menší než 1 300 mm. Výška umístění je v rozmezí od 250 mm do 900 mm od vozovky, s výjimkou, kdy je daná odrazka umístěna ve skupině s jinou svítilnou je možné vrch odrazky umístit do výšky nejvýše 1 200 mm od vozovky, pokud tvar karosérie neumožňuje dodržet maximální výšku 900 mm a ani 1 200 mm, tak horní bod odrazky může být umístěn so výšky 1 500 mm [13, 14].

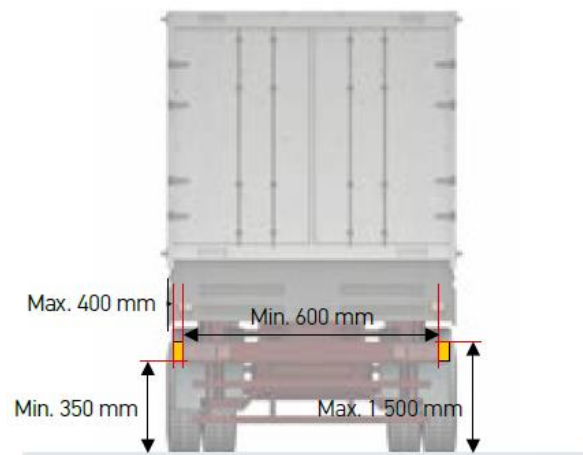


**Obrázek 9** Zadní odrazka trojúhelníková [14]

Geometrická viditelnost ve vodorovném směru je  $\pm 30^\circ$  a ve svislém směru je to  $\pm 15^\circ$ , kdy tento úhel ve svislém směru může být zmenšen na  $\pm 5^\circ$ , pokud je odrazka namontovaná níže jak 750 mm nad vozovkou [13, 14].

#### 2.11.2 Zadní směrová svítilna

Je povinná pro všechny přívěsy v počtu 2 kusů umístěnými na zádi vozidla. Její barva je oranžová. Její vnější okraj nesmí být dále než 400 mm od vnějšího okraje vozidla. Vnitřní okraje směrových svítilen musí být vzdáleny od sebe minimálně 600 mm. Tato vzdálenost může být zmenšená až na 400 mm, pokud bude celková šířka vozidla menší než 1 300 mm. Výška umístění je od 350 mm do 1 500 mm. Lze dále udělit výjimku, kdy konstrukce vozidla nedovoluje dodržení horní hranice umístění, tak je možné tuto hranici posunout na hodnotu 2 100 mm [13, 14].



**Obrázek 10** Zadní směrová svítilna [14]

Geometrická viditelnost pro vodorovný úhel je na vnitřní straně  $45^\circ$  a na vnější straně  $80^\circ$ . Svislý úhel je v rozmezí  $\pm 15^\circ$ . Pokud je směrová svítilna umístěna pod výškou  $750\text{ mm}$ , lze svislý úhel zmenšit na hodnotu  $5^\circ$  [13, 14].

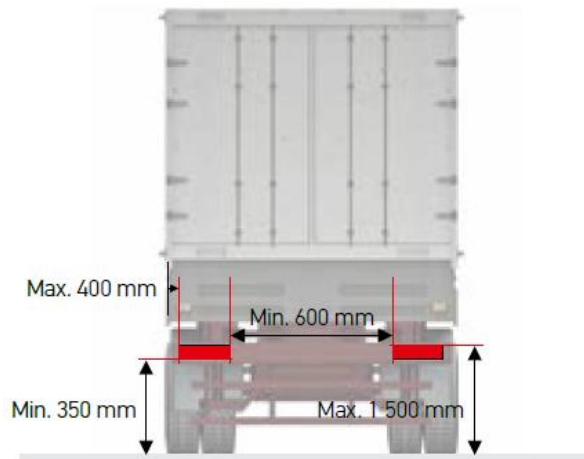
Rozsvícení směrových světel musí probíhat nezávisle na jiných světlech. Směrové svítilny na stejné straně se musí zapínat stejným ovládacím zařízením a musí přerušovaně svítit ve shodné fázi [13, 14].

### 2.11.3 Zadní obrysová svítilna

V počtu dvou kusů. Barva červená. Umístění na šířku je maximálně  $400\text{ mm}$  od vnějšího obrysu vozidla na každé straně vozidla. To neplatí pro zadní přídavná obrysová světla. Vnitřní kraje světel jsou od sebe vzdáleny minimálně  $600\text{ mm}$ , u vozidel s šířkou menší než  $1\ 300\text{ mm}$ , je tato vzdálenost  $400\text{ mm}$ . Výška umístění svítilny je od  $350\text{ mm}$  do  $1\ 500\text{ mm}$ . Pokud geometrie vozidla neumožňuje umístění svítilny níže než je  $1\ 500\text{ mm}$ , lze tuto svítilnu umístit až do výšky  $2\ 100\text{ mm}$  [13, 14].

Geometrická viditelnost je pro vodorovný úhel  $45^\circ$  na vnitřní straně a  $80^\circ$  na vnější straně. Pro svislý úhel je hodnota geometrické viditelnosti  $15^\circ$  nad vodorovnou rovinu a  $15^\circ$  pod ní. Svislý úhel pod vodorovnou rovinou může být snížen až na  $5^\circ$ , pokud je zadní obrysová svítilna namontovaná níže než je  $750\text{ mm}$  od vozovky. Svislý úhel nad vodorovnou rovinou může být snížen až na  $5^\circ$ , pokud je zadní obrysová svítilna namontovaná nejméně  $2\ 100\text{ mm}$  nad vozovkou [13, 14].

Elektrické zapojení musí být provedeno tak, aby zadní obrysové svítilny, boční obrysové svítilny a osvětlení zadní registrační značky se zapínalo a vypínalo současně. V případě, že nebudou na přípojném vozidle kategorie  $O_2$  namontované doplňkové obrysové svítilny, je možné namontovat na dané vozidlo ještě dvě přídavné přední a zadní obrysové svítilny [13, 14].



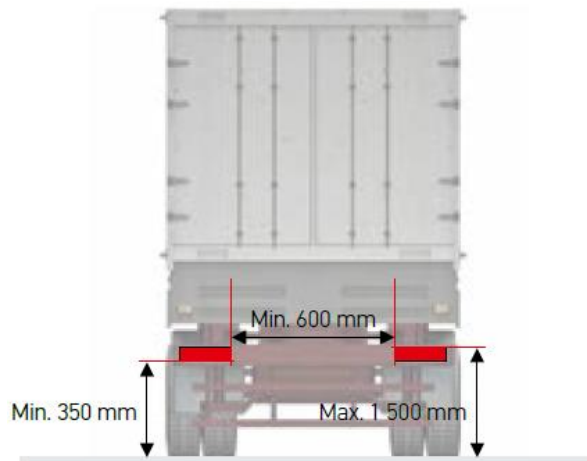
**Obrázek 11** Zadní obrysová svítlna [14]

#### 2.11.4 Brzdová svítlna

Barva brzdové svítlny je červená v počtu dvou kusů. U umístění svítlny na vozidle je z hlediska výšky od 350 mm do 1 500 mm nad vozovkou. V případech, kdy geometrie vozidla neumožňuje umístění svítlny níže než je 1 500 mm, lze tuto svítilnu umístit až do výšky 2 100 mm s podmínkou, kdy na přívěsu nesmí být namontovány volitelné (nepovinné) brzdové svítlny. Pokud by se použila kombinace volitelných brzdových svítilen s povinnými brzdovými svítilnami, tak tyto volitelné svítilny musí být umístěny min. 600 mm nad povinnými brzdovými svítilnami. Vnitřní minimální vzdálenost mezi párem svítilen je 600 mm. U vozidel s šířkou nepřesahující 1 300 mm, je tato minimální vnitřní vzdálenost stanovena na 400 mm. Vzdálenost umístění brzdové svítlny od okraje vozidla není stanovena [13, 14].

Vodorovný úhel pro geometrickou viditelnost je na obě strany 45° vůči podélné ose vozidla. Pro svislý úhel je hodnota geometrické viditelnosti 15° nad vodorovnou rovinu a 15° pod ní. Svislý úhel pod vodorovnou rovinou může být snížen až na 5°, pokud je brzdová svítlna namontovaná níže než je 750 mm od vozovky. Svislý úhel nad vodorovnou rovinou může být snížen až na 5°, pokud je brzdová svítlna namontovaná nejméně 2 100 mm nad vozovkou [13, 14].

Elektrické zapojení všech brzdových svítilen musí být takové, aby při sešlápnutí brzdového pedálu se tyto svítilny rozsvítily [13, 14].



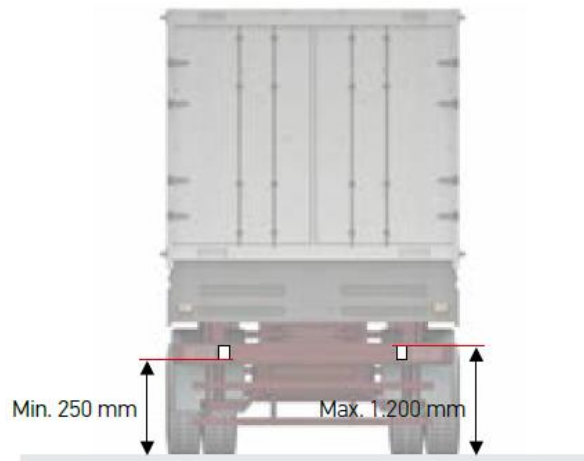
**Obrázek 12** Brzdová svítilna [14]

### 2.11.5 Zpětný světlomet

Je povinný u přípojných vozidel kategorie  $O_2$  a nepovinný u přípojných vozidel kategorie  $O_1$ . Barva zpětného světla je bílá. Přípojná vozidla vybavena zpětným světlometem, jejichž délka je menší jak  $6\,000\text{ mm}$ , musí být povinně vybaveny jedním zpětným světlometem, druhý světlomet je volitelný. Všechna přípojná vozidla, která překračují délku  $6\,000\text{ mm}$ , musí být povinně vybaveny dvěma zpětnými světlometry a dvěma nepovinnými. Vzdálenost umístění zpětného světlometu od vozovky je v rozmezí od  $250\text{ mm}$  do  $1\,200\text{ mm}$ . Vzdálenost zpětného světlometu od okraje vozidla není stanovena [13, 14].

Úhly geometrické viditelnosti pro vodorovný úhel se liší podle toho, jestli je na vozidle namontován jeden, nebo dva zpětné světlometry. Vodorovný úhel je pro jeden zpětný světlomet na každou stranu od vodorovné roviny  $45^\circ$  vpravo a  $45^\circ$  vlevo. U dvou zpětných světlometů je vodorovný úhel  $45^\circ$  ven a  $30^\circ$  dovnitř. Svislý úhel je u obou možností stejný, a to  $15^\circ$  nahoru a  $5^\circ$  dolu [13, 14].

Zpětné světlometry se smějí rozsvítit jen tehdy, je-li zařazen zpětný převod a je-li zařízení ovládající spouštění nebo zastavení motoru v takové poloze, že je chod motoru možný. Nesmějí se rozsvítit nebo zůstat rozsvícená, není-li splněna jedna nebo druhá z výše uvedených podmínek. Volitelné zpětné světlometry nesmí být zapnuty, pokud nejsou zapnuty světlometry nebo svítilny podle odstavce 5.11 předpisu č. 48 *EHK/OSN* [13, 14].



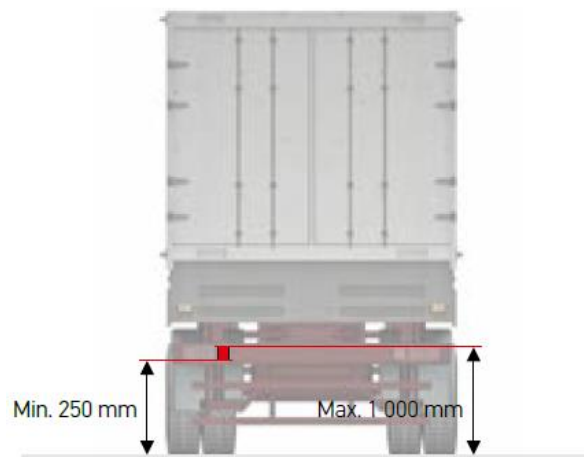
**Obrázek 13** Zpětný světlomet [14]

### 2.11.6 Zadní mlhová svítilna

Je povinná pro všechny přívěsy v počtu jednoho nebo dvou kusů. Barva zadní mlhové svítilny je červená. Umístění zadní mlhové svítilny je v rozmezí od 250 mm do 1 000 mm nad vozovkou. Vzdálenost zadní mlhové svítilny od okraje vozidla není stanovena, ale platí podmínka, pokud je namontovaná jedna zadní mlhová svítilna, musí být vzhledem ke střední podélné rovině umístěna na opačné straně, než je předepsaný provoz v zemi registrace; vztažný střed může být také umístěn na střední podélné rovině vozidla [13, 14]. Vzdálenost zadní mlhové svítilny od brzdových svítilen musí být větší než 100 mm.

Vodorovný úhel pro geometrickou viditelnost je na každou stranu 25°. Svislý úhel je 5° nahoru a 5° dolů [13, 14].

Elektrické zapojení zadní mlhové svítilny musí být provedeno tak, aby zadní mlhová svítilna nemohla být zapnuta, pokud nejsou zapnuty dálkové světlomety, potkávající světlomety nebo přední mlhová svítilna a zároveň elektrické zapojení zadní mlhové svítilny musí umožnit její nezávislé vypnutí na jakýkoliv jiných světlometech nebo svítilnách [13, 14].



**Obrázek 14** Zadní mlhová svítlna [14]

### 2.11.7 Svítlna zadní registrační tabulky

Barva svítlny je bílá. Na vozidle musí být umístěna minimálně jedna tato svítlna, a to s podmínkou, že tato svítlna, nebo svítlny musí dostatečně osvětlit registrační tabulku vozidla. Její umístění na vozidle je libovolné, pouze musí být splněna podmínka, že umístění musí být takové, aby svítlna, nebo svítlny dostatečně osvětlily zadní registrační značku vozidla [13, 14].

Elektrické zapojení této svítlny musí být provedeno tak, aby se tato svítlna zapínala a vypínala současně s předními, zadními a bočními obrysovými svítilnami [13, 14].



**Obrázek 15** Svítlna zadní registrační tabulky [14]

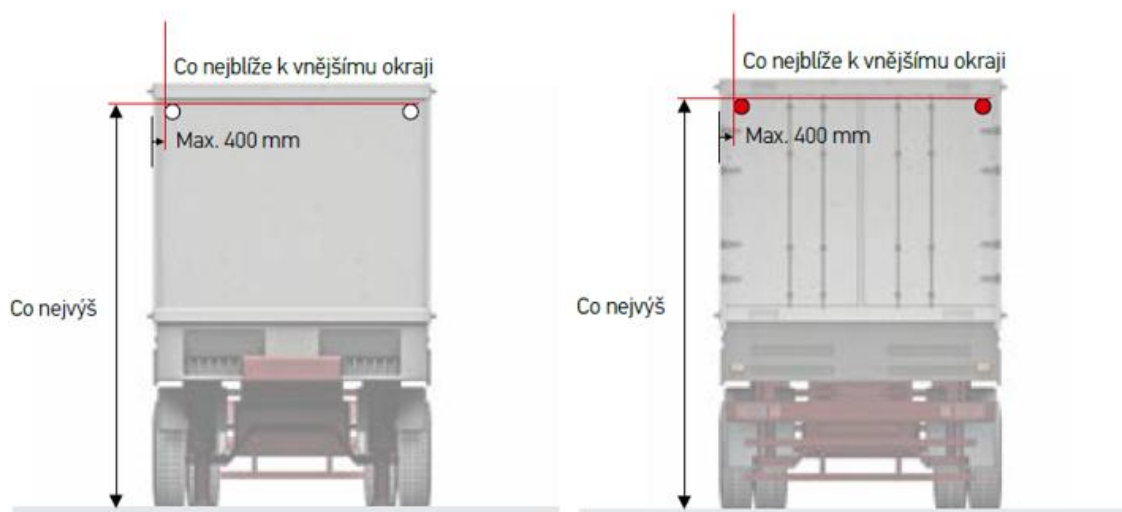
### 2.11.8 Doplnková obrysová světla přední a zadní

Jsou povinné v počtu dvou kusů u přívěsů jejichž šířka je větší jak 2,1 m a nepovinné u přívěsů jejichž šířka je v rozmezí od 1,8 m do 2,1 m. Barva zadních doplňkových svítlen je červená a předních doplňkových svítlen bílá. Snahou je tyto svítlny umístit co nejvýše a nejbližší k vnějšímu okraji přípojného vozidla, přitom maximální vzdálenost umístění těchto svítlen je od okraje přívěsu po obou stranách 400 mm. Vzdálenost doplňkové obrysové svítlny od příslušné obrysové svítlny musí být minimálně 200 mm [13, 14].

Vodorovný úhel pro geometrickou viditelnost je 80° směrem ven a svislý úhel je 5° nad vodorovnou rovinou a 20° pod ní [13, 14].

Elektrické zapojení musí být provedeno tak, aby tyto doplňkově obrysové svítlny bylo možné vypínat a zapínat jen současně s ostatními obrysovými svítlnami a s osvětlením zadní registrační značky [13, 14].

Za předpokladu splnění všech podmínek mohou být přední bílá doplňková svítlna a zadní červená doplňková svítlna sloučeny do jedné svítlny [13, 14].



**Obrázek 16** Doplnková obrysová světla přední a zadní [14]

### 2.11.9 Přední obrysová svítlna

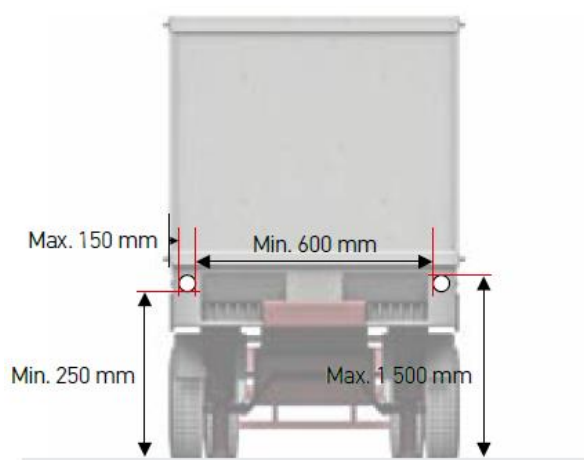
Je povinná v počtu dvou kusů u přívěsů překračující šířku 1,6 m a nepovinná u přívěsů jejichž šířka je menší jak 1,6 m. Její umístění je 150 mm od vnějšího kraje po obou stranách přípojného vozidla a ve výšce od vozovky v rozmezí 250 mm až 1 500 mm. Pokud tvar přípojného vozidla nedovoluje umístění svítlny v maximální výšce 1 500 mm, lze tuto svítlnu umístit do maximální výšky 2 100 mm. Minimální vzdálenost mezi předními obrysovými



svítilnami je  $600\text{ mm}$ , kdy tato vzdálenost může být zmenšena na  $400\text{ mm}$  u přípojných vozidel s šířkou  $1\,300\text{ mm}$  [13, 14].

Geometrická viditelnost pro vodorovný úhel je  $5^\circ$  dovnitř a  $80^\circ$  ven. Pro svislý úhel je geometrická viditelnost  $15^\circ$  nad vodorovnou rovinu a  $15^\circ$  pod ní. U přípojných vozidel, kde svítilna je namontovaná níže než  $750\text{ mm}$ , může být svislý úhel pod vodorovnou rovinu snížen na  $5^\circ$  [13, 14].

Elektrické zapojení musí být provedeno tak, aby se přední obrysová světla zapínala a vypínala současně s osvětlením registrační značky, s bočními obrysovými svítilnami a zadními obrysovými svítilnami [13, 14].



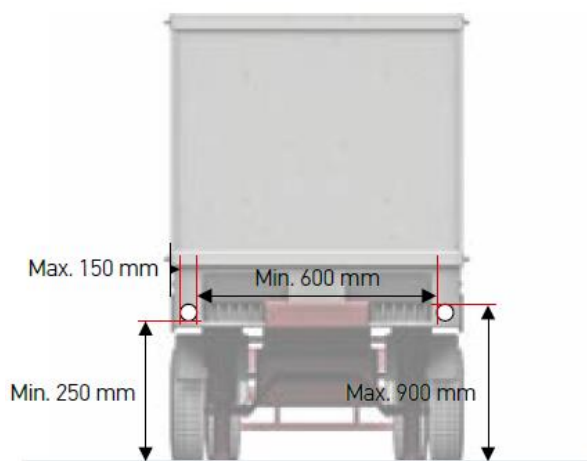
**Obrázek 17** Přední obrysová svítilna [14]

#### 2.11.10 Přední odrazka jiná než trojúhelníková

Je povinná u přípojných vozidel v počtu dvou kusů. Její tvar musí být jiný než trojúhelníkový. Přední odrazka je umístěna od vnějšího okraje přívěsu v maximální vzdálenosti  $150\text{ mm}$ . Minimální vzdálenost mezi odrazkami je  $600\text{ mm}$ , tato vzdálenost může být zmenšena na hodnotu  $400\text{ mm}$  u přívěsů jejichž celková šířka nepřekračuje  $1\,300\text{ mm}$ . Na výšku je přední odrazka umístěna ve vzdálenosti  $250\text{ mm}$  až  $900\text{ mm}$  měřeno od vozovky. Maximální výškové umístění je  $1\,500\text{ mm}$  od vozovky za podmínky, že tvar přívěsu nedovoluje nižší umístění přední odrazky než je  $900\text{ mm}$  [13, 14].

Vodorovný úhel je pro geometrickou viditelnost na vnitřní straně  $30^\circ$  a na vnější straně  $30^\circ$ . Vodorovný úhel na vnější straně může být zmenšen na  $10^\circ$ . Pokud tento úhel nemůže být u povinných odrazek vzhledem ke konstrukci přípojného vozidla dodržen, musí být bez šířkového omezení namontovány doplňkové odrazky, které musí společně s povinnými

odrazkami dávat potřebný úhel viditelnosti. Svislý úhel pro geometrickou viditelnost je nad vodorovnou rovinou  $10^\circ$  a pod vodorovnou rovinou je to  $10^\circ$ . Pokud je odrazka namontována nad vozovkou níže než je  $750\text{ mm}$ , lze svislý úhel pod vodorovnou rovinou zmenšit na  $5^\circ$ . Činná plocha odrazky může mít části společné s převrácenou plochou jakékoliv jiné přední svítilny [13, 14].

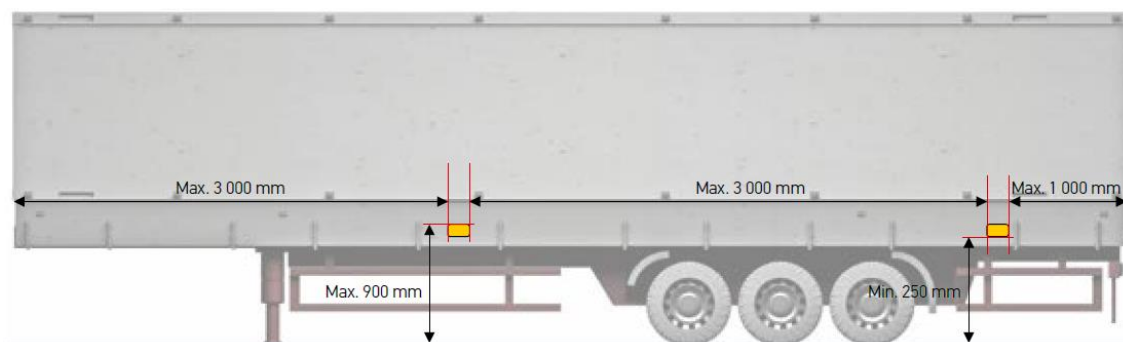


**Obrázek 18** Přední odrazka jiná než trojúhelníková [14]

#### 2.11.11 Boční odrazka jiná než trojúhelníková

Boční odrazka je povinná pro všechny přívěsy v barvě oranžové. Počet bočních odrazek musí být takový, aby byly splněny podmínky na podélné umístění. Výška umístění od vozovky je v rozmezí od  $250\text{ mm}$  do  $900\text{ mm}$ . Lze udělit výjimku, pokud tvar karosérie nedovoluje umístění odrazky ve výšce  $900\text{ mm}$ , tak lze tuto odrazku umístit v maximální výšce  $1\,500\text{ mm}$ . Maximální vzdálenost odrazky od předku přívěsu je  $3\text{ m}$ , přičemž alespoň jedna odrazka musí být umístěna ve střední třetině vozidla. Do této vzdálenosti se při měření započítává i délka oje. Vzdálenost mezi sousedními bočními odrazkami nesmí být větší jak  $3\text{ m}$ . Vzdálenost od předku přívěsu a vzdálenost mezi sousedními odrazkami lze zvětšit na  $4\text{ m}$ , v případě, kdy tvar karosérie neumožňuje umístění těchto odrazek blíže jak  $3\text{ m}$  [13, 14].

Vodorovný úhel pro geometrickou viditelnost je  $45^\circ$  k přední části přívěsu a  $45^\circ$  k zadní části přívěsu. Svislý úhel je  $10^\circ$  jak pod vodorovnou rovinou, tak i nad vodorovnou rovinou. Při montáži odrazky níže než je  $750\text{ mm}$ , lze svislý úhel pod vodorovnou rovinou zmenšit až na  $5^\circ$ . Činná plocha odrazky může mít části společné s plochou jakékoliv jiné boční svítilny. [13, 14].

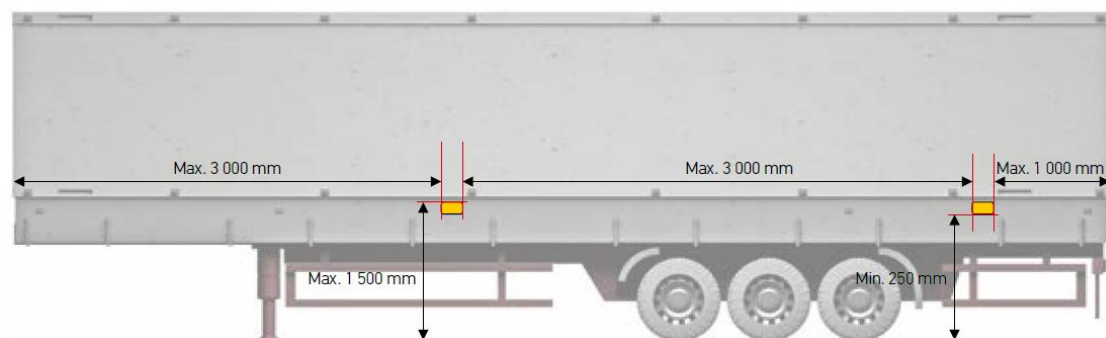


**Obrázek 19** Boční odrazka jiná než trojúhelníková [14]

### 2.11.12 Boční obrysová svítilna

Boční obrysová svítilna je povinná u všech vozidel jejichž délka je větší jak 6 m. U přívěsu se do délky 6 m započítává i délka tažné oje. Počet bočních odrazek musí být takový, aby byly splněny podmínky na podélné umístění. Umístění obrysové svítilny je nad vozovkou od 250 mm do 1 500 mm. Pokud tvar karosérie nedovoluje umístění do maximální hodnoty 1 500 mm, lze tuto svítilnu umístit až do maximální výšky 2 100 mm. Maximální vzdálenost boční obrysové svítilny od předku přívěsu jsou 3 m, přičemž alespoň jedna tato boční svítilna musí být umístěna ve střední třetině vozidla. Do této vzdálenosti se při měření započítává i délka oje. Vzdálenost mezi sousedními bočními obrysovými svítilnami nesmí být větší jak 3 m. Pokud tvar karosérie neumožňuje umístit boční obrysové svítilny na vzdálenost 3 m, lze tuto vzdálenost zvýšit na 4 m. Poslední svítilna, která je umístěna na zádi přívěsu, nesmí být umístěna od zádi přívěsu o více jak 1 m [13, 14].

Geometrická viditelnost pro vodorovný úhel je 45° dopředu a 45° dozadu. U nepovinných bočních obrysových světelných zdrojů jsou tyto úhly na obě strany 30°. Svislý úhel pro geometrickou viditelnost je 10° nad vodorovnou rovinu, tak i pod ní. Při umístění boční obrysové svítilny níže jak 750 mm, lze úhel pod vodorovnou rovinou snížit na 5° [13, 14].



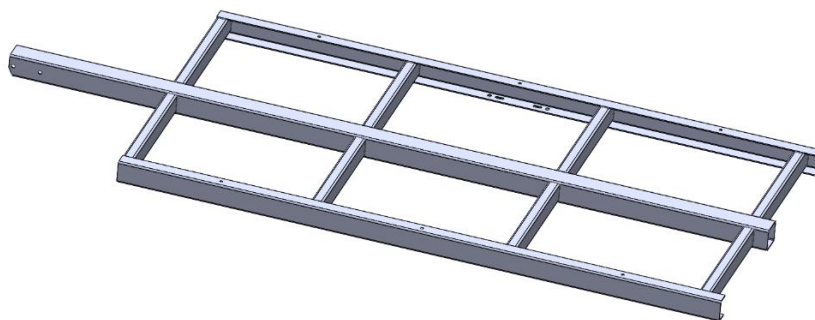
**Obrázek 20** Boční obrysová svítilna [14]

### 3 Návrh koncepce brzděného přívěsu

Navrhovaný přívěs bude tvořen nosným rámem, korbou, brzděnou nápravou, nájezdovou brzdou a homologovaným osvětlením. Rám přívěsu společně s korbou budou navrženy v programu SolidWorks. Ostatní části přívěsu jako brzděná náprava, nájezdová brzda a povinné příslušenství budou použity od výrobců, kteří se zabývají výrobou těchto jednotlivých částí.

#### 3.1 Nosný rám

Nosný rám bude tvořeno středovým podélným čtyřhranným profilem, dvěma krajovými podélnými nosníky tvaru U a osmi příčnými čtyřhrannými profily. Jednotlivé nosníky jsou k sobě přivařeny. V podélných krajových nosnících jsou vyvrtány otvory pro uchycení nápravy a korby. Pro uchycení nájezdové brzdy jsou ve středovém nosníku taktéž vyvrtány otvory. Svařený rám je osazen úchyty pro zavěšení ovládacích táhel a lanovodů pro ovládání bubnových brzd přívěsu. Zadní příčné nosníky se musely odsadit od konců podélných nosníků z důvodu vytvoření prostoru pro montáž zadních světilen.

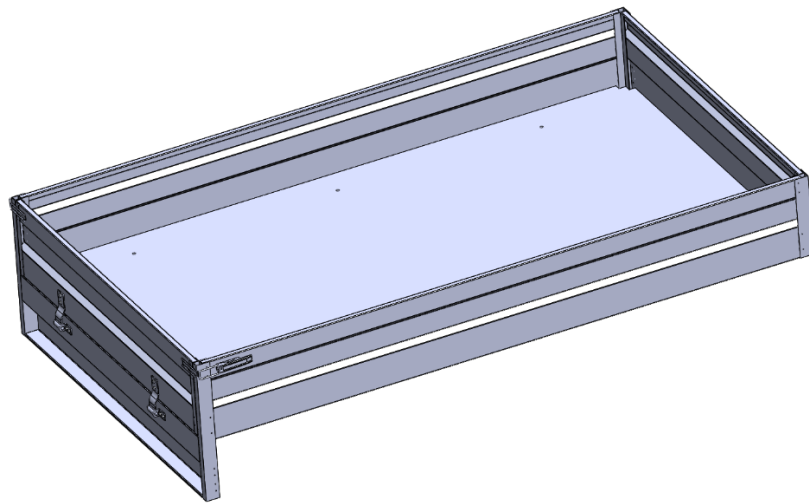


Obrázek 21 Rám přívěsu

#### 3.2 Korba

Korba přívěsu je sestavena z protiskluzové překližky o síle 18 mm, která tvoří podlahu korby. Dále boky korby jsou osazeny bočnicemi z pozinkovaného plechu, který je profilovaný. Přední a zadní čelo je vyrobeno ze stejného pozinkovaného plechu jako jsou bočnice. Zadní čelo je výklopné. Uchycení zadního čela je provedeno pomocí pantů a opatřeno proti nechtěnému otevření protikusem závěru bočnice, po jednom kusu na každé straně. Zadní část přívěsu je prodloužena a opatřena prolisem. Tento prolis je vytvořen z důvodu ukrytí zadních světilen pod ložnou plochu. Rozměry ložné plochy jsou 2 700 mm a 1 590 mm. Všechny díly

korby jsou k sobě přichyceny pomocí nýtů. Korba je k rámu přichycena pomocí vratových šroubů o rozměrech  $M12 \times 50$  ISO 8677 – 8.8.



**Obrázek 22** Korba přívěsu

### 3.3 Nájezdová brzda

Pro tento přívěs byla zvolena nájezdová brzda od firmy Knott, typ: KRV 20A KH. Tato nájezdová brzda je určena pro přívěsy se středovým čtyřhranným profilem o rozměrech  $100 \times 100$  mm. Nájezdová brzda je spojena s bubnovými brzdami pomocí táhla, vahadla a dvou lanovodů. Tato nájezdová brzda je pro přívěsy, které nepřekračují celkovou hmotnost přívěsu  $2\,000$  kg. Maximální svislé zatížení je pro danou nájezdovou brzdou  $100$  kg. Nájezdová brzda je ke středovému nosníku přichycena dvěma šrouby  $M16 \times 130$  ČSN 02 1111 – 8.8.



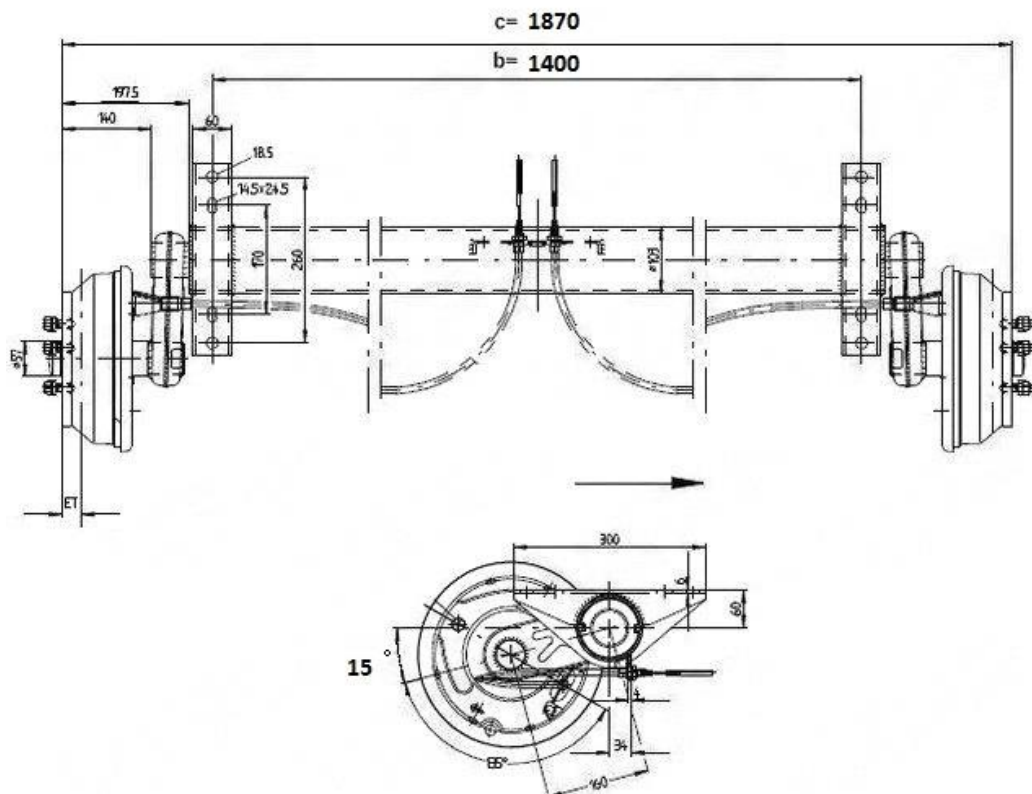
**Obrázek 23** Nájezdová brzda přívěsu [15]

### 3.4 Náprava

Přívěs bude osazen jednou brzděnou nápravou od firmy Knott typ *GB – MV (250x40)*. Tato náprava je odpružena pomocí pružných pryžových členů mezi mostem nápravy a jednotlivými rameny kolových jednotek. K rámu přívěsu je uchycena pomocí šroubu *M18 x 45 ČSN 02 1111 – 8.8*.

**Tabulka 1** Parametry nápravy Knott [16]

Parametry nápravy	
Maximální zatížení nápravy:	1 800 kg
Šířka nápravy v montážních úchytech:	1 400 mm
Šířka nápravy přes dosedací plochy bubnů/nábojů:	1 870 mm
Kolový úchyt:	112x5
Kolová jednotka:	Knott typ 25 – 2025 (250x40)
Příprava pro tlumiče:	Ano
Úhel ramen:	15°
Hmotnost:	100 kg
Samostavy:	Ne
Odolnost vůči vodě	Standardní
Povolený zális kola (ET/IS):	25 – 35 mm



**Obrázek 24** Rozměry nápravy Knott [15]

### 3.5 Disk s pneumatikou

Rozměr disku byl vybrán 5,5Jx14 H2 ET30 (112x5) se středovým otvorem 66 mm. Na disk je obuta celoroční pneumatika o rozměrech 185/82 R14C s indexem nosnosti 900 kg. Index rychlosti pneumatiky je 140 km/h.



Obrázek 25 Disk s pneumatikou [17]

### 3.6 Elektrická výzbroj přívěsu

Elektrickou soustavu přívěsu bude tvořit sedmipólová zástrčka, která splňuje normu ISO 1724, její schéma zapojení je na obrázku. Po překročení šířky přívěsu nad 1 600 mm je přívěs vybaven v přední části dvěma obrysovými svítilnami bílé barvy. Na bočních stranách přívěsu jsou umístěny kulaté odrazky oranžové barvy, na každé straně po dvou kusech ve vzdálenosti 20 cm od krajů přívěsu ke středu odrazky. V zadní části vozidla jsou umístěné dvě sdružené svítilny. Elektrické zapojení zástrčky s jednotlivými svítilnami je provedeno podle normy ČSN 30 4450 (ISO 1724).

12V Zapojení 7 pólové zástrčky (vidlice) přívěsu (typ 12N - ISO 1724) - schéma zapojení

pin	ozn.	funkce	barva vodiče	
1	L	levé směrové světlo	žlutá	
2	54g(52)	mlhovka	modrá	
3	31	kostra (mínus pól)	bílá	
4	P	pravé směrové světlo	zelená	
5	58R	pravé obrysové světlo	hnědá	
6	54	brzdová světla	červená	
7	58L	levé obrysové světlo	černá	



Obrázek 26 Zapojení zásuvky [18]

## 4 Stanovení vstupních parametrů zatížení

Při stanovování vstupních parametrů byl kladen ohled na splnění legislativních požadavků, které určuje legislativa 341/2014Sb. a směrnice 2007/46/ES. Přívěs jako takový není jenom zatížen od celkové hmotnosti, která na něj připadá, ale i od jízdních odporů, které zatěžují rám přívěsu při jeho jízdě. Velikost těchto jízdních odporů je nejvíce ovlivněna celkovou hmotností přívěsu.

### 4.1 Nosnost přívěsu

Nosnost přívěsu neboli užitková hmotnost přívěsu se bude odvíjet od celkové hmotnosti přívěsu, která je stanovena na 1 500 kg. Po zjištění provozní hmotnosti přívěsu bude užitková hmotnost rovna rozdílu celkové a provozní hmotnosti.

### 4.2 Maximální povolená rychlost

Po překročení celkové hmotnosti nad 750 kg, bude tento přívěs zařazen do kategorie přípojných vozidel  $O_2$ . Podle legislativy je možné rychlost přívěsu z 80 km/h u přípojných vozidel kategorie  $O_2$  zvětšit na 100 km/h za podmínek, kdy jednotlivé konstrukční části přívěsu jsou pro tuto rychlost přizpůsobeny (dimenzovány).

### 4.3 Jízda v zatáčce

Při průjezdu vozidla zatáčkou vzniká v těžišti vozidla odstředivá síla, která působí směrem k vnějšímu okraji vozovky. Tato síla může způsobit ztrátu příčné stability vozidla, a to buď příčným smykem vozidla, nebo jeho převrácením.

Velikost odstředivé síly  $F_o$  pro pohyb vozidla je dána vztahem

$$F_o = m \cdot a_d = \frac{m \cdot v^2}{R},$$

kde  $m$  je celková hmotnost přívěsu,  $a_d$  je dostředivé zrychlení,  $v$  rychlost vozidla a  $R$  poloměr zatáčky. Tento vztah platí, pokud se vozidlo pohybuje ustálenou dopřednou i úhlovou rychlostí v zatáčce o konstantním poloměru  $R$ .

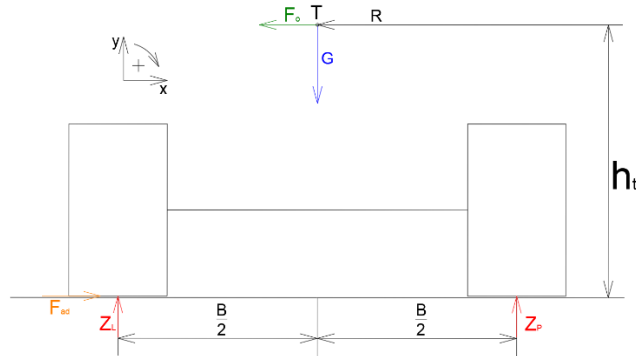


**Tabulka 2** Součinitel adheze [18]

Velikost součinitele adheze	
Druh povrchu	Součinitel adheze $\varphi$
- Beton	0,7 – 1,0
- Asfalt suchý	0,7 – 0,9
- Asfalt mokrý	0,3 – 0,7

#### 4.3.1 Příčná stabilita na rovinné zatáčce

Přívěs se pohybuje po rovinné zatáčce konstantním zrychlením. Velikost součinitele adheze byla zvolena  $\varphi = 0,9$ . Při průjezdu přívěsu zatáčkou je hraniční stav (kdy ještě nedojde k usmýknutí přívěsu) roven velikosti adhezní síle, kterou je možné mezi pneumatikou a vozovkou přenést.



**Obrázek 27** Příčná stabilita na rovinné zatáčce

Parametry pro výpočet:

$m = 1\,500\text{ kg}$  - celková hmotnost přívěsu

$\varphi = 0,9$  - součinitel adheze

$g = 9,81\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  - gravitační zrychlení

Velikost celkové adhezní síly:  $F_{ad} = (Z_L + Z_P) \cdot \varphi$

Velikost tíhy:  $G = m \cdot g$

Rovnice rovnováhy:

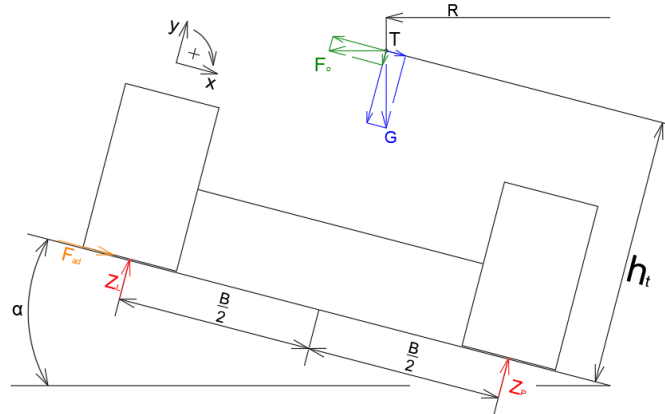
$$\sum_{i=1}^n F_z = 0; \quad Z_L + Z_P - G = 0 \quad \rightarrow \quad Z_L + Z_P = G$$

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0; \quad F_{ad} - F_o = 0 \quad \rightarrow \quad F_o = F_{ad}$$

Velikost odstřediví síly:  $F_o = m \cdot g \cdot \varphi = 13\,243,5\text{ N}$

### 4.3.2 Příčná stabilita na klopené zatáčce

V tomto případě se část odstředivé síly bude podílet na velikosti adhezní síly, která zabraňuje smyku přívěsu. Výpočty budou provedeny pro různé dostředné sklony vozovky.



**Obrázek 28** Příčná stabilita na klopené zatáčce

Velikost celkové adhezní síly:  $F_{ad} = (Z_L + Z_P) \cdot \varphi$

Velikost tíhy:  $G = m \cdot g$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_z = 0; \quad Z_L + Z_P - G \cdot \cos\alpha - F_o \cdot \sin\alpha = 0 \quad \rightarrow \quad Z_L + Z_P = G \cdot \cos\alpha + F_o \cdot \sin\alpha$$

$$F_{ad} = (G \cdot \cos\alpha + F_o \cdot \sin\alpha) \cdot \varphi$$

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0; \quad F_{ad} + G \cdot \sin\alpha - F_o \cdot \cos\alpha = 0 \quad \rightarrow \quad F_{ad} = F_o \cdot \cos\alpha - G \cdot \sin\alpha$$

$$G \cdot \varphi \cdot \cos\alpha + F_o \cdot \varphi \cdot \sin\alpha = F_o \cdot \cos\alpha - G \cdot \sin\alpha$$

Velikost odstředivé síly:  $F_o = \frac{G \cdot \varphi \cdot \cos\alpha + G \cdot \sin\alpha}{\cos\alpha - \varphi \cdot \sin\alpha} = m \cdot g \cdot \frac{\varphi \cdot \cos\alpha + \sin\alpha}{\cos\alpha - \varphi \cdot \sin\alpha}$

**Tabulka 3** Velikost odstředivých sil

Sklon vozovky	Velikost odstředivé síly v ose z	Velikost odstředivé síly v ose y	Velikost odstředivé síly
2 %	275,66 N	13 783,19 N	13 785,95 N
2,5 %	348,01 N	13 920,33 N	13 924,68 N
3 %	421,75 N	14 058,37 N	14 064,70 N
4 %	573,49 N	14 337,19 N	14 348,65 N
5 %	730,98 N	14 619,69 N	14 637,96 N
6 %	894,36 N	14 905,96 N	14 932,77 N

#### 4.4 Brzdění přívěsu

Brzdy silničních vozidel slouží pro zpomalení, nebo pro úplné zastavení daného silničního vozidla. Vozidlo je brzděno všemi silami, které působí proti jeho pohybu. Do těchto sil patří jízdní odpory působící proti pohybu vozidla a brzdná síla vyvolaná řidičem vozidla. U přívěsů vybavených nájezdovou brzdou je brzdná síla vyvolána nájezdovou brzdou. Velikost brzdné síly na brzděných kolech je omezena adhezní silou. Součet jízdních odporů a brzdné síly nazýváme celkovou brzdnou silou.

Z důvodu větší bezpečnosti provozu je důležité dosažení maximální celkové brzdné síly pro maximální možné zpomalení vozidla. Maximální brzdná síla na kolech vznikne, když se všechna kola budou při brzdění odvalovat se skluzem odpovídající součiniteli adheze. V tomto případě je velikost maximální brzdné síly rovna adhezní síle.

$$F_{Bmax} = G \cdot \varphi = m \cdot g \cdot \varphi = 13\,243,5\text{ N}$$

$G$  – gravitační tíha

$\varphi$  – součinitel adheze

$h_t$  – výška těžiště přívěsu

$h_h$  – výška spojovacího zařízení

$F_H$  – tažná síla ve spojovacím zařízení při brzdění

$F_p$  – svislá síla ve spojovacím zařízení

$F_i$  – setrvačná síla

$Z$  – radiální reakce styku kola s vozovkou

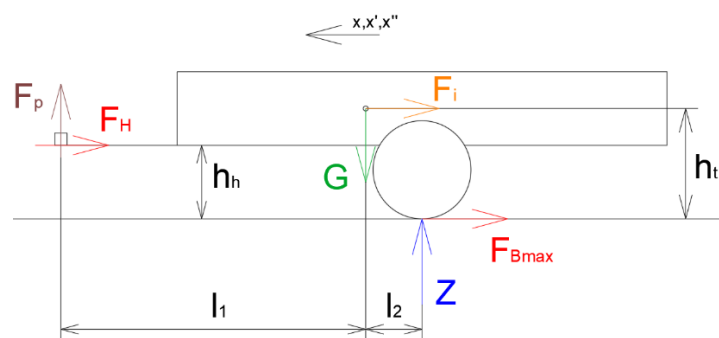
$F_{Bmax}$  – maximální brzdná síla

$G$  – tíha vozidla

$B$  – rozchod kol

$l_1$  – vzdálenost od spojovacího zařízení k těžišti

$l_2$  – vzdálenost od těžiště ke středu kola



Obrázek 29 Brzdění přívěsu

Na výše uvedeném obrázku jsou znázorněny jednotlivé síly, které působí na přívěs při jeho brzdění. Vzdálenosti jednotlivých sil vyznačených na obrázku jsou závislé na rozložení nákladu, protože s nerovnoměrně rozloženým nákladem se posouvá těžiště přívěsu i nákladu. Pro výpočet jednotlivých sil bude uvažováno rovnoměrné rozložení nákladu po celé ploše přívěsu. Dané vzdálenosti budou uvažovány jako neměnné.

V prvním kroku je potřebné určit velikosti jednotlivých vzdáleností sil od základny kola.

$$h_t \leq \frac{B}{2 \cdot \varphi} \rightarrow h_t \leq 1\,108 \text{ mm}$$

Tento vzorec byl vypůjčen z literatury Teorie a konstrukce silničních vozidel I. Vzorec je odvozen z požadavku stability vozidla v zatáčce. Kdy při průjezdu vozidla zatáčkou mezní rychlostí je z důvodu bezpečnosti žádoucí, aby při průjezdu vozidla zatáčkou došlo dříve ke smyku než k převrácení vozidla [18]. Rozchod kol obsažený ve vzorci pro výšku těžiště byl odvozen z šířky nápravy 1 870 mm, z šířky kol přívěsu 185 mm a ze zálisu disku kola 30 mm.

$$B = 1870 + \left(\frac{185}{2} - 30\right) \cdot 2 = 1\,995 \text{ mm}$$

Výška spojovacího zařízení je odvozena z průměru kola 659 mm a vzdálenosti od středu kola k rámu přívěsu 101,41 mm. Průměr kola byl vypočítán na stránkách [www.rajpneu.cz](http://www.rajpneu.cz).

$$h_h = \frac{659}{2} + 101,41 = 430 \text{ mm}$$

Vzdálenosti od spojovacího zařízení k těžišti přívěsu a od tohoto těžiště ke středu kola vyplývají z konstrukce přívěsu.

$$l_1 = 2\,800 \text{ mm}$$

$$l_2 = 150 \text{ mm}$$

V následujícím kroku bude určena velikost svíslé síly působící ve spojovacím zařízení. Její velikost je rovna hodnotě  $F_p = 981 \text{ N}$ . Velikost této síly ve spojovacím zařízení plyne z maximálního možného zatížení oje. Na obrázku č.28 tím zbydou jen tři neznáme síly. Pro tyto síly bude sestavena jedna rovnice pohybová dle D'Alembertova principu a dvě rovnice rovnováhy.

Pohybová rovnice:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0, \quad -F_{Bmax} - F_H - F_i = 0$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0, \quad F_p + Z - G = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iT} = 0, \quad F_p \cdot l_1 - F_H \cdot (h_t - h_h) - Z \cdot l_2 - F_{Bmax} \cdot h_t = 0$$

Velikost sil:

$$Z = 13\,734\,N$$

$$F_H = -20\,630\,N$$

$$F_i = 7386,44\,N$$

#### 4.5 Akcelerace

Akcelerace je opačný jev než brzdění, kdy vozidlo je urychlováno ať už směrem dopředu, nebo směrem vzad při couvání. Při akceleraci na přívěs působí stejně jako při brzdění jízdní odpory, tyto jízdní odpory při řešení této situace jsou zanedbatelné, kromě odporu do stoupání. U většiny aut se zrychlení vozidla pohybuje do  $a = 5\,m \cdot s^{-2}$ , tuto hodnotu zrychlení už jen překračují sportovní vozy. Po dosažení této velikosti zrychlení do vzorce pro sílu a po zanedbání vlivu setrvačnosti rotujících hmot je velikost síly (odporu) působící v tažném zařízení rovna velikosti setrvačné síly

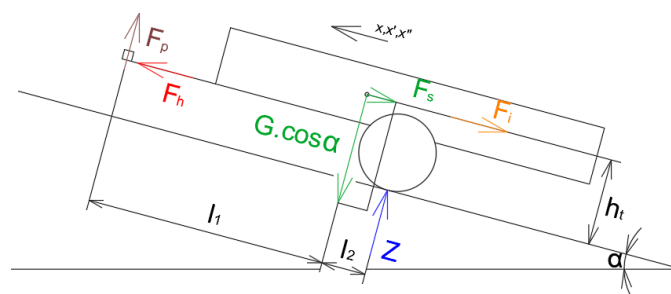
$$F_i = m \cdot a = 7\,500\,N$$

Pokud by vozidlo akcelerovalo se stejným zrychlením, ale do kopce s nebezpečným stoupáním o hodnotě  $s = 12\%$ , byl by celkový odpor z akcelerace roven součtu odporu do stoupání a odporu z akcelerace, kde velikost odporu do stoupání je rovna

$$F_s = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 1\,754\,N$$

a po součtu obou jízdních odporů je velikost celkového odporu z akcelerace rovna

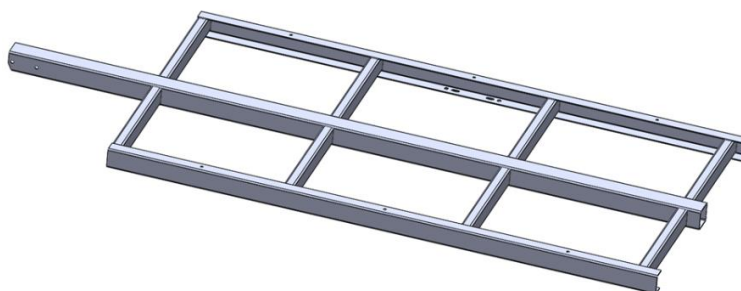
$$F_h = F_i + F_s = 9\,254\,N$$



Obrázek 30 Akcelerace

## 5 Návrh rámu

Rám pro přívěs bude použit z kapitoly 4. Kde středový podélný nosník bude tvořen čtyřhranným profilem o rozměrech  $100 \times 100 \times 4 \text{ mm}$  v délce  $3\,400 \text{ mm}$ . Rozměry krajových podélných nosníků tvaru průřezu U budou  $100 \times 60 \times 5 \text{ mm}$  v délkách  $2\,700 \text{ mm}$  a rozměry příčných čtyřhranných profilů budou  $90 \times 50 \times 4 \text{ mm}$  v délkách  $645 \text{ mm}$ . Nosníky jsou k sobě přivařeny. Na takto posvařovanou konstrukci rámu budou provedeny zjednodušené pevnostní výpočty jednotlivých částí nosníků.



Obrázek 31 Rám přívěsu

## 6 Pevnostní kontrola rámu

Na jednotlivé nosníky, které tvoří rám přívěsu bude proveden zjednodušený pevnostní výpočet. Tyto pevnostní výpočty budou pouze orientační a slouží spíše pro výběr průřezu daných nosníků a volbu oceli, ze které budou jednotlivé části rámu vyrobeny. Pro zjištění skutečných napětí je potřeba rám přívěsu podrobit numerickému výpočtu.

Dynamické účinky, které působí na rám přívěsu při jeho jízdě po komunikaci budou zohledněny dynamickým součinitelem  $\delta_D = 2$ . Celková hmotnost přívěsu byla stanovena na 1 500 kg. Jednotlivé nosníky jsou vyrobeny z oceli ČSN 11 523. Mez kluzu pro zadanou ocel je  $R_e = 333 \text{ MPa}$ . Pevnostní kontrola rámu bude rozčleněna na jednotlivé části nosníků z čehož první část pevnostní kontroly bude věnována výpočtům od zatěžující hmotnosti a ve druhé části od jízdnicích odporů. Výsledná velikost zatěžující síly od hmotnosti je dána vztahem:

$$F_g = m \cdot g \cdot \delta_D = 29\,430 \text{ N}$$

kde velikost gravitačního zrychlení je rovna hodnotě  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ . Velikost dovoleného napětí je rovna  $\sigma_D = \frac{R_e}{1,5} \cdot 0,9 = 199,8 \text{ MPa}$ , kde hodnota 0,9 je přídatný součinitel bezpečnosti svaru a hodnota 1,5 je koeficient bezpečnosti. Součinitel bezpečnosti svaru byl společně s koeficientem bezpečnosti vybrán z učebních textů fakulty strojní na VŠB-TU Ostrava.

Jízdnicí odpory budou taktéž vynásobeny dynamickým součinitelem. Pro pevnostní výpočet budou vybrány největší hodnoty těchto jízdnicích odporů, které byly vypočítány v předchozí kapitole (Stanovení vstupních parametrů zatížení).

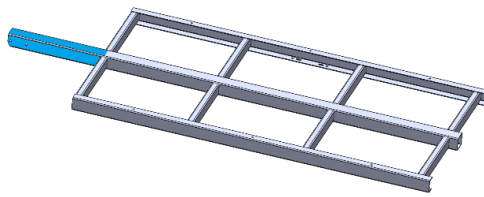
### 6.1 Středový nosník zatížen hmotností

Středový nosník bude rozdělen na čtyři části. Toto rozdělení je provedeno z důvodu statické určitosti. Pevnostní výpočty pro jednotlivé části nosníku budou provedeny od přední části spojovacího zařízení směrem k zadnímu výklopnému čelu. Kvůli lepší orientaci v následujících výpočtech budou jednotlivé části tohoto nosníku zvýrazněny. První část středového nosníku bude řešena jako vetknutý nosník zatížený na svém konci silou. Zbytek středového nosníku bude zatížen spojitým zatížením po celé své délce. Velikost spojitého zatížení je

$$q = \frac{F_g}{l_s} = 10\,900 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

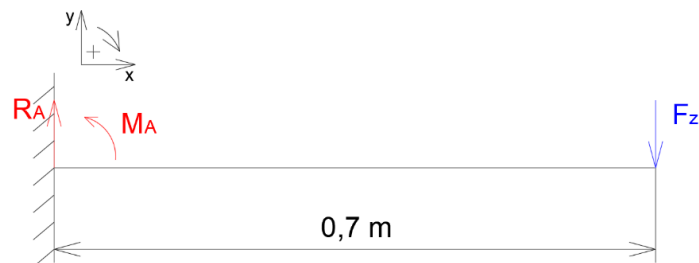
a kde délka zbylé části středového nosníku je  $l_s = 2,7 \text{ m}$ .

### 6.1.1 První část nosníku



Obrázek 32 Středový nosník první část (značení)

Celková délka první části nosníku je  $l_{s1} = 0,7 \text{ m}$ . Tato část nosníku je na jedné straně vetknuta a na druhé straně zatížena silou rovnou hodnotě  $981 \text{ N}$ . Tato velikost síly vyplývá z maximálního možného zatížení oje což je  $100 \text{ kg}$  vynásobena velikostí gravitačního zrychlení  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .



Obrázek 33 Středový nosník první část (hmotnost)

Velikost zatěžující síly:

$$F_z = 100 \cdot 9,81 = 981 \text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - F_z = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad F_z \cdot l_{s1} - M_A = 0$$

Velikost reakcí v podporách:

$$R_A = 981 \text{ N}$$

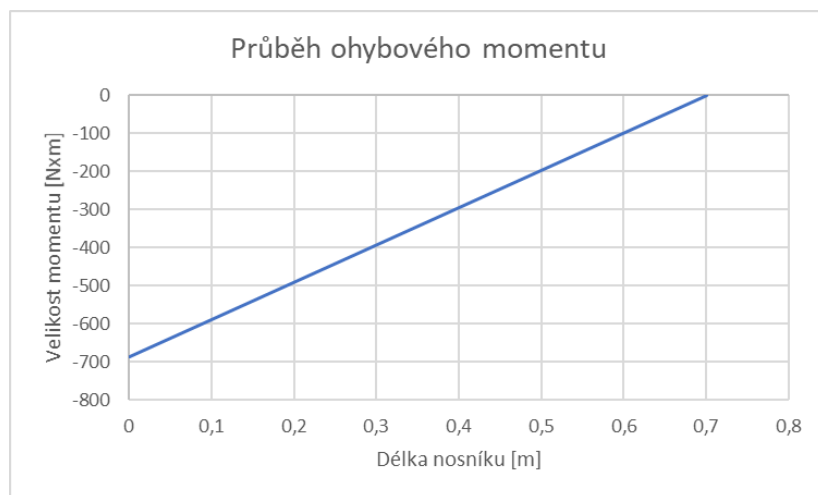
$$M_A = 686,7 \text{ N}$$

Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků nosníku:

V intervalu:  $0 \leq x \leq 0,7$

$$M_x = -F_z \cdot x$$





**Graf 1** Středový nosník, první část (hmotnost)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 686,7 \text{ N} \cdot \text{m}$

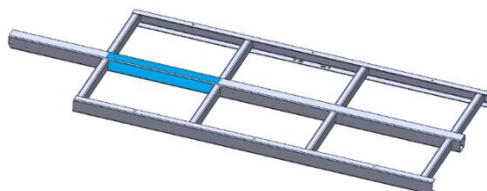
Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 45\,270 \text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 15,2 \text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8 \text{ MPa}$

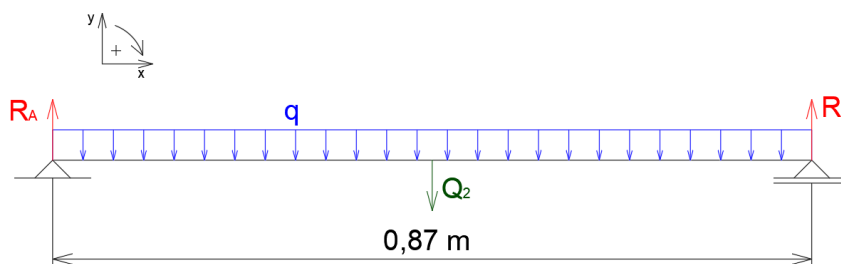
$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

### 6.1.2 Druhá část nosníku



**Obrázek 34** Středový nosník druhá část (značení)

Délka nosníku je  $l_{s2} = 0,87 \text{ m}$ .



**Obrázek 35** Středový nosník druhá část (hmotnost)

Velikost zatěžující síly:

$$Q_2 = q \cdot l_{s2} = 9\,483\text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - Q_2 + R_B = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad Q_2 \cdot \frac{0,895}{2} - R_B \cdot 0,895 = 0$$

Velikost reakcí v podporách:

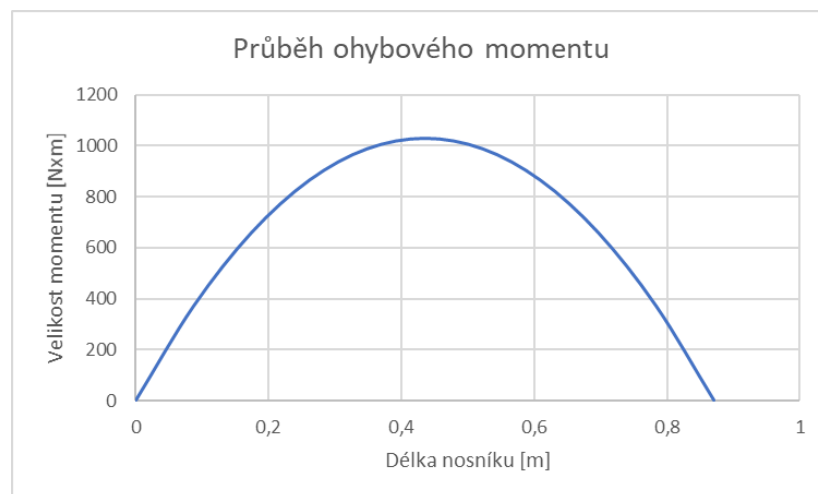
$$R_B = 4\,741,5\text{ N}$$

$$R_A = 4\,741,5\text{ N}$$

Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků nosníku:

V intervalu:  $0 \leq x \leq 0,87$

$$M_x = R_A \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$



**Graf 2** Středový nosník, druhá část (hmotnost)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 1\,030,43\text{ N} \cdot \text{m}$

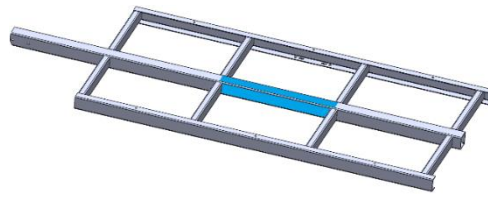
Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 45\,270\text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 22,76\text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8\text{ MPa}$

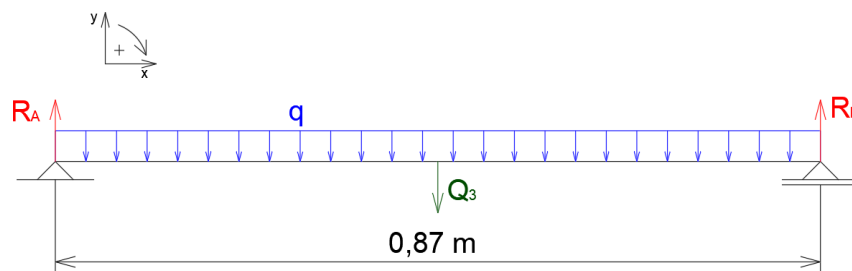
$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

### 6.1.3 Třetí část nosníku



Obrázek 36 Středový nosník třetí část (značení)

Délka nosníku je  $l_{s3} = 0,87\text{m}$ .



Obrázek 37 Středový nosník třetí část (hmotnost)

Velikost zatěžující síly:

$$Q_3 = q \cdot l_{s3} = 9\,483\text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - Q_3 + R_B = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad Q_3 \cdot \frac{0,87}{2} - R_B \cdot 0,87 = 0$$

Velikost reakcí v podporách:

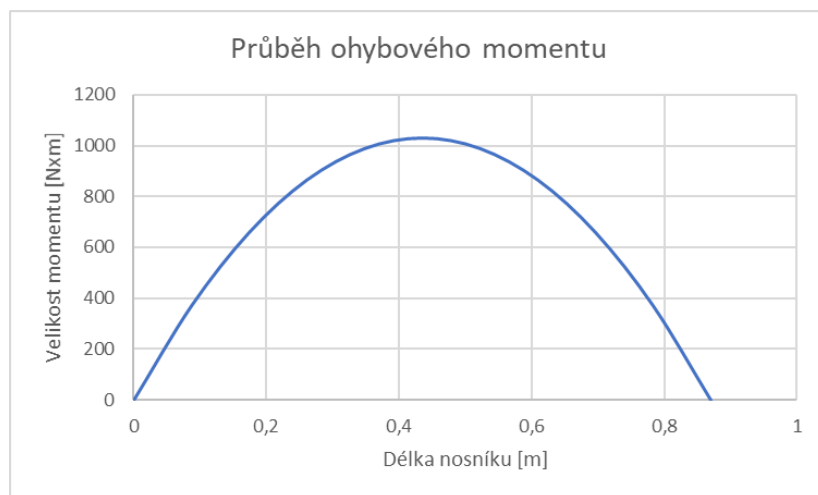
$$R_B = 4\,741,5\text{ N}$$

$$R_A = 4\,741,5\text{ N}$$

Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků nosníku:

V intervalu:  $0 \leq x \leq 0,87$

$$M_x = R_A \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$



**Graf 3** Středový nosník, třetí část (hmotnost)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 1\,032\text{ N} \cdot \text{m}$

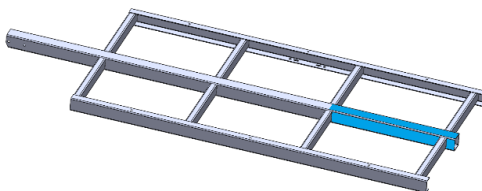
Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 45\,270\text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 22,8\text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8\text{ MPa}$

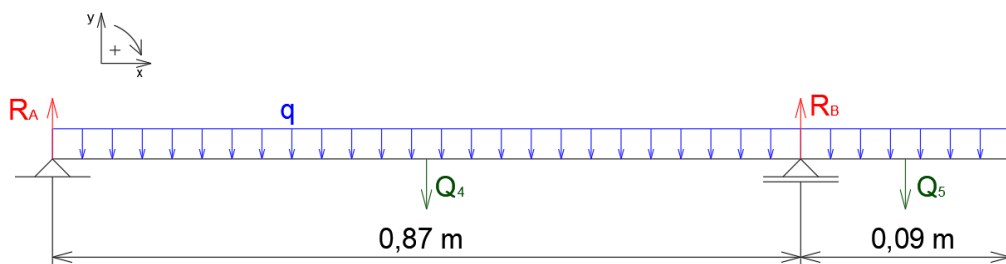
$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

#### 6.1.4 Čtvrtá část nosníku



**Obrázek 38** Středový nosník čtvrtá část (značení)

Délka nosníku je rozdělena na dvě části, kde první část je dlouhá  $l_{s4} = 0,87\text{ m}$  a druhá část  $l_{s5} = 0,09\text{ m}$ . Celková délka nosníku je potom  $0,96\text{ m}$ .



**Obrázek 39** Středový nosník čtvrtá část (hmotnost)

Velikost zatěžující sil:

$$Q_4 = q \cdot l_{s4} = 9\,483\text{ N}$$

$$Q_5 = q \cdot l_{s5} = 981\text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - Q_4 + R_B - Q_5 = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad Q_4 \cdot \frac{0,87}{2} - R_B \cdot 0,87 + Q_5 \cdot \left(0,87 + \frac{0,09}{2}\right) = 0$$

Velikost reakcí v podporách:

$$R_B = 4\,691\text{ N}$$

$$R_A = 5\,773\text{ N}$$

Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků nosníku:

V intervalu:  $0 \leq x \leq 0,87$

$$M_x = R_A \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

V intervalu:  $0,87 \leq x \leq 0,96$

$$M_x = R_A \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 + R_B \cdot (x - 0,87)$$



**Graf 4** Středový nosník, čtvrtá část (hmotnost)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 1\,008,2\text{ N} \cdot \text{m}$

Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 45\,270\text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 22,27\text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8 \text{ MPa}$

$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

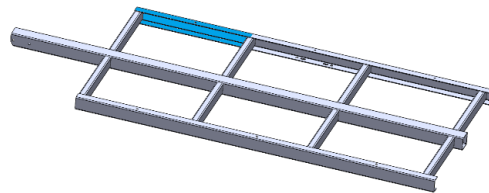
## 6.2 Krajobé nosníky zatížené hmotností

Z důvodu totožnosti krajobých nosníků bude pevnostní výpočet proveden pouze u jednoho z nosníků. U druhého nosníku se předpokládají totožné výsledky. Celková délka nosníku je  $l_k = 2,7 \text{ m}$ . Po celé této délce krajobého nosníku působí spojité zatížení, jehož velikost je

$$q = \frac{F_g}{l_k} = 10\,900 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

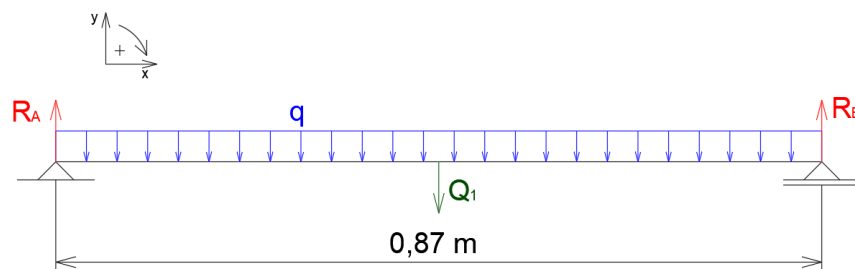
Stejně jako v předchozí části bude nosník rozdělen z důvodu statické určitosti na tři části.

### 6.2.1 První část nosníku



Obrázek 40 Krajobý nosník první část (značení)

Délka nosníku je  $l_{k1} = 0,87 \text{ m}$ .



Obrázek 41 Krajobý nosník první část (hmotnost)

Velikost zatěžující síly:

$$Q_1 = q \cdot l_{k1} = 9\,483 \text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - Q_1 + R_B = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad Q_1 \cdot \frac{0,845}{2} - R_B \cdot 0,845 = 0$$

Velikost reakcí v podporách:

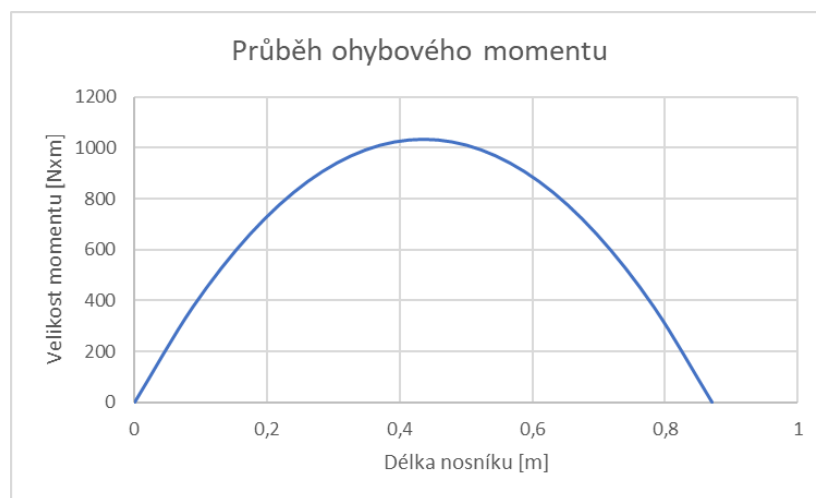
$$R_B = 4\,741,5 \text{ N}$$

$$R_A = 4\,741,5 \text{ N}$$

Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků nosníku:

V intervalu:  $0 \leq x \leq 0,87$

$$M_x = R_A \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$



**Graf 5** Krajový nosník, první část (hmotnost)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 1\,032 \text{ N} \cdot \text{m}$

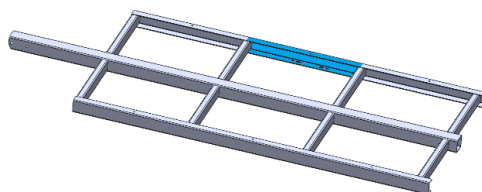
Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 33\,175 \text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 31,12 \text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8 \text{ MPa}$

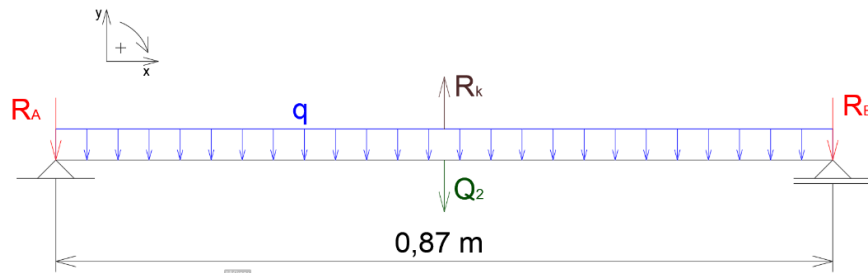
$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

### 6.2.2 Druhá část nosníku



**Obrázek 42** Krajový nosník druhá část (značení)

Tato část krajového nosníku je zatížena nejen od spojitého zatížení, ale i reakcí od kola. Tato velikost reakce je rovna jedné polovině zatěžující síly. Délka nosníku je  $l_{k2} = 0,87 \text{ m}$ .



**Obrázek 43** Krajový nosník druhá část (hmotnost)

Velikost zatěžující síly:

$$Q_2 = q \cdot l_{k2} = 9\,483 \text{ N}$$

Velikost reakce od kola:

$$R_k = \frac{F_g}{2} = 14\,715 \text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_k - R_B - R_A - Q_2 = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad Q_2 \cdot \frac{0,87}{2} - R_k \cdot \frac{0,87}{2} + R_B \cdot 0,845 = 0$$

Velikost reakcí v podporách:

$$R_B = 2\,616 \text{ N}$$

$$R_A = 2\,616 \text{ N}$$

Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků nosníku:

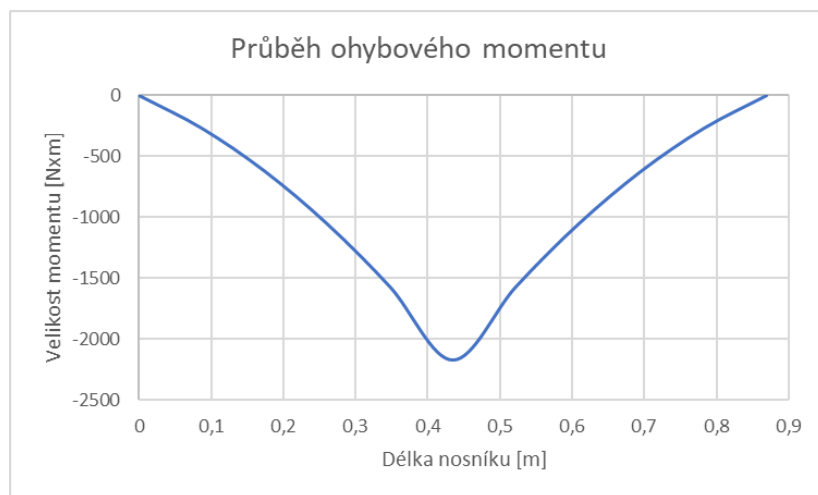
$$\text{V intervalu: } 0 \leq x \leq \frac{0,87}{2}$$

$$M_x = R_A \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

$$\text{V intervalu: } \frac{0,87}{2} \leq x \leq 0,87$$

$$M_x = -R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 + R_k \cdot \left(x - \frac{0,87}{2}\right)$$





**Graf 6** Krajový nosník, druhá část (hmotnost)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 2\,170\text{ N} \cdot \text{m}$

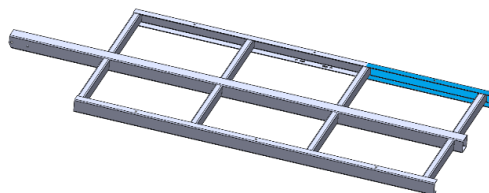
Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 33\,175\text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 65,41\text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8\text{ MPa}$

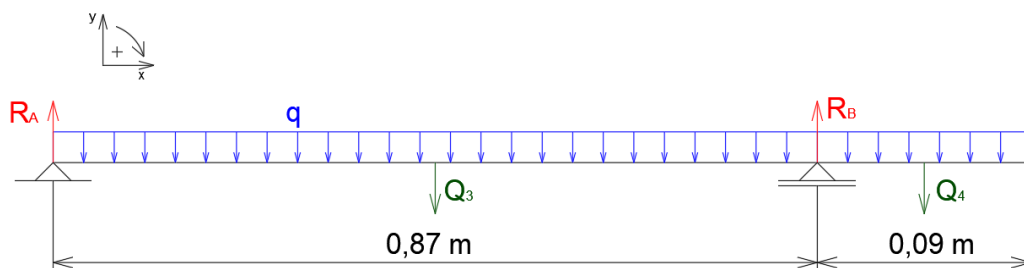
$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

### 6.2.3 Třetí část nosníku



**Obrázek 44** Krajový nosník třetí část (značení)

Délka nosníku je rozdělena na dvě části. První část je dlouhá  $l_{k3} = 0,87\text{ m}$  a druhá část nosníku  $l_{k4} = 0,09\text{ m}$ . Celková délka nosníku je  $0,96\text{ m}$ .



**Obrázek 45** Krajový nosník třetí část (hmotnost)

Velikost zatěžující sil:

$$Q_3 = q \cdot l_{k3} = 9\,483\text{ N}$$

$$Q_4 = q \cdot l_{k4} = 981\text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - Q_3 + R_B - Q_4 = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad Q_3 \cdot \frac{0,87}{2} - R_B \cdot 0,845 + Q_4 \cdot \left(0,87 + \frac{0,09}{2}\right) = 0$$

Velikost reakcí v podporách:

$$R_B = 5\,773\text{ N}$$

$$R_A = 4\,691\text{ N}$$

Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků nosníku:

V intervalu:  $0 \leq x \leq 0,87$

$$M_x = R_A \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

V intervalu:  $0,87 \leq x \leq 0,96$

$$M_x = R_A \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 + R_B \cdot (x - 0,87)$$



**Graf 7** Krajoový nosník, třetí část (hmotnost)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 1\,010\text{ N} \cdot \text{m}$

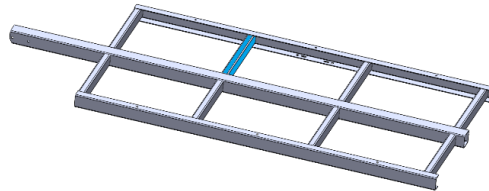
Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 33\,175\text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 30,44\text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8 \text{ MPa}$

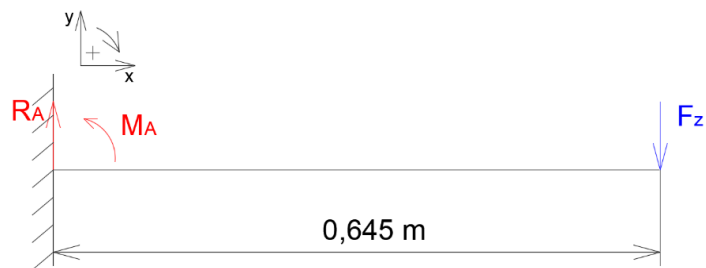
$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

### 6.3 Příčné nosníky zatížené hmotností



Obrázek 46 Příčný nosník (značení)

Pevnostní výpočet bude proveden u jednoho z osmi příčných nosníků, a to u nosníku, který je zatížen v místě uchycení silou rovnou  $5\,773 \text{ N}$ . Tato velikost síly vychází z největší reakce, kterou je nosník namáhán. Délka všech osmi nosníků je stejná  $l_p = 0,645 \text{ m}$ .



Obrázek 47 Příčný nosník (hmotnost)

Velikost zatěžující síly:

$$F_z = 5\,773 \text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - F_z = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad F_z \cdot l_p - M_A = 0$$

Velikost reakce a momentu:

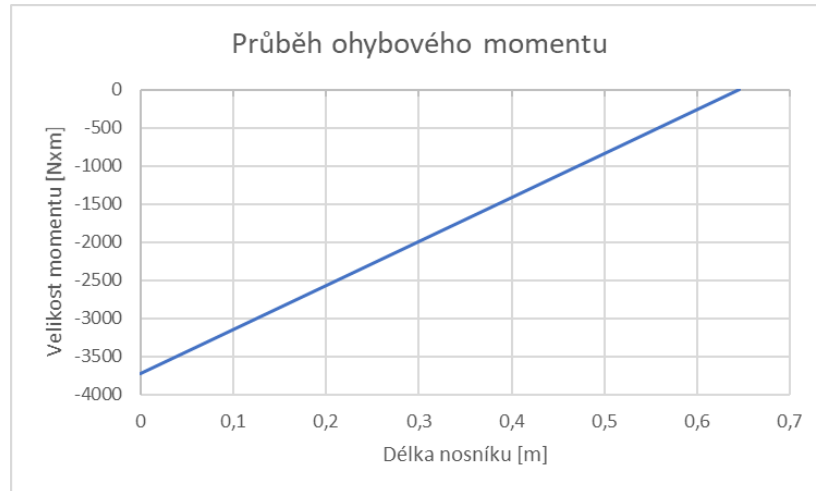
$$R_A = 5\,773 \text{ N}$$

$$M_A = F_z \cdot l_p = 3\,724 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků:

V intervalu:  $0 \leq x \leq 0,645$

$$M_x = -F_z \cdot x$$



**Graf 8** Příčný nosník (hmotnost)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 3\,724\text{ N} \cdot \text{m}$

Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 22\,820\text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 163,19\text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8\text{ MPa}$

$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

## 6.4 Středový nosník zatížen jízdními odpory

Středový nosník je zatížen jízdními odpory jak v podélné ose od brzdění a akcelerace, tak i v příčném směru od odstředivé síly při průjezdu přívěsu zatáčkou. Pro jednotlivé jízdní stavy budou provedeny pevnostní výpočty.

### 6.4.1 Zatížení v podélné ose

V podélné ose tedy vznikají dvě zatížení, a to od brzdění a od akcelerace. Brzdění působí na středový nosník tlakovou silou a akcelerace zase tahovou silou. Při porovnání obou velikostí sil, které působí v tažném zařízení vychází, že síla v tažném zařízení vyvolaná brzdou silou je větší než síla vyvozená od akcelerace přívěsu. Proto při výpočtech bude použita síla vyvozená od brzdění.

Průřez nosníku:

$$S_s = 1\,495 \text{ mm}^2$$

Síla namáhající v podélné ose:

$$F_{po} = F_H \cdot \delta_D = 41\,260 \text{ N}$$

Napětí vzniklé zatížením:

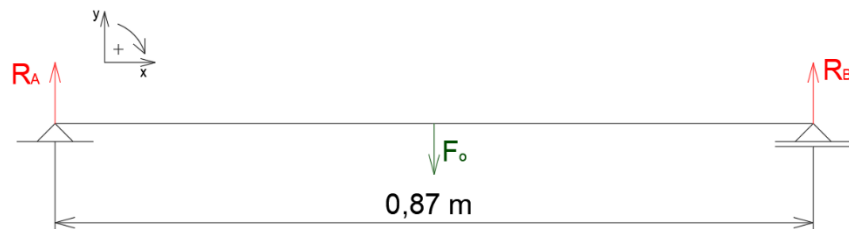
$$\sigma = \frac{F_{po}}{S_s} = 27,6 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8 \text{ MPa}$

$$\sigma_D \geq \sigma \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

#### 6.4.2 Zatížení v příčné ose

Při porovnání velikostí odstředivých sil, které působí na rám přívěsu při průjezdu zatáčkou s různými dostřednými sklony vozovky vyšla jako největší zatěžující odstředivá síla o velikosti  $14\,906 \text{ N}$ . Tato velikost odstředivé síly zatěžuje v příčném směru tři nosníky. Pro výpočet bude uvažováno ideální rozložení této síly mezi nosníky. Z tohoto důvodu bude síla připadající na nosík menší o jednu třetinu, než je celková velikost odstředivé síly.



Obrázek 48 Středový nosník (jízdní odpory)

Velikost zatěžující síly:

$$F_o = \frac{14\,906}{3} \cdot \delta_D = 9\,938 \text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - F_o + R_B = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad F_o \cdot \frac{0,87}{2} - R_B \cdot 0,87 = 0$$

Velikost reakcí:

$$R_A = 4\,969\text{ N}$$

$$R_B = 4\,969\text{ N}$$

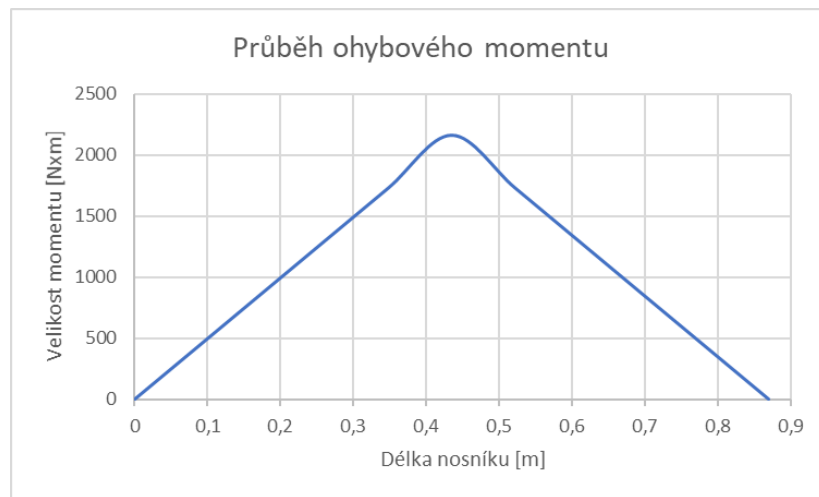
Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků:

$$\text{V intervalu: } 0 \leq x \leq \frac{0,87}{2}$$

$$M_x = R_A \cdot x$$

$$\text{V intervalu: } \frac{0,87}{2} \leq x \leq 0,87$$

$$M_x = R_A \cdot x - F_0 \cdot \left(x - \frac{0,87}{2}\right)$$



**Graf 9** Středový nosník (jízdní odpory)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 2\,162\text{ N} \cdot \text{m}$

Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 45\,270\text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 47,76\text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8\text{ MPa}$

$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

## 6.5 Krajobé nosníky zatížené jízdními odpory

Stejně jako středový nosník jsou i krajobé nosníky zatěžovány v podélné ose od brzdění a akcelerace a ve směru příčném od odstředivé síly. Z důvodu rozložení sil na nápravu budou síly zatěžující oba nosníky poloviční. Kvůli totožnosti obou nosníků bude výpočet proveden jen u jednoho z nosníků.

### 6.5.1 Zatížení v podélné ose

I zde jako v předchozím případě bude použita pro výpočet síla  $F_H$  vyvolaná v tažném zařízení při brzdění, která je větší než síla  $F_h$  z akcelerace.

Průřez nosníku:

$$S_k = 1\,150 \text{ mm}^2$$

Síla namáhající v podélné ose:

$$F_{po} = \frac{F_H}{2} \cdot \delta_D = 20\,630 \text{ N}$$

Napětí vzniklé zatížením:

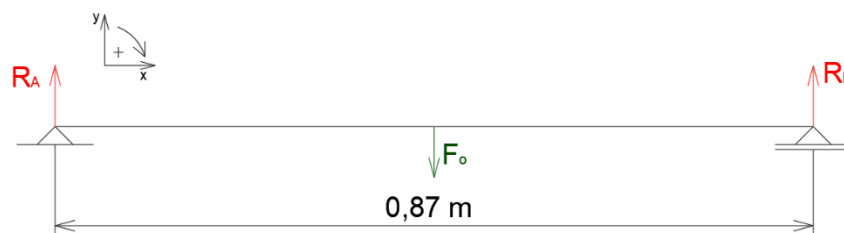
$$\sigma = \frac{F_{po}}{S_k} = 17,9 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8 \text{ MPa}$

$$\sigma_D \geq \sigma \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

### 6.5.2 Zatížení v příčné ose

Jako největší velikost odstředivé síly bude použita hodnota  $14\,906 \text{ N}$ . Jako v předchozím případě je tato velikost odstředivé síly z důvodu rozdělení sil mezi nosníky podělena třemi.



Obrázek 49 Krajový nosník (jízdní odpory)

Velikost zatěžující síly:

$$F_o = \frac{14\,906}{3} \cdot \delta_D = 9\,938 \text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - F_o + R_B = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad F_0 \cdot \frac{0,87}{2} - R_B \cdot 0,87 = 0$$

Velikost reakcí:

$$R_A = 4\,969 \text{ N}$$

$$R_B = 4\,969 \text{ N}$$

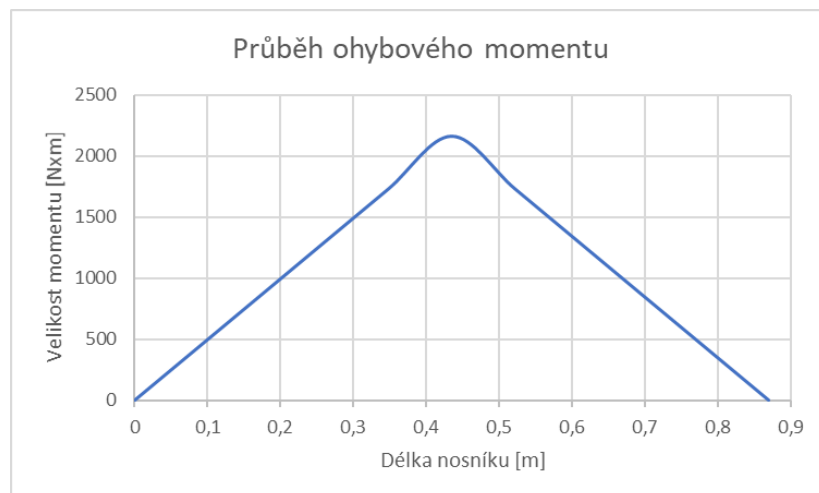
Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků:

$$\text{V intervalu: } 0 \leq x \leq \frac{0,87}{2}$$

$$M_x = R_A \cdot x$$

$$\text{V intervalu: } \frac{0,87}{2} \leq x \leq 0,87$$

$$M_x = R_A \cdot x - F_0 \cdot \left(x - \frac{0,87}{2}\right)$$



**Graf 10** Krajový nosník (jízdni odpory)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 2\,162 \text{ N} \cdot \text{m}$

Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 8\,983 \text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 240,67 \text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8 \text{ MPa}$

$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

Při provádění pevnostních výpočtů došlo u krajových nosníků zatížených v příčné ose k překročení velikosti dovoleného napětí. Řešením tohoto problému je tyto nosníky nahradit jinými, které mají vyšší hodnotu modulu průřezu, nebo dané nosníky vyrobit z jiného materiálu,



který má větší hodnotu meze kluzu. Z ekonomických důvodů bylo rozhodnuto pro volbu změny pružného modulu průřezu.

Z konstrukčních důvodů je nutné zachování výšky a tloušťky stěny daného nosníku. Jediným možným řešením je změna šířky daného nosníku. Při změně šířky z 60 mm na 70 mm je velikost modulu průřezu rovna hodnotě  $12\,072\text{ mm}^3$  a velikost ohybového napětí zatěžující nosník je  $179,1\text{ MPa}$ . Po zpětném porovnání hodnot zatěžujícího ohybového napětí s dovoleným napětím vyjde, že daný nosník vyhovuje pevnostní podmínce.

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 2\,162\text{ N} \cdot \text{m}$

Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 12\,072\text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 179,1\text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8\text{ MPa}$

$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

## 6.6 Příčné nosníky zatížené jízdními odpory

V předchozí případech působily jízdní odpory na nosníky od akcelerace a brzdění v podélné ose nosníků, kdežto u příčných nosníků je to v příčném směru těchto nosníků. To samé platí i u působení odstředivé síly, která namáhala předešlé nosníky v příčném směru, kdežto na příčné nosníky působí v podélném směru.

### 6.6.1 Zatížení v podélné ose

Při zatížení krajového nosníku odstředivou silou vyšla velikost obou reakcí  $4\,969\text{ N}$ . Tato hodnota bude použita do výpočtu.

Průřez nosníku:

$$S_p = 1\,015\text{ mm}^2$$

Zatěžující síla:

$$F_z = 4\,969\text{ N}$$

Napětí vzniklé zatížením:

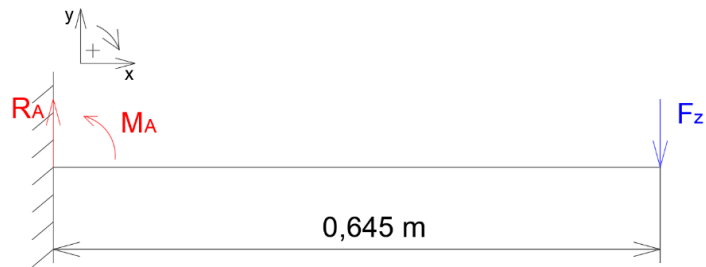
$$\sigma = \frac{F_z}{S_p} = 4,9\text{ MPa}$$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8\text{ MPa}$

$$\sigma_D \geq \sigma \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

### 6.6.2 Zatížení v příčné ose

Největší zatížení v příčné ose, které zatěžuje nosník je od síly  $F_H$  při brzdění. Její velikost je  $20\,630\text{ N}$ . Jelikož tuto sílu na hlavní středový nosník přenášejí na každé straně čtyři příčné nosníky, tak tato síla bude podělena osmi. Příčné nosníky jsou totožné. Délka jednoho nosníku je  $0,645\text{ m}$ .



Obrázek 50 Příčný nosník (jízdní odpory)

Velikost zatěžující síly:

$$F_z = \frac{20\,630}{8} = 2\,579\text{ N}$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_y = 0, \quad R_A - F_z = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0, \quad F_z \cdot l_p - M_a = 0$$

Velikost reakce a momentu:

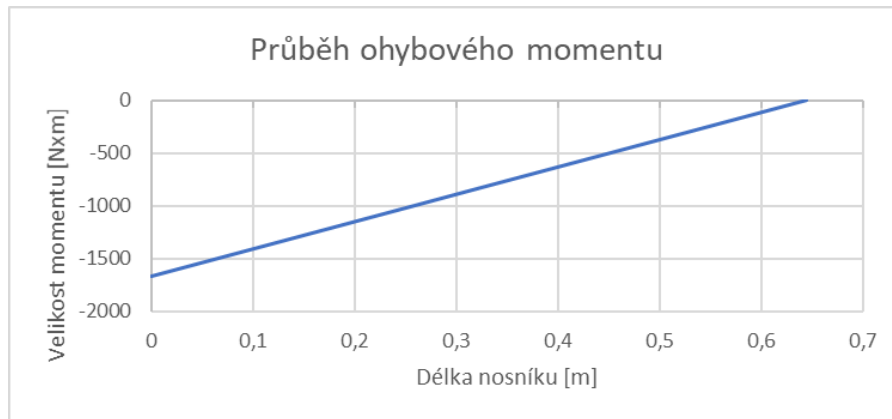
$$R_A = 2\,579\text{ N}$$

$$M_a = F_z \cdot l_p = 1\,663,3\text{ N} \cdot \text{m}$$

Stanovení ohybového momentu z vnitřních účinků:

$$\text{V intervalu: } 0 \leq x \leq \frac{0,87}{2}$$

$$M_x = -F_z \cdot x$$



**Graf 11** Příčný nosník (jízdní odpory)

Největší hodnota ohybového momentu je rovna hodnotě  $M_o = 1\,663\text{ N} \cdot \text{m}$

Hodnota velikosti modulu průřezu je  $W_o = 16\,300\text{ mm}^3$

Velikost ohybového napětí je  $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 102\text{ MPa}$

Dovolené napětí  $\sigma_D = 199,8\text{ MPa}$

$$\sigma_D \geq \sigma_o \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

## 7 Vyhodnocení výsledků

Na rám přívěsu byl proveden zjednodušený pevnostní výpočet. Pro přesnější získání hodnot jednotlivých napětí je nutno zvolit některou z metod numerického modelování strojních součástí a celků.

Po provedení pevnostních výpočtů všechny nosníky pevnostně vyhovují, akorát u podélného nosníku zatíženého odstředivou silou došlo ke změně jeho rozměrů. Tato změna byla nutná z důvodu nesplnění pevnostní podmínky. Změna se týkala jenom jeho šířky. Po změně jeho šířky z *60 mm* na *70 mm* už tento nosník pevnostně vyhovoval.

Nejvíce zatížené nosníky z pohledu napětí jsou příčné a podélné nosníky. U příčných nosníků dosahovala hodnota napětí až *163,19 MPa* a u podélných nosníků před změnou šířky profilu dosahovala hodnota velikosti napětí až *240,67 MPa* a po změně šířky profilu tato hodnota napětí byla ponížena na *179,1 MPa*.

Nejmenší hodnoty napětí byly zjištěny na středovém nosníku. Nejmenší hodnota na tomto nosníku byla *15,2 MPa* a nejvyšší *47,76 MPa*.

## 8 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout brzděný přívěs pro osobní automobil. Při návrhu přívěsu byl kladen důraz na to, aby konstrukce přívěsu splňovala jednotlivé požadavky, které jsou dány legislativou. Tyto požadavky stanovuje vyhláška 341/2014Sb., která vychází ze směrnice 2007/46/ES. Bez splnění těchto požadavků nesmí být přívěs provozován na pozemních komunikacích.

Přívěs jako takový byl složen z několika komponent. Komponentám, kterým byla věnována největší pozornost při návrhu byl rám přívěsu a jeho korba, která byla na rám uchycena pomocí šesti vratových šroubů. Náprava a nájezdová brzda byly vybrány podle zatížení, které se mělo na ně přenášet.

Před provedením pevnostních výpočtů rámu přívěsu bylo nutné stanovit velikost jednotlivých zatěžujících sil, která zatěžovala rám přívěsu. Jejich velikost byla potom vynásobena dynamickým součinitelem  $\delta_D = 2$  a použita do pevnostních výpočtů.

V další části této práce bylo důležité provést pevnostní výpočty rámu. Zda rám zatížení vydrží, nebo nevydrží. Pevnostní výpočty byly provedeny tím způsobem, že došlo k rozdělení jednotlivých nosníků na části. Toto rozdělení bylo provedeno z důvodu statické určitosti nosníků. Navržená třída oceli, z které měly být nosníky vyrobeny byla zvolena ČSN 11 523.

Poslední část této práce byla zaměřena na vyhodnocení výsledků. Při vyhodnocování výsledku se došlo k závěru, že rám přívěsu pevnostně vyhovuje až po změně šířky krajového nosníku.

## 9 Použitá literatura

- [1] Vyhláška č. 341/2014 Sb., *o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*. In: Úplné znění č. 1206, Nakladatelství Sagit, ISBN 978-80-7488-238-8
- [2] Vyhláška č. 343/2014 Sb., *o registraci vozidel*. In: Úplné znění č. 1206, Nakladatelství Sagit, ISBN 978-80-7488-238-8
- [3] Předpis č. 13 (EHK/OSN), *Jednotná ustanovení pro schvalování typu vozidel kategorie M, N a O z hlediska brzdění* [online]. Copyright © [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42016X0218\(01\)&from=en](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42016X0218(01)&from=en)
- [4] PřívěsyHK, *Přívěsný vozík Euro A750/B2-110* [online]. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <http://www.privesyhk.cz/listing/privesny-vozik-euro-a750b2-110/>
- [5] Vapp, *Náprava AL-KO Plus B 1200-6 (1350 kg)* [online]. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/produkt/naprava-al-ko-plus-b-1200-6-1350-kg-a-1100-mm-112x5>
- [6] Vapp, *Jednoosý valník LPV 4* [online]. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/detail/lpv-4>
- [7] TRAILERS & FACILITY s.r.o., *Přívěsný vozík - PRO BREAK 2612C/4W* [online]. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <https://www.rajprivesu.cz/Privesny-vozik-PRO-BREAK-2612C-4W-2630-x-1250-pruziny-tlumice-d2497.htm>
- [8] TRAILERS & FACILITY s.r.o., *Přívěsný vozík - PRO 3015/4W - 3000 x 1500* [online]. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <https://www.rajprivesu.cz/Privesny-vozik-PRO-3015-4W-3000-x-1500-pruziny-tlumice-d2129.htm>
- [9] KOBRAS, *Brzdové systémy* [online]. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: [https://www.kobras.cz/data/obrazky/obrazek/120200000000\\_003.jpg](https://www.kobras.cz/data/obrazky/obrazek/120200000000_003.jpg)
- [10] Caravan24.cz, *Nájezdová brzda karavanů s couvací automatikou* [online]. [cit. 02.01.2019]. [https://www.caravan24.cz/articles.php?article\\_id=373](https://www.caravan24.cz/articles.php?article_id=373)
- [11] Ministerstvo dopravy ČR, *Registrační značky* [online]. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: [https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Registrace-vozidel/Nove-registracni-znacky/Typy-RZ-\(1\).docx.aspx?lang=cs-CZ](https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Registrace-vozidel/Nove-registracni-znacky/Typy-RZ-(1).docx.aspx?lang=cs-CZ)

- [12] Směrnice 94/20/ES, *o mechanických spojovacích zařízeních motorových vozidel a přípojných vozidel a jejich připevnění na tato vozidla* [online]. Copyright © [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:31994L0020&from=CS>
- [13] Předpis č. 48 (EHK/OSN), *Jednotná ustanovení pro schvalování typu vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci* [online]. Copyright © [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42011X1206\(03\)&from=CS](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42011X1206(03)&from=CS)
- [14] Hella, *Zákonná ustanovení podle předpisu EHK č. 48* [online]. Copyright © [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: [https://www.hella.com/hella-tech-world-cz-cs/assets/media\\_global/J00673\\_Z%C3%A1konn%C3%A9\\_p%C5%99edpisy\\_cz.pdf](https://www.hella.com/hella-tech-world-cz-cs/assets/media_global/J00673_Z%C3%A1konn%C3%A9_p%C5%99edpisy_cz.pdf)
- [15] Vapp, *Nájezdová brzda KNOTT KRV 20A KH na jekl 100x100 mm* [online]. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/produkt/najezdova-brzda-knott-krv-20a-kh-na-jekl-100x100-mm>
- [16] Vapp, *Náprava KNOTT GB 18 (1800 kg) b=1500 mm 250x40 (112x5)* [online]. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/produkt/naprava-knott-gb-18-1800-kg-b-1500-mm-250x40-112x5>
- [17] Vapp, *Kolo 185 R14 C 104/102 N Kargomax (900 kg) 112x5* [online]. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/produkt/kolo-185-r14-c-104-102-n-kargomax-900-kg-112x5>
- [18] Vapp, *Schéma zapojení vidlic a zásuvek přívěsů a tažných zařízení* [online]. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/zapojeni-vidlic-a-zasuvek-privesu-a-taznych-zarizeni>
- [19] VALA, Miroslav a Miroslav TESAŘ. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-503-X.
- [20] Katedra robotiky fakulty strojní, VŠB-TU Ostrava, *CAD III – Pevnostní analýzy* [online]. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <http://robot.vsb.cz/skripta/cad-iii/7-pevnostni-analyzy-svarencu.html>