

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Možnosti upevnění nákladu na ložnou plochu vozidla vzhledem k bezpečnosti  
provozu na pozemních komunikacích

Miroslav Šenkeřík

Bakalářská práce

2014

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav Šenkeřík**  
Osobní číslo: **D11443**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**  
Název tématu: **Možnosti upevnění nákladu na ložnou plochu vozidla vzhledem k bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích**  
Zadávací 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 :

Rozložení a určení těžiště nákladu na ložné ploše  
Zabezpečení přepravovaného nákladu  
Přípravky pro zabezpečení nákladu  
Experiment na sklopné plošině  
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:

**KREJCAR, Jaroslav a KAPLÁNEK, Aleš. Přepravní balení zboží, uložení a zajištění nákladu v dopravních prostředcích a kontejnerech.**

**GERSTNER, Zdeněk. Uložení a upevnění nákladu.**

**ČSN EN 12640. Fixace nákladu na silničních vozidlech.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Jilek, DiS.**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **21. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2014**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.  
děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2014

# PROHLÁŠENÍ

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. 121/200 Sb., autorský zákon, 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 tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

Ve Vsetíně dne 21. 5. 2014

Miroslav Šenkeřík

## PODĚKOVÁNÍ

Za cenné konzultace a pomoc při zpracování bakalářské práce děkuji panu doc. Ing. Pavlu Švandovi, Ph.D., Ing. Martinu Kohoutovi, Ph.D. a vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petru Jilkovi, DiS.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a kamarádům za podporu při studiích.

## ANOTACE

Práce je zaměřena na metody zabezpečení nákladu, které jsou v současné době používané v silniční nákladní dopravě. V první části práce jsou popsány možnosti uložení a upevnění nákladu. V druhé části práce provedu experiment zhodnocující bezpečnost použití poškozených upevňujících přípravků a vliv přídavné podložky.

## KLÍČOVÁ SLOVA

náklad, bezpečnost, silniční doprava, upevnění, sklopná plošina

## TITLE

Options of mounting cargo to the loading area of a vehicle relative to the road traffic safety

## ANNOTATION

This work focuses on methods of cargo mounting, which are now used in road freight transport. In the first part several options of cargo loading and mounting to the loading area of a lorry are described. In the second part I will make an experiment and measure the safety of using damaged mounting straps and the influence of additional underlay.

## KEYWORDS

cargo, safety, road transport, fixing, folding platform

# Obsah

Úvod .....	9
1. Rozložení a určení těžiště nákladu na ložné ploše.....	10
1.1. Hmotnost a tíha .....	10
1.2. Těžiště .....	10
1.3. Síly působící na náklad a vozidlo.....	12
1.3.1. Tíhová síla .....	12
1.3.2. Setrvačná síla.....	13
1.3.3. Třecí síla .....	14
1.3.4. Fixační síla .....	15
1.4. Požadavky na vozidlo a jeho nástavbu.....	16
1.4.1. Maximální dovolené hmotnosti vozidel .....	16
1.4.2. Maximální dovolené boční zatížení nástavby .....	16
2. Zabezpečení přepravovaného nákladu.....	18
2.1. Uložení nákladu .....	18
2.1.1. Kompaktní způsob uložení .....	18
2.1.2. Tuhý způsob uložení .....	19
2.2. Zabezpečení nákladu na vozidle .....	20
2.2.1. Silové zajištění .....	20
2.2.2. Zajištění blokováním.....	21
2.2.3. Zajištění uvázáním .....	22
3. Přípravky pro zabezpečení nákladu .....	28
3.1. Kotevní body .....	28
3.1.1. Počet kotevních bodů a jejich rozmístění na vozidle .....	28
3.1.2. Pevnost kotevních bodů.....	30
3.1.3. Pevný a variabilní kotevní systém.....	30
3.2. Vázací přípravky .....	31

3.2.1. Přivazovací popruhy .....	31
3.2.2. Přivazovací řetězy .....	32
3.2.3. Ostatní druhy vázacích přípravků.....	33
3.3. Pomocné zajišťovací přípravky.....	33
3.3.1. Protiskluzové podložky .....	34
3.3.2. Klíny a zarážky .....	34
3.3.3. Zajišťovací trámy a dřevěné rámy.....	35
3.3.4. Fixační výplně .....	36
3.3.5. Rozpěrné tyče a zábrany.....	36
3.3.6. Ochranné pomůcky.....	37
4. Experiment na sklopné plošině.....	38
4.1. Tahová zkouška.....	38
4.2. Výpočet statické rovnováhy .....	40
4.3. Průběh experimentu .....	43
5. Závěr.....	46
Použitá literatura.....	47
Seznam obrázků.....	48
Seznam tabulek.....	49
Seznam grafů .....	50
Seznam příloh.....	51



## Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi zabezpečení nákladu na ložné ploše vozidla vzhledem k bezpečnosti provozu na silničních komunikacích. Jakožto majitel řidičského oprávnění skupiny C a účastník mnoha školení referentů vím, že je otázka bezpečnosti dopravy zboží brána velmi vážně a řidič nákladního vozidla musí tyto situace řešit denně. Zodpovídá totiž nejen za bezpečnost na silničních komunikacích, ale i za stav převáženého zboží.

Silniční nákladní doprava je díky svým výhodám, jako je hustá síť dopravních cest, flexibilita, rychlost a cena dopravy na krátké a střední vzdálenosti, hojně využívaná. Navíc podléhá trendu poslední doby ve formě odlehle výroby a následné distribucí zboží k zákazníkům, čímž se její intenzita dále zvyšuje. To s sebou přináší samozřejmě i řadu negativ, jako jsou dopravní kongesce, znečišťování životního prostředí a také dopravní nehody, ať způsobené přímo chybou řidiče nebo technickou závadou na vozidle, kam spadají i nehody způsobené nesprávným uložením či zajištěním nákladu.

Na bezpečnost dopravy pamatuje legislativa, která se postupně zpříšňuje a klade stále větší požadavky na řidiče i vybavení vozidla. Řidič nákladního vozidla by měl být alespoň jednou ročně proškolen na školeních odborné způsobilosti, kde se dozví poslední úpravy zákona o provozu na silničních komunikacích včetně změn v požadavcích na uložení a zajištění nákladu na vozidle. Z tohoto pohledu představují zvýšené riziko naopak neprofesionální řidiči, kteří se těchto školení zúčastnit nemusí, ale řidičské oprávnění skupiny B jim umožňuje řídit dodávková vozidla do 3,5 tuny nebo jízdní soupravy, jejichž celková hmotnost nepřekročí 3,5 tuny.

K legislativním požadavkům se přidávají požadavky na nepoškození zboží vlivem přepravy. Celý proces dopravy by byl zcela zbytečný, pokud by v průběhu mělo dojít k poškození. Mnoho příruček uvažuje zboží jako dokonale tuhé, pravidelné těleso, nejlépe ve tvaru kvádrů. V reálných situacích se ale řidič často setkává se zbožím, které je bez speciálních přípravků zabezpečitelné jen velmi obtížně. Jako příklad lze uvést dlouhé šrouby nebo tenké hřídele, které se nesmí během přepravy prohnout, konstrukce z plastu nebo dřeva, které by mohly popraskat, nebo specifika balíkových služeb, kde je zároveň požadavek na rychlost nakládky a vykládky.

# 1. Rozložení a určení těžiště nákladu na ložné ploše

Náklad musí být na ložné ploše vozidla rozmístěn tak, aby nedošlo k jeho poškození, ke zhoršení ovladatelnosti vozidla, byly dodrženy maximální přípustné hmotnosti a náklad šel odpovídajícím způsobem zabezpečit. Požadavek na bezpečné uložení a zajištění nákladu se řídí normou ČSN EN 12 195.

## 1.1. Hmotnost a tíha

Každý objekt má určitou hmotnost. Je to charakteristická vlastnost objektu, která přímo souvisí s množstvím látky v něm obsažené. Hmotnost je zcela nezávislá na podmínkách – objekt má stejnou hmotnost na Zemi, Měsíci i kdekoli jinde.

Tíha je síla vyvolaná působením gravitace. Gravitace je silové působení mezi všemi hmotnými objekty. Její velikost se zvyšuje s rostoucí hmotností a naopak snižuje s kvadrátem vzdálenosti mezi uvažovanými objekty. Pod pojmem tíha se tedy uvažuje síla, kterou Země přitahuje objekty ke svému povrchu.

V metrickém systému jednotek je hmotnost vyjádřena v gramech ( $g$ ). To je relativně malá jednotka, proto se často používají její násobky, zejména kilogramy ( $kg$ ) a tuny ( $t$ ). Síla se vyjadřuje v newtonech ( $N$ ). Vztah mezi hmotností a tíhou na úrovni mořské hladiny je přibližně  $1kg = 9,81N$ . Pokud není požadavek na velmi přesné měření, zaokrouhluje se tato hodnota na  $10N$ . Ta se pak zapisuje jako 1 dekanewton ( $daN$ ). Při zabezpečování nákladu platí převodní vztah  $1kg = 1daN$ .

## 1.2. Těžiště

Těžiště je bod na tělese, kudy prochází nositelka tíhy, pokud by bylo těleso zredukováno na hmotný bod. Pakliže by těleso mělo stát například na vrcholu jehlanu bez toho, aby došlo k jeho převrácení, musela by těžnice procházet právě oním vrcholem. Pokud je těleso symetrické podle všech os a rozložení hmoty v něm je rovnoměrné, bude těžiště ležet přesně v geometrickém středu tělesa. Pokud by hmota tělesa rovnoměrně rozložená nebyla, bude těžiště ležet blíže k těžší části tělesa. Těžiště nemusí nutně ležet uvnitř tělesa, například u trubice nebo L profilu nosníku leží těžiště vně.



Obrázek 1 – Těžiště nákladu [5]

Pozice těžiště má podstatný vliv na chování nákladu během přepravy.

- Náklad s vysoko umístěným těžištěm bude mít mnohem větší tendenci se převrátit při průjezdu zatáčkou nebo prudké změně rychlosti.
- Náklad s těžištěm umístěným na stranu tak, že těžnice neprochází základnou, bude mít tendenci se převrátit i u stojícího vozidla.
- U velmi těžkých nákladů je těžiště důležité pro správné umístění nákladu s ohledem na maximální dovolené zatížení náprav.
- Specifická je doprava tekutých a sypkých nákladů, kde se pozice těžiště mění s časem vlivem působících sil.

Náklad lze považovat za stabilní, pokud platí podmínka:

$$\frac{x_T(y_T)}{z_T} \geq \frac{a}{g} \quad (1)$$

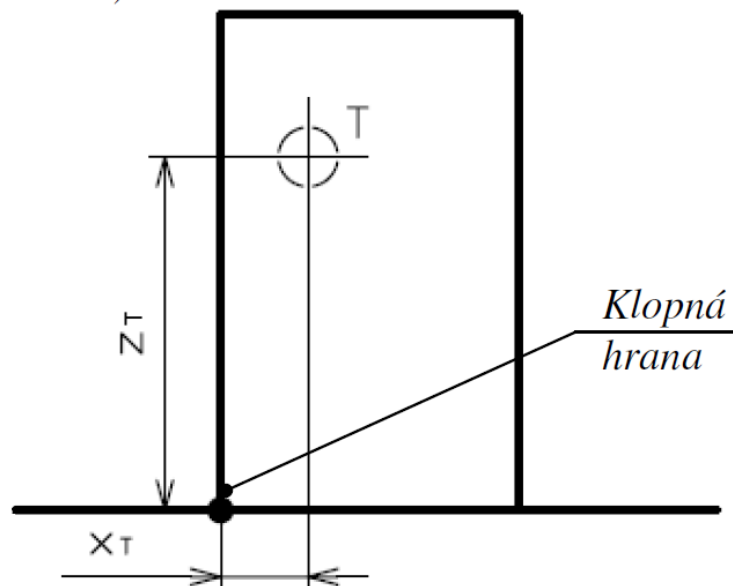
kde  $x_T(y_T)$  ..... vzdálenost těžiště od klopné hrany v podélném (příčném) směru výpočtu [m]

$z_T$  ..... výška těžiště nákladu od ložné plochy [m]

$a$  ..... zrychlení vozidla ve směru výpočtu [ $ms^{-2}$ ]

$g$  ..... tíhové zrychlení [ $ms^{-2}$ ]

Jestliže těžiště leží v geometrickém středu nákladu, dosazuje se za  $x_T$ ,  $y_T$  a  $z_T$  přímo hodnota šířky, hloubky a výšky tělesa.



**Obrázek 2** – Poloha těžiště nákladu v podélném směru [1]

### 1.3. Síly působící na náklad a vozidlo

Během přepravy působí na náklad síly ve všech třech osách – svisle, podélně a příčně. Tyto síly musí být přes upevnění přenášeny na vozidlo. Pokud by se vozidlo pohybovalo pouze rovnoměrným přímočarým pohybem po dokonale rovné a hladké vozovce, působila by pouze tíhová síla nákladu. V reálných podmínkách ale navíc dále působí síly setrvačné, způsobené změnou velikosti nebo směru vektoru rychlosti, třecí síly mezi ložnou plochou a nákladem, přídavné síly způsobené vibracemi vozidla a samozřejmě síly od zajišťovacích přípravků.

Rovnováha všech těchto sil je určujícím faktorem bezpečnosti zajištění nákladu. Pokud by síly nebyly v rovnováze, mohlo by dojít k posunutí nebo převržení nákladu, jeho poškození a ohrožení provozu na silničních komunikacích.

#### 1.3.1. Tíhová síla

Síla, vyvolaná gravitačním působením mezi Zemí a nákladem, která jej tlačí k ložné ploše vozidla. Výpočet tíhové síly:

$$G = m \cdot g \text{ [N]} \quad (2)$$

kde  $m$ ..... hmotnost nákladu [kg]  
 $g$ ..... tíhové zrychlení [ $ms^{-2}$ ]

### 1.3.2. Setrvačná síla

Síla, která se snaží udržet náklad v původním stavu a působí proti změně pohybu. Změna pohybu je určena změnou vektoru rychlosti, ať jeho velikostí při akceleraci a brzdění nebo změnou směru při zatáčení a změnách vertikální polohy. Její velikost je dána vztahem:

$$F_s = m \cdot a \text{ [N]} \quad (3)$$

kde  $m$ ..... hmotnost nákladu [kg]

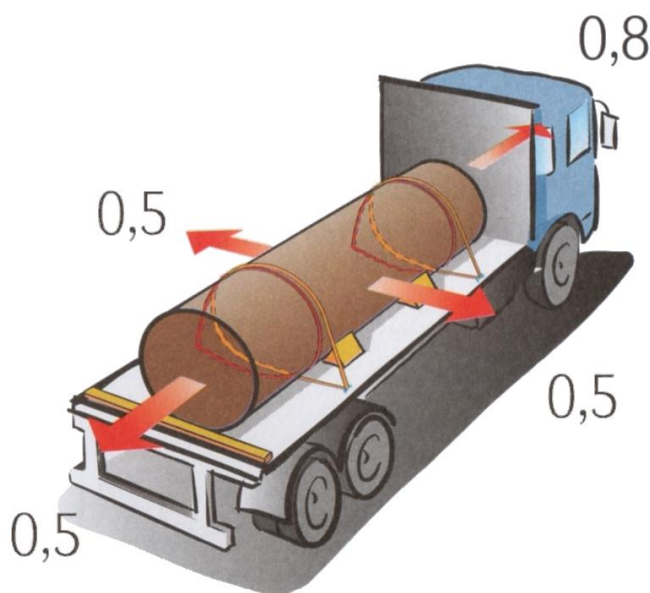
$a$  ..... zrychlení [ $ms^{-2}$ ]

Při výpočtech se setrvačnými silami se využívá tzv. faktoru zrychlení (g-faktor). Tento faktor vyjadřuje velikost působeného zrychlení jako násobek zrychlení tíhového. Upevnění nákladu se poté dimenzuje na maximální hodnoty zrychlení, které můžou v daných směrech nastat.

$$f_z = \frac{a}{g} \text{ [N]} \quad (4)$$

kde  $a$  ..... zrychlení [ $ms^{-2}$ ]

$g$  ..... tíhové zrychlení [ $ms^{-2}$ ]



**Obrázek 3** – Hodnoty faktoru zrychlení [2]

Hodnoty faktoru zrychlení v jednotlivých směrech, se kterými je nutno během silniční přepravy počítat uvádí norma ČSN EN 12195-1 a jsou uvedeny v Tabulka 1.

Zajištění v	Koeficienty zrychlení				
	$c_x$ podélně		$c_y$ příčně		$c_z$ svisle dolů
	Vpřed	Vzad	Pouze posunutí	Naklápění	
podélném směru	0,8	0,5	-	-	1,0
příčném směru	-	-	0,5	0,5/0,6*	1,0

\*) pro nestabilní náklad

**Tabulka 1** – Faktor zrychlení [2]

### 1.3.3. Třecí síla

Síla mezi ložnou plochou a nákladem, která působí proti směru pohybu a závisí na materiálu a zpracování obou kontaktních ploch. Obě kontaktní plochy totiž nejsou dokonale hladké, ale mají určitou drsnost s řadou větších či menších výstupků. Vypočte se pomocí vzorce:

$$T = m \cdot g \cdot f \text{ [N]} \quad (5)$$

kde  $m$ ..... hmotnost nákladu [kg]

$g$ ..... tíhové zrychlení [ $ms^{-2}$ ]

$f$ ..... součinitel smykového tření [-]

Rozeznávají se dva typy tření:

- Statické (klidové) – Působí tehdy, pokud je náklad vůči ložné ploše v klidu. Určuje sílu, která brání nákladu v uvedení do pohybu.
- Dynamické (smykové) – Působí, jakmile dojde k relativnímu pohybu mezi nákladem a ložnou plochou. Má menší velikost než tření statické, proto se ve výpočtech uvažuje kvůli bezpečnosti tato hodnota.

Nejdříve na náklad působí tření statické. Výstupky na nákladu částečně zapadají do výstupků na ložné ploše, tvoří vzájemné mikrospojení a tím brání pohybu. Jakmile ale působí příliš velká boční síla, která statické tření překoná, začne se náklad posouvat a výstupky do sebe nezapadají, ale kloužou po sobě. Potom se jedná o tření dynamické, které je z výše uvedeného důvodu menší.

Třecí vlastnosti kontaktních ploch vyjadřuje součinitel tření, který je tím větší, čím mají plochy větší členitost a závisí i na stavu kontaktních ploch (suché, mokré, mastné). Součinitel tření se nedá přímo změřit, ale je tabelizován pro konkrétní dvojice materiálů. Hodnoty pro vybrané dvojice uvádí Tabulka 2.

Dvojice materiálů	Stav ploch		
	Suché	Mokrě	Mastné
dřevo / dřevo	0,20 - 0,50	0,20 - 0,25	0,05 - 0,15
kov / dřevo	0,20 - 0,50	0,20 - 0,25	0,02 - 0,10
kov / kov	0,10 - 0,25	0,10 - 0,20	0,01 - 0,10
beton / dřevo	0,30 - 0,60	0,30 - 0,50	0,10 - 0,20

**Tabulka 2** – Hodnoty součinitele tření [1]

V případě použití gumových protiskluzových podložek lze součinitel tření zvýšit až na hodnotu  $f = 0,6$ . Pokud si řidič není jistý, jakou hodnotu součinitele použít, měl by počítat s hodnotou  $f = 0,2$ .<sup>[2]</sup>

Na bezpečnost uložení nákladu mají nepříznivý vliv vibrace, které náklad odlehčují a tím přímo snižují velikost třecí síly. Proto se zajišťovací přípravky snaží náklad tlačít k ložné ploše vozidla, aby potlačily vliv vibrací a zvýšily velikost reakční síly podložky, čímž zvyšují třecí sílu a snižují nároky na sílu fixační.

#### 1.3.4. Fixační síla

Síla, kterou musí zabezpečení vyvolat, aby nastala rovnováha mezi silami podporujícími pohyb a bránícími pohybu. Pohyb podporují síly setrvačné. Pohybu naopak brání síla třecí a právě síla fixační. Proto je výhodou, pokud zajišťovací přípravky vyvolají fixační sílu a zároveň zvýší sílu třecí záměrným přitláčením nákladu k ložné ploše vozidla. Hodnotu potřebné fixační síly ještě ovlivňuje naklonění vozidla, kdy může vlastní tíha nákladu působit proti pohybu, ale může jej i podporovat. Při konstantním naklonění bude velikost síly rovněž konstantní, jen se při akceleraci a brzdění bude měnit její smysl. Vzhledem k malým sklonům dopravních cest se tato síla až na zvláštní případy zanedbává. Velikost potřebné fixační síly je tedy určena vztahem:

$$F_x = F_s - T \quad [N] \quad (6)$$

kde  $F_s$ ..... setrvačná síla [N]

$T$  ..... třecí síla [N]

Při výběru zajišťovacích přípravků musí řidič uvažovat maximální hodnotu fixační síly, které je dosaženo v nejnepříznivějších podmínkách, tj. setrvačné síly při prudkém brzdění, kdy je mezi nákladem a ložnou plochou minimální tření.

## **1.4. Požadavky na vozidlo a jeho nastavbu**

### **1.4.1. Maximální dovolené hmotnosti vozidel**

Hodnoty maximálních dovolených hmotností si určuje každý stát samostatně dle vlastních potřeb. V rámci Evropy se od sebe ale tyto hodnoty příliš neliší. V České republice upravuje maximální dovolené hmotnosti silničních vozidel a jejich rozdělení na jednotlivé nápravy vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2002 Sb., konkrétně §15. Hodnoty platné v České republice uvádí Příloha A.

### **1.4.2. Maximální dovolené boční zatížení nástavby**

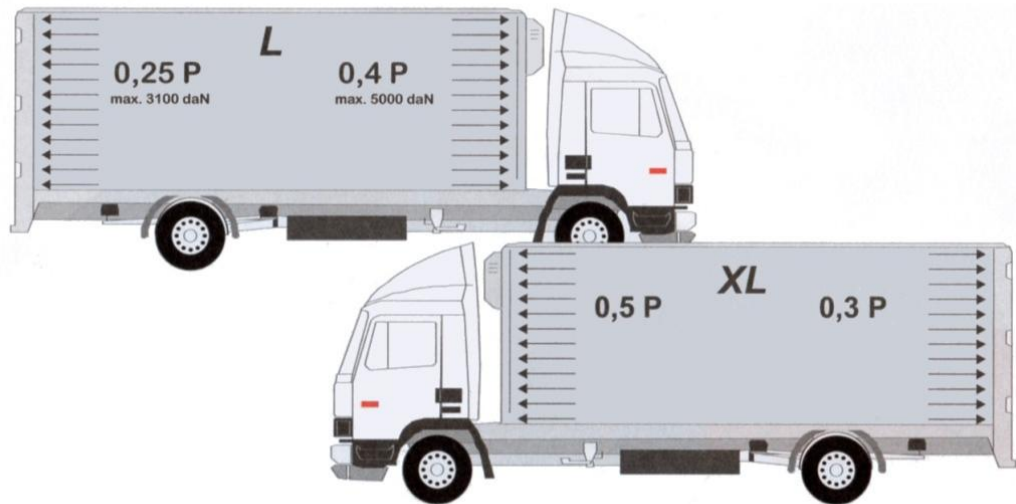
Maximálním možným bočním zatížením nástavby se zabývá norma ČSN EN 12 642. Ta stanovuje minimální požadavky na konstrukci nástavby tak, aby se bez poškození podílela na zajištění nákladu za využití tvarového styku. Norma rozeznává dva druhy nástaveb:

- Standardní (L) – Nástavba pouze napomáhá zajištění nákladu. Stále je nutné přídavné jištění ve formě uvazovacích popruhů, klínů apod.
- Zesílená (XL) – U nástavby je konstrukcí (zesílené sloupky, plachta, boční latě) zvýšena její pevnost. Pokud je vozidlo naloženo plně a s tvarovým stykem, není potřeba dalšího jištění.

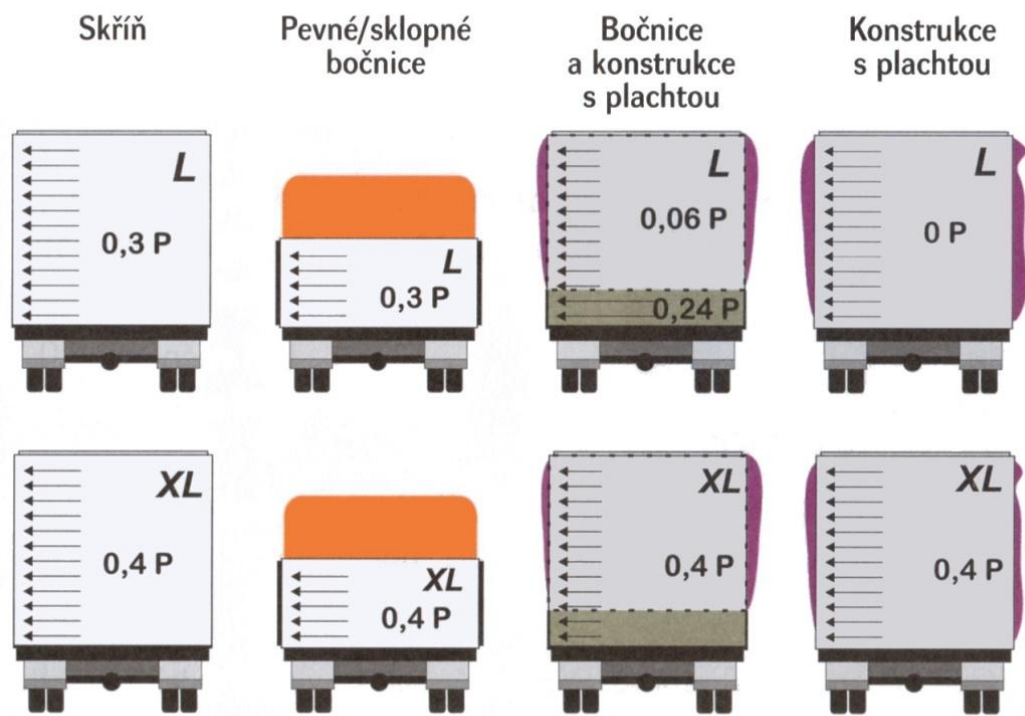
Vozidlo splňující požadavky ČSN EN 12 642 XL dostane certifikát, jehož potvrzení spolu se servisní knížkou musí mít řidič u sebe. Certifikát je platný 12 měsíců od uvedení vozidla do provozu a po uplynutí této doby musí být jeho platnost prodloužena autorizovaným servisem na dalších 12 měsíců.<sup>[9]</sup> Dovolené zatížení pro oba typy nástaveb podle EN 12 642 uvádí obrázek 4.



### ČELNÍ A ZADNÍ STĚNA



### BOČNÍ STĚNY



P = užitečná hmotnost vozidla

Obrázek 4 – Maximální dovolené boční zatížení nástavby [2]

## **2. Zabezpečení přepravovaného nákladu**

Náklad se zabezpečuje kvůli zvýšení bezpečnosti provozu na silničních komunikacích a snížení rizika poškození nákladu během přepravy. Z hlediska zabezpečení nákladu je nejdůležitější fáze balení a naložení nákladu na vozidlo. Obal nákladu by měl respektovat rozměry zboží a poskytovat jeho dostatečnou ochranu proti poškození. Při nakládání by se pak mělo postupovat v takovém pořadí, že náklad pro poslední místo vyložení je naložen jako první, aby se při jednotlivých vykládkách náklad nemusel přesouvat. Zároveň je třeba dbát na to, aby těžké a tuhé kusy byly naloženy dospod, a respektovat zatížitelnost vozidla.

### **2.1. Uložení nákladu**

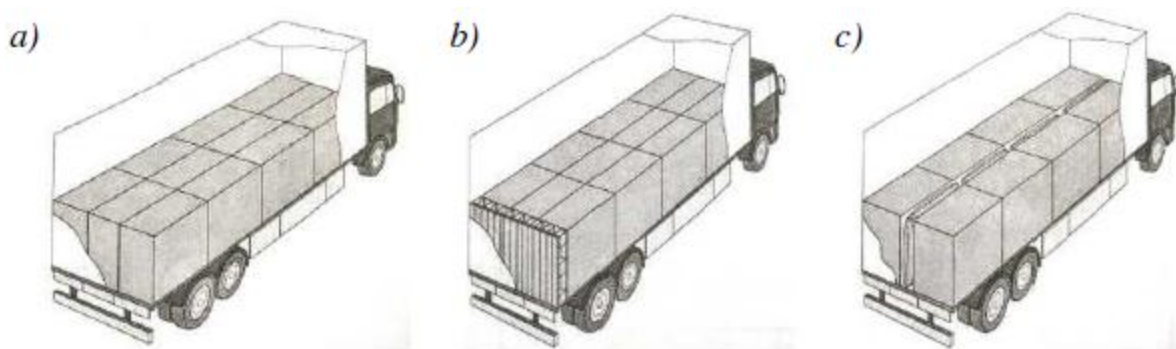
Náklad by se po celou dobu přepravy neměl, i přes působení setrvačných sil, hnout z místa, na kterém byl při nakládání uložen. Hovoří se poté o nepohyblivém uložení nákladu. Tento typ uložení nelze uvažovat při převozu sypkých substrátů a tekutin.

#### **2.1.1. Kompaktní způsob uložení**

O kompaktním uložení se jedná tehdy, pokud náklad tvoří spolu s nástavbou vozidla kompaktní celek. Náklad je naložen tak, že mezi jednotlivými kusy zboží, případně mezi zbožím a nástavbou, nejsou žádné, nebo jen minimální (do 3 cm) mezery.<sup>[7]</sup> Pokud nejde zajistit souvislé rozložení od čela k čelu nebo od strany ke straně, musí řidič využít prostředků k vytěsnění mezer (volné palety, vzduchové vaky, pěnová hmota, přepažení, atp.).

Z popisu vyplývá, že kompaktní uložení vyžaduje více kusů přepravovaného zboží. Ideální je, pokud se jedná o zboží stejného typu uložené ve stejných obalech, jako jsou paletové jednotky, přepravní bedny nebo barely. Zároveň je vhodné, aby nástavba vozidla splňovala požadavky normy ČSN EN 12 642 XL kvůli zvýšenému zatěžování stěn, o které je náklad opřen. Toto uložení nelze použít u vozidel s nástavbou bez bočnic pouze s plachtou, která splňuje pouze normu ČSN EN 12 642 L, protože tato konstrukce nesmí být bočně zatěžovaná.

Princip kompaktního způsobu uložení nákladu je zobrazen na obrázku 5.

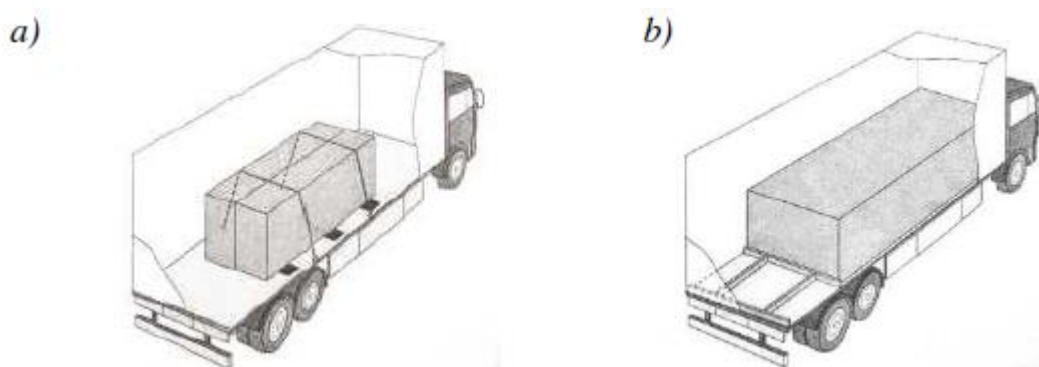


**Obrázek 5** – Kompaktní způsob uložení nákladu [7]

- a) Uložení bez mezer
- b) Mezera na konci nákladu vyplněná dřevěnými paletami
- c) Mezera ve středu vyplněná vzduchovými vaky

### 2.1.2. Tuhý způsob uložení

Tuhý způsob uložení nákladu se využívá tehdy, pokud přepravovaný náklad nelze naložit tak, aby vytvořil kompaktní celek, například kvůli tvarové rozličnosti nebo nedostatečného počtu kusů zboží. Náklad je opět uložen tak, že se nemůže pohybovat, tentokrát se ale k jeho znehybnění musí použít zajišťovací přípravky. Tyto přípravky musí zachytit setrvačné síly ve všech směrech. Náklad může být i v tomto případě opřen o nástavbu vozidla, zajišťovací přípravky poté přenáší pouze část setrvačných sil. Příklady tuhého způsobu uložení nákladu jsou zobrazeny na obrázku 6.



**Obrázek 6** – Tuhý způsob uložení nákladu [7]

- a) Zajištění nákladu pomocí protiskluzových podložek a vázacích přípravek
- b) Znehybnění nákladu opřením o čelní a boční stěnu, vzadu opření o zadní stěnu pomocí opěrného dřevěného rámu

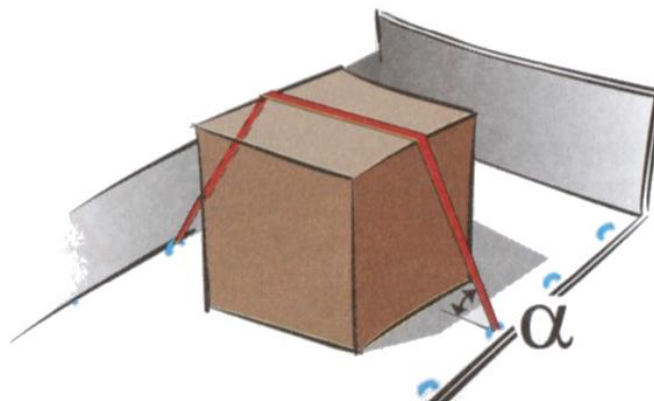
## 2.2. Zabezpečení nákladu na vozidle

U tuhého uložení nákladu se musí použít zabezpečovací přípravky, aby se zabránilo pohybu zboží. U kompaktního uložení nákladu je pohybu bráněno automaticky, přesto může být přidavné zabezpečení nutné, například pokud by setrvačné síly byly větší, než dovoluje konstrukce nástavby.

### 2.2.1. Silové zajištění

U silového zajištění se využívá silového styku mezi ložnou plochou vozidla a přepravovaným nákladem. Úkolem tohoto typu zajištění je zvětšení třecí síly. Toho je dosaženo buď zvýšením normálové síly přitlačením nákladu k ložné ploše pomocí předepnutí vázacích přípravků, nebo přidavnou podložkou, která zvětší součinitel smykového tření. Hodnota třecí síly při silovém zajištění nákladu musí být minimálně tak velká, jako maximální možná hodnota síly setrvačné.

Mezi nejčastěji používané metody nejen silového zajištění nákladu patří přivázání pomocí vázacích přípravků. Podle výzkumu je takto zajištěno až 85% přepravovaných nákladů.<sup>[7]</sup> Tento typ zabezpečení má několik výhod – rychlost, flexibilitu a relativně nízké pořizovací náklady. Vyžaduje ovšem, aby zboží nebo jeho obal bylo dostatečně tuhé, jinak by mohlo dojít k poškození nákladu vlivem deformace v místě přivázání.



Obrázek 7 – Přivázání nákladu [2]

Vázací přípravek je s vozidlem spojen na každé straně v místě kotevního bodu a vede vrchem přes náklad. Předepnutí je vyvoláno pomocí napínacího zařízení, například ráčny. U přivázání se vlivem předepnutí zvyšuje normálová síla a tím síla třecí. Aby byl náklad jištěný i v případě poruchy vázacího přípravku, musí být použity vždy minimálně 2 přivázání, přičemž jednotlivá přivázání musí být předepnuta stejnou silou a umístěna nejméně 20cm od konce nákladu.<sup>[7]</sup>

Aby bylo zajištění přivázáním co nejefektivnější, musí být vázací přípravek napnut na sílu, která je uvedena na jeho štítku, a úhel mezi ložnou plochou vozidla a vázacím přípravkem musí být co největší. Sílu předepnutí určuje výrobce podle typu (pevnosti) vázacího přípravku a schopnosti napínacího zařízení a na štítku popruhu bývá označena jako  $S_{TF}$  (Standard tension force). Na štítku bývá dále napsaná síla, kterou je potřeba maximálně vyvinout na páku ráčny, aby došlo k řádnému předepnutí. Tato síla je uvedena jako  $S_{HF}$  (Standard hand force).

Jelikož je síla předepnutí při správné montáži vždy stejná, velikost přitlačné síly nejvíce ovlivňuje fixační úhel  $\alpha$ . Ten se měří mezi ložnou plochou vozidla a vázacím přípravkem (Obrázek 7). Přivázání je nejúčinnější pokud se úhel blíží  $90^\circ$ . Se zmenšujícím se úhlem klesá i přitlačná síla a je-li úhel menší jak  $30^\circ$ , je účinnost natolik nízká, že se musí použít jiná metoda zabezpečení.<sup>[2]</sup>

Přitlačná síla roste přímo úměrně s velikostí předepnutí. Jejich vzájemnou závislost zobrazuje tabulka 3.

Počet tun nákladu, jimž brání jeden úvaz v posunutí									
STF (daN)		300				500			
Úhel $\alpha$ ( $^\circ$ )		30	45	60	90	30	45	60	90
<b>Vpřed</b>									
Součinitel tření $\mu$	0,2	0,08	0,12	0,14	0,16	0,14	0,19	0,24	0,27
	0,3	0,15	0,21	0,25	0,29	0,24	0,35	0,42	0,49
	0,4	0,24	0,35	0,42	0,49	0,41	0,58	0,71	0,82
	0,5	0,41	0,58	0,71	0,82	0,68	0,96	1,18	1,36
	0,6	0,73	1,04	1,27	1,47	1,22	1,73	2,12	2,45
<b>Vzad a do stran</b>									
Součinitel tření $\mu$	0,2	0,19	0,26	0,32	0,37	0,31	0,44	0,54	0,62
	0,3	0,42	0,59	0,72	0,83	0,70	0,98	1,20	1,39
	0,4	1,11	1,57	1,93	2,22	1,85	2,62	3,21	3,71
	0,5	žádné riziko posunu							
	0,6	žádné riziko posunu							

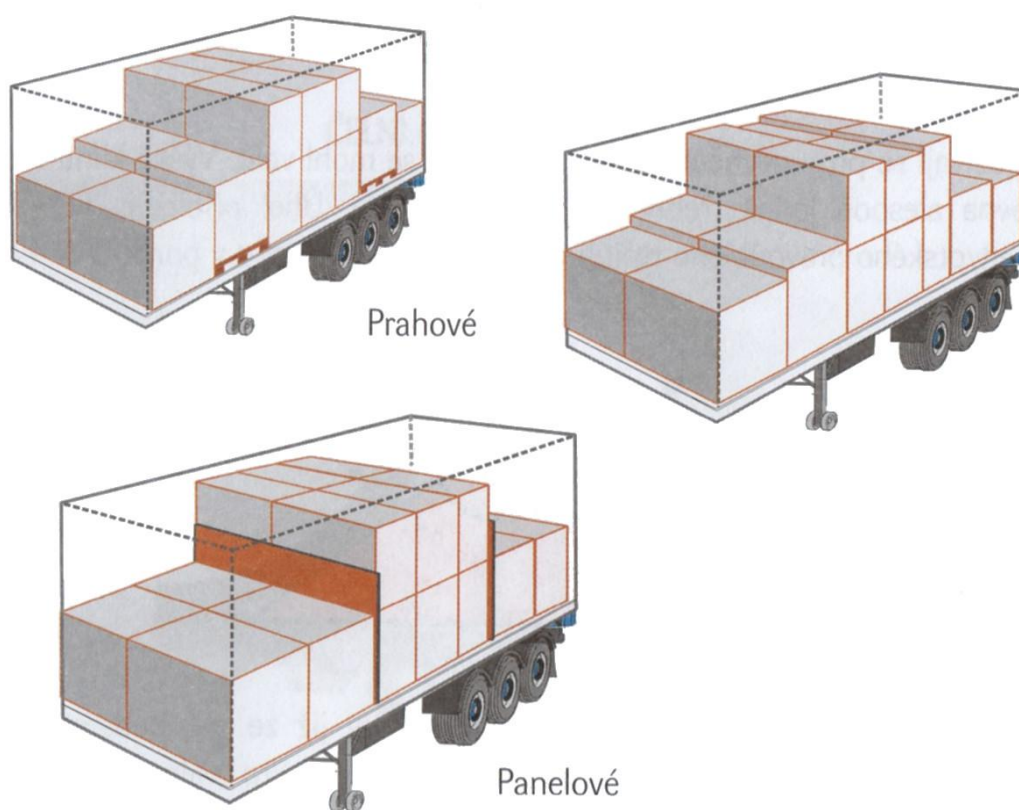
**Tabulka 3** - Vliv předpínací síly a fixačního úhlu při přivazování [2]

### 2.2.2. Zajištění blokováním

Při blokování je náklad zabezpečen tak, že se z nákladu a nástavby vytvoří kompaktní celek – náklad se přímo nebo přes zajišťovací přípravek dotýká čelní, boční a zadní stěny nástavby. Před použitím této metody zabezpečení je nutné opět přihlédnout k dovolenému zatížení bočních stěn nástavby.

Ve směru vpřed nesmí být žádný volný prostor, mezi nákladem a přední stěnou nástavby musí být pevná vazba. Ve směru do boku, nebo vzad by celkový volný prostor neměl být větší než 15 cm (výška EUR palety). Je-li prostor větší, musí být vyplněn prostřednictvím palet, vzduchových vaků, rozpěrných tyčí apod., nebo být náklad zajištěn kurty, řetězy, lany.<sup>[2]</sup>

V případě uložení nákladu ve více vrstvách je nutné zablokovat i zboží uložené v horní vrstvě. Pokud jsou některé kusy převáženého zboží vyšší, můžou se použít k přehrazení. Jestliže vyšší kusy nejsou k dispozici, musí se výška zboží uměle navýšit například položením na palety, nebo prostor přepažit panelem. Když po zablokování nákladu hrozí riziko překlopení nákladu například vlivem vysoko umístěného těžiště, musí být náklad také přivázán.



**Obrázek 8** – Způsoby blokování horní vrstvy nákladu [2]

### 2.2.3. Zajištění uvázáním

U této metody je náklad zabezpečen pouze pomocí vázacích přípravků. Vázací přípravky musí mít dostatečnou pevnost v tahu. Maximální dovolená tažná síla bývá uvedena na štítku jako LC (Lashing capacity) a udává se v jednotkách daN. Přípravek, u kterého je uvedeno LC = 2500 daN tedy udrží zátěž 2500 kg v přímém tahu.

Při uvazování je vázací přípravek na jedné straně připevněn ke kotevnímu bodu na vozidle a druhým koncem je pevně spojen s nákladem. Přípravek musí být napnut jen tak, aby nebyl prověšen. Jakékoliv další předeptnutí pouze snižuje únosnost vázacího přípravku. Pokud by měl například přípravek  $LC = 2500 \text{ daN}$  a řidič jej plně napnul ráčnou s hodnotou  $S_{TF} = 500 \text{ daN}$ , snížil by maximální dovolenou tažnou sílu v přípravku na  $2000 \text{ daN}$ , tedy o 20%.

Rozeznávají se celkem čtyři základní druhy uvázání:

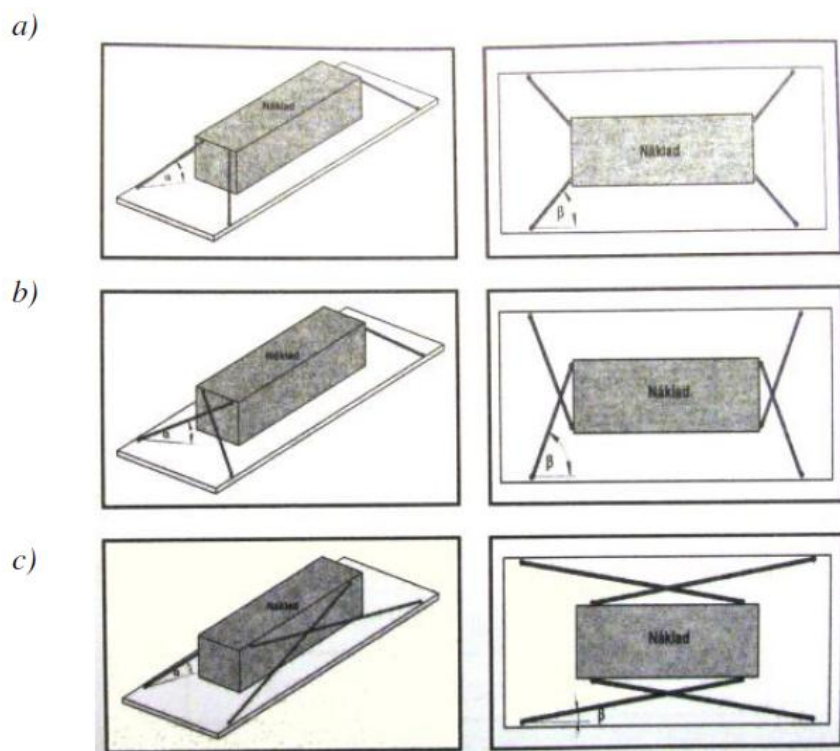
- diagonální
- šikmé
- smyčkou
- smyčkou přes hranu

### ***Diagonální uvazování***

Pro tuto metodu jsou nutné čtyři vázací přípravky, čtyři kotevní body na vozidle a čtyři kotevní body na nákladu. Každý vázací přípravek poté spojuje jeden kotevní bod nákladu s jedním kotevním bodem vozidla. Podle rozmístění a polohy vázacích přípravků se rozlišují tři varianty diagonálního uvázání<sup>[7]</sup>:

- přímé diagonální uvázání (Obrázek 9 a)
- čelní diagonální uvázání (Obrázek 9 b)
- boční diagonální uvázání (Obrázek 9 c)

Účinnost této metody je nejvíce ovlivněna polohou vázacího přípravku. Tu popisují vázací úhly. Jedná se o úhel  $\alpha$  mezi ložnou plochou vozidla a vázacím přípravkem ve svislé rovině a úhel  $\beta$  mezi stěnou nástavby a vázacím přípravkem ve vodorovné rovině (Obrázek 9). Protože úvaz zajišťuje zabezpečení nákladu ve všech směrech, může řidič špatným zvolením vázacích úhlů snížit fixační sílu v některém směru až téměř k nule. Nejnáchylnější je v tomto směru úhel  $\beta$ , kdy jeho zvýšením dojde k lepšímu příčnému zabezpečení na úkor zabezpečení podélného. Proto by se hodnota úhlu  $\beta$  měla pohybovat mezi  $30^\circ$  a  $60^\circ$  <sup>[2]</sup>. Totéž platí i pro úhel  $\alpha$  s tím, že ukotvení vázacích přípravků na břemeni musí být vždy nad těžištěm, aby během jízdy nemohlo dojít k převrácení nákladu. Přibližnou hmotnost nákladu, kterou zabezpečí čtyři diagonálně uspořádané úvazy, uvádí tabulka 4.



Obrázek 9 – Druhy diagonálního uvázání nákladu [7]

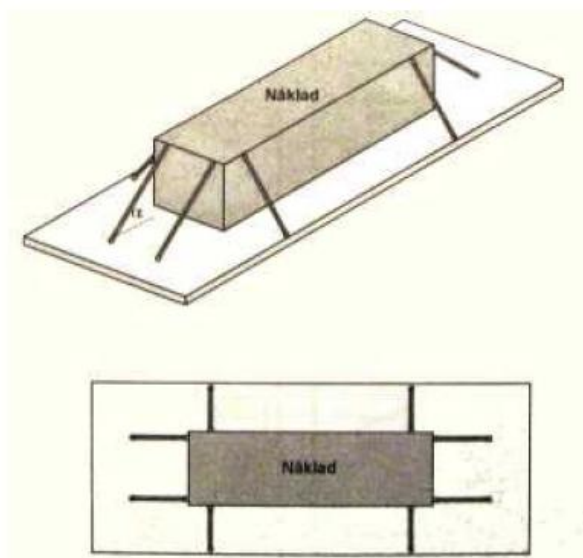
Počet tun nákladu, jimž brání čtyři diagonálně uspořádané úvazy v posunutí						
Součinitel tření $\mu$		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<b>Vpřed</b>						
LC (daN)	1200	1,43	1,89	2,49	3,31	4,47
	2500	2,98	3,94	5,20	6,89	9,32
	4000	4,77	6,31	8,31	11,03	14,91
	5000	5,96	7,89	10,39	13,79	18,63
<b>Vzad a do stran</b>						
LC (daN)	1200	2,66	3,96	6,24	11,25	31,30
	2500	5,53	8,24	12,99	23,44	65,21
	4000	8,85	13,19	20,79	37,50	104,34
	5000	11,06	16,49	25,98	46,87	130,42

Tabulka 4 – Dovolena hmotnost nákladu při diagonálním uvázání [2]

### Šikmé uvazování

Tato metoda je podobná metodě diagonálního uvazování. Oproti diagonální metodě ovšem vyžaduje dvojnásobek kotevních bodů a vázacích přípravků, protože každá strana nákladu je zabezpečena dvěma přípravky. Z důvodů vyšších časových ztrát při nakládce a vykládce a nároků na vybavení se tento typ uvazování v praxi příliš nepoužívá. Výhodou je naopak to, že má nižší nároky na pevnost kotevních bodů a únosnost vázacích přípravků.



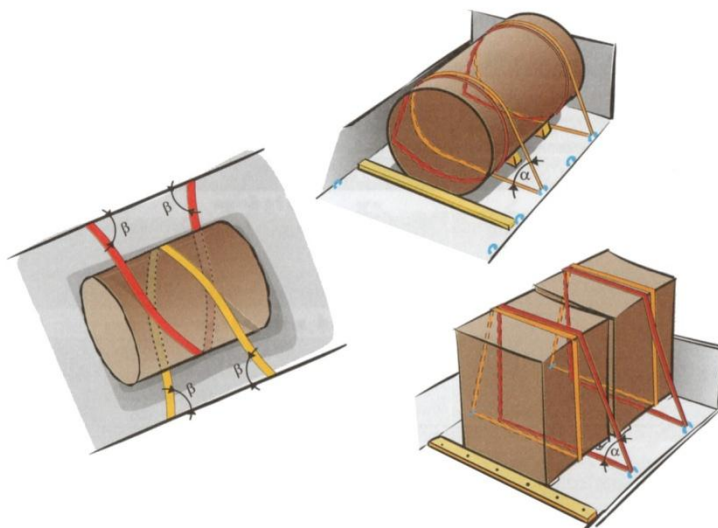


**Obrázek 10** – Šikmé uvázání nákladu [7]

### *Uvazování smyčkou*

U této metody uvazování je vázací přípravek veden z kotevního bodu na vozidle přes náklad zpět na stranu, jako leží první kotevní bod. Pokud nehrozí vytržení kotevního bodu vlivem přetížení, může se využít jeden bod pro oba konce vázacího přípravku. Z hlediska bezpečnosti jsou ale lepší dva na sobě nezávislé kotevní body. Je nutné použít nejméně jeden pár smyčkových úvazů (z každé strany jeden) na vrstvu nákladu. Pokud to situace dovoluje, je ale lepší použít dva páry, aby byl náklad jištěn i v případě přetržení jednoho z úvazů.

Výhodou této metody uvazování je, že na nákladu nemusí být žádné kotevní body. Nevýhodou je, že náklad je zabezpečen pouze v příčném směru a podélný směr se musí zabezpečit jiným způsobem.



**Obrázek 11** – Uvazání smyčkou [2]

Počet tun nákladu, jimž brání jeden pár smyčkových úvazů v posunutí do stran													
Úhel $\alpha$ (°)	30				60				90				
Součinitel tření $\mu$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	
LC (daN)	1200	7,50	10,54	17,23	43,99	6,24	8,97	14,99	39,07	4,15	6,16	10,59	28,31
	2500	15,62	21,96	35,89	91,65	12,99	18,69	31,23	81,39	8,64	12,83	22,06	58,98
	4000	24,99	35,13	57,43	146,64	20,79	29,91	49,97	130,22	13,82	20,53	35,30	94,36
	5000	31,24	43,91	71,79	183,30	25,98	37,38	62,46	162,77	17,28	25,67	44,12	117,95

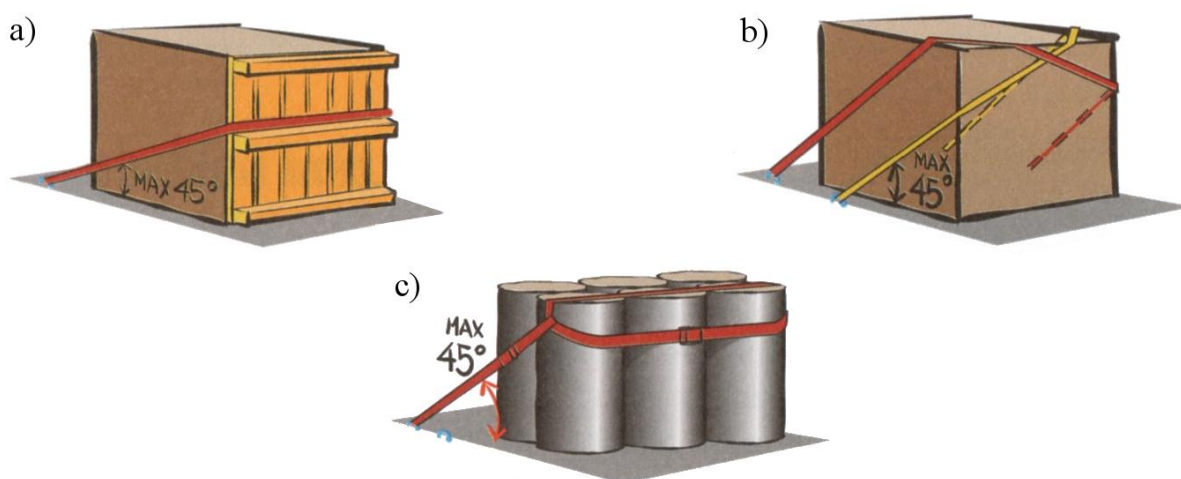
**Tabulka 5** – Dovolené hmotnosti nákladu při uvázání smyčkou [2]

### Uvazování smyčkou přes hranu

Uvazování smyčkou přes hranu je tvořeno jedním až dvěma vázacími přípravky, které smyčkou obepnou náklad a jsou s vozidlem spojeny na každé straně pomocí kotevních bodů. Stejně jako uvázání běžnou smyčkou blokuje uvázání smyčkou přes hranu náklad jen v jednom směru a to podélném. Tento typ úvazu nahradí blokování čelní stěnou v případech, kdy náklad nelze umístit až k čelu vozidla nebo možné setrvačné síly překračují síly dovolené nastavbou. Náklad musí být zabezpečen i v příčném směru, proto se v praxi používá kombinace uvázání smyčkou a smyčkou přes hranu, kdy dojde k zabezpečení ve všech směrech. Úhel mezi ložnou plochou vozidla a úvazem ve svislé rovině by měl být maximálně  $45^\circ$  [2], ale zároveň musí platit, že vázací přípravky obepínají náklad nad jeho těžištěm, aby nedošlo k jeho převrácení během jízdy.

Smyčku lze vytvořit pomocí<sup>[7]</sup>:

- palety, o kterou se náklad opře (Obrázek 12 a)
- speciálního ochranného rohu (Obrázek 12 b)
- kruhové jeřábové smyčky (Obrázek 12 c)



**Obrázek 12** – Druhy uvázání smyčkou přes hranu [2]

Počet tun nákladu, jimž brání jeden úvaz v posunutí						
Součinitel tření $\mu$		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<b>Vpřed</b>						
LC ( <i>daN</i> )	1200	2,70	3,28	4,03	5,05	6,50
	2500	5,63	6,84	8,40	10,52	13,55
	4000	9,01	10,94	13,45	16,84	21,68
	5000	11,27	13,68	16,81	21,05	27,10
<b>Vzad a do stran</b>						
LC ( <i>daN</i> )	1200	5,02	6,86	10,09	17,18	45,53
	2500	10,46	14,30	21,01	35,78	94,86
	4000	16,74	22,88	33,62	57,25	151,78
	5000	20,92	28,60	42,02	71,56	189,72

**Tabulka 6** – Dovolené hmotnosti nákladu při uvázání smyčkou přes hranu [2]

### 3. Přípravky pro zabezpečení nákladu

Mezi přípravky pro zabezpečení nákladu se řadí všechny druhy prostředků, které napomáhají zabezpečit náklad na ložné ploše vozidla. Může se jednat o fixní výbavu vozidla, jako jsou kotevní body nebo speciální klínovité podlahy pro převoz válcovitých nákladů, ale i přípravky k uvázání nákladu (popruhy, řetězy, lana), jeho blokování (rámy, vzduchové vaky, klíny) nebo ke zlepšení třecích vlastností ložné plochy (gumové podložky, aretační plechy).

#### 3.1. Kotevní body

Kotevní, nebo též vázací body slouží k upevnění vázacích prostředků na vozidlo. Upevnění v jiném místě není zákonem povoleno. Kotevní body jsou vždy pevně spojeny svářením nebo přišroubováním k nosné části vozidla, často přímo k rámu. Může se jednat o pevně umístěné body na vozidle, v poslední době se ale stále více rozšiřuje variabilní kotevní systém, který umožňuje mnohem větší flexibilitu při zabezpečování nákladu.

Kotevními body se zabývá norma ČSN EN 12 640. Kotevní body jsou povinné pro nákladní automobily a jejich přípojná vozidla s plochou konstrukcí ložné plochy s největší dovolenou hmotností nad 3,5 t určených pro všeobecné použití. Výjimku tvoří vozidla určená výhradně pro přepravu sypkých substrátů a vozidla přepravující specifické náklady, kde jsou specifické požadavky na fixaci nákladu.<sup>[7]</sup>

Kotevní body musí být schopné zachytit síly v příčném i podélném směru. Kvůli standardizaci s háky na vázacích prostředcích jsou definovány minimální rozměry – kotevní bod z kruhového profilu musí mít průměr nejméně 40 mm. Příčný průřez pak musí být dostatečně pevný, ale v příčném průřezu maximálně 18 mm.<sup>[3]</sup> Aby nedošlo k poškození kotevních bodů při nakládání nebo uměle nezmenšovaly ložnou plochu vozidla, nesmí v klidu zasahovat nad rovinu ložné plochy ani za přední čelní stěnu nástavby. V praxi je toho většinou dosaženo sklápěním ok k podlaze nebo jejich zasouváním do bočního profilu.

##### 3.1.1. Počet kotevních bodů a jejich rozmístění na vozidle

Doporučený počet kotevních bodů na vozidle se určuje podle vzorce z normy ČSN EN 12 640. Počet bodů vychází z užitečného zatížení vozidla a největší dovolené hmotnosti vozidla, která je zastoupena koeficientem pro tři odstupňované kategorie.

$$x = \frac{1,5 P}{k} \quad (7)$$

kde P..... setrvačná síla vyplývající z maximálního užitečného zatížení [daN]

k..... koeficient závislý na největší dovolené hmotnosti vozidla [-],

hodnoty viz tabulka 7

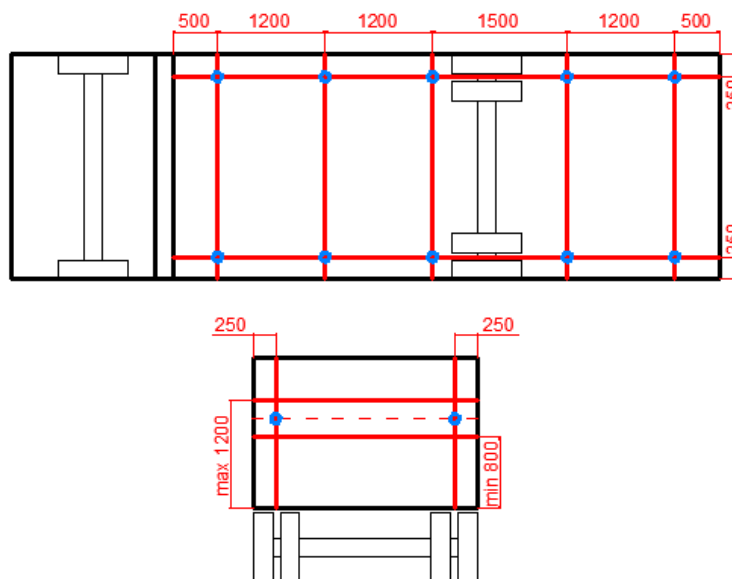
Největší dovolená hmotnost vozidla [kg]	k [-]
3500 - 7500	800
7500 - 12000	1000
nad 12000	2000

**Tabulka 7** – Koeficient k pro výpočet počtu kotevních bodů [3]

Po výpočtu doporučeného počtu kotevních bodů se následně určí jejich rozmístění na vozidle. I toto je určeno normou ČSN EN 12 640. Pokud s vypočteným doporučeným počtem kotevních bodů nelze dodržet jejich maximální rozestupy, musí dojít k navýšení počtu alespoň na nejbližší vyšší hodnotu, u které již rozestupy vyhovovat budou.

Od bočních stěn vozidla by měla být vzdálenost kotevních bodů co nejmenší, nejvíce však 250 mm. Od čelních stěn nesmí být ve vzdálenosti větší než 500 mm a každý následující bod musí být od předchozího vzdálen maximálně 1200 mm. Výjimku tvoří místo nad zadní nápravou, kde by tento požadavek mohl být nesplnitelný. Zde je limitní vzdálenost dvou kotevních bodů 1500 mm a běžných 1200 mm je pouze doporučeno.

Na přední stěně musí být symetricky umístěny nejméně dva kotevní body ve výšce 1000 mm ± 200 mm od vodorovné roviny ložné plochy. Od bočních hran čelní stěny musí být vzdálenost opět co nejmenší, maximálně ale 250 mm.<sup>[3]</sup>



**Obrázek 13** – Limitní vzdálenosti rozmístění kotevních bodů v mm

### 3.1.2. Pevnost kotevních bodů

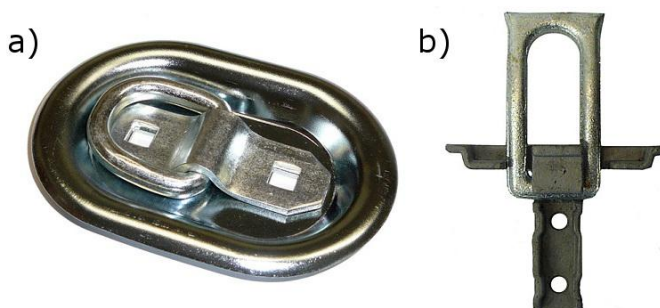
Požadavek na minimální pevnost kotevních bodů je určen normou ČSN EN 12 640. Body na čelní stěně nástavby musí mít minimální pevnost vždy 10 kN, tj. 1000 daN. Hodnoty pro kotevní body umístěné po stranách ložné plochy uvádí tabulka 8.

Největší dovolená hmotnost vozidla [kg]	Dovolené zatížení v tahu
3500 - 7500	8 kN = 800 daN
7500 - 12000	10 kN = 1000 daN
nad 12000	20 kN = 2000 daN

**Tabulka 8** – Dovolené zatížení kotevních bodů v tahu [3]

### 3.1.3. Pevný a variabilní kotevní systém

Pevné kotevní body jsou rozmístěny v daných intervalech relativně daleko od sebe. Jedná se o oka s miskou pro montáž do podlahy ložné plochy vozidla (Obrázek 14 a) nebo vytahovací oka do bočních profilů nástavby (Obrázek 14 b).



**Obrázek 14** – Pevné kotevní body [10]

Variabilní systém ukotvení umožňuje mnohem pružněji reagovat na potřeby zabezpečení nákladu. Systém je většinou tvořen lištou nebo kolejnicí, která je umístěna na krajní boční hraně nástavby. Tato lišta obsahuje předem odstupňované otvory v krátkých intervalech, nebo plně variabilní uchycení vázacích přípravků.



**Obrázek 15** – Variabilní kotevní systém [9]

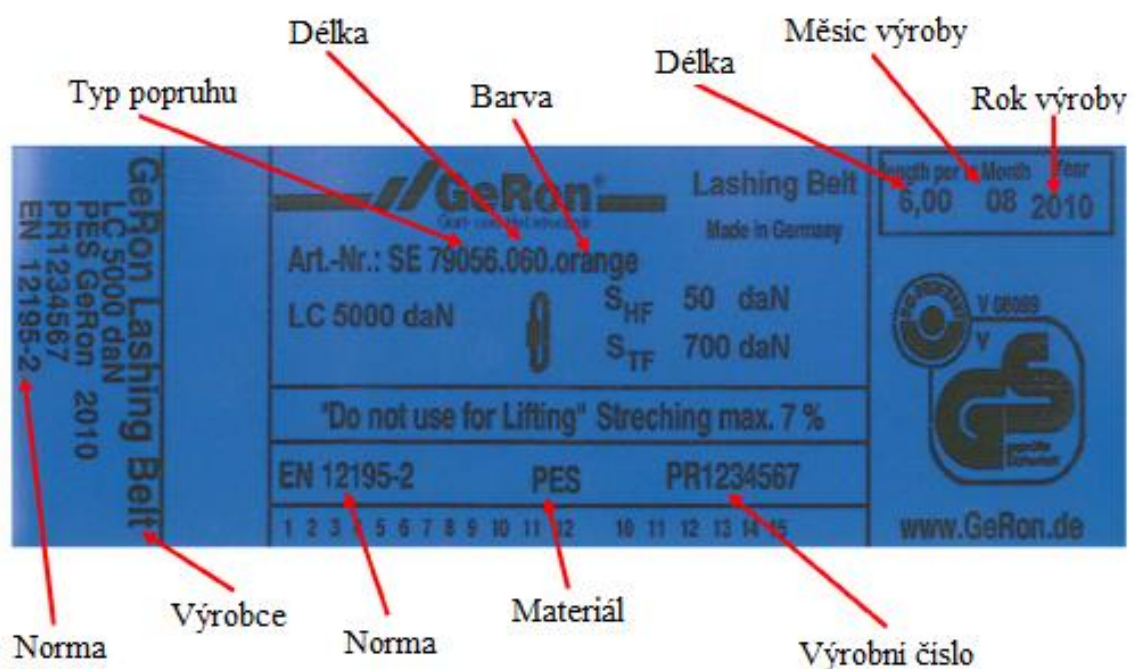
### 3.2. Vázací přípravky

Vázací přípravky spojují náklad s vozidlem přes kotevní body a tím jej zabezpečují. Skládají se z vlastní nosné části (popruh ze syntetické tkaniny, řetěz, ocelové lanko), prvků pro spojení s kotevními body (háky, oka) a napínacího zařízení (ráčna, šroub). V praxi se nejčastěji používají popruhy ze syntetické tkaniny, většinou polyesteru, s háky na koncích a napínacím zařízením ve formě ráčny.

Aby mohly být vázací přípravky použity, musí být všechny jejich části v dobrém technickém stavu, nesmí být viditelně poškozeny, musí mít na sobě čitelný identifikační štítek a pokud se použije víc jak jeden přípravek, tak by jejich napínací zařízení měly být uspořádány střídavě na opačných stranách nákladu.<sup>[2]</sup>

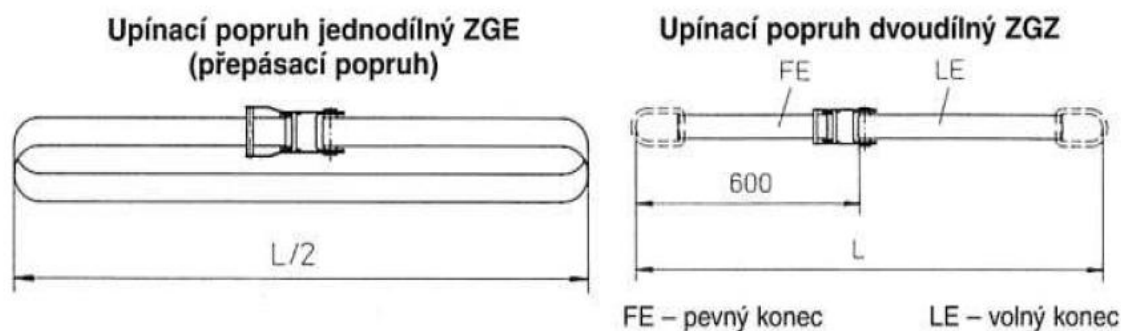
#### 3.2.1. Přivazovací popruhy

Upínací popruhy se skládají z napínacího zařízení, vlastního popruhu, případně spojovacích prvků. Každý popruh musí být označen identifikačním štítkem (Obrázek 16). Štítek musí obsahovat název výrobce, datum výroby, dovolenou tahovou sílu LC, systémovou  $S_{HF}$  a předepínací  $S_{TF}$  sílu, druh materiálu, dovolenou průtažnost v %, atest a případně další pokyny. Není-li popruh řádně označen nebo jsou údaje nečitelné, nesmí se použít. Dále se popruh nesmí použít, pokud je poškozen (natržen, zauzlován, je poškozeno napínacího zařízení a podobně).<sup>[7]</sup>



Obrázek 16 – Identifikační štítek přivazovacího popruhu [11]

Podle konstrukce se rozlišují dva druhy přivazovacích popruhů – jednoduchý a dvoudílný (Obrázek 17).



**Obrázek 17** – Druhy konstrukce vázacích popruhů [7]

Potřebná předepínací síla je vyvozena napínacím zařízením ve formě ráčny. Jedná se o páku s rukojetí na otočném hřídeli s rohatkou a západkou, které zabezpečí udržení předepnutí i po uvolnění páky. Jelikož je u velmi těžkých nákladů nutné větší předepnutí (několik set *daN*), ale maximální síla na konci páky vyvolaná řidičem je omezena na 50 *daN*, musí se měnit délka této páky a tedy i konstrukce celé ráčny.



**Obrázek 18** – Konstrukční typy napínacích zařízení [11]

### 3.2.2. Přivazovací řetězy

Řetězy se používají v případech, kdy by u popruhů hrozilo jejich přetržení, například u velmi těžkých nákladů. V praxi se s uvázáním řetězy lze nejčastěji setkat u přepravy těžkých stavebních vozidel a podobných těžkých strojů.

Háky nebo oka na koncích vázacího přípravku jsou pevně spojeny s řetězem. Blízko jednoho konce je umístěn napínací mechanismus, který je většinou tvořen samosvorným šroubem, jehož otáčením dochází ke zkracování délky napínačku a tedy vytvoření předepínací síly. Jelikož je délka řetězu konstantní, musí být přípravek vybaven systémem pro jeho



zkrácení – vsunutím článku řetězu do háčku vznikne volná smyčka. Samozřejmostí je identifikační štítek s informacemi o možném použití řetězu, výrobcí a atestem.



**Obrázek 19** – Zajištění těžkého svitku plechu řetězy [9]

### **3.2.3. Ostatní druhy vázacích přípravků**

Ostatní druhy vázacích přípravků se v praxi používají jen zřídka. Prakticky všechny druhy pracují na stejném principu a liší se jen nosnou částí. Přípravky jsou vždy na koncích vybaveny prvky pro spojení s vozidlem přes jeho kotevní body, a dále napínacím mechanismem, který zabezpečuje vytvoření předpětí.

Mezi vázací přípravky se ještě řadí:

- přivazovací ocelová drátěná lana
- polyesterové vázací pásy
- ocelové dráty
- provazy

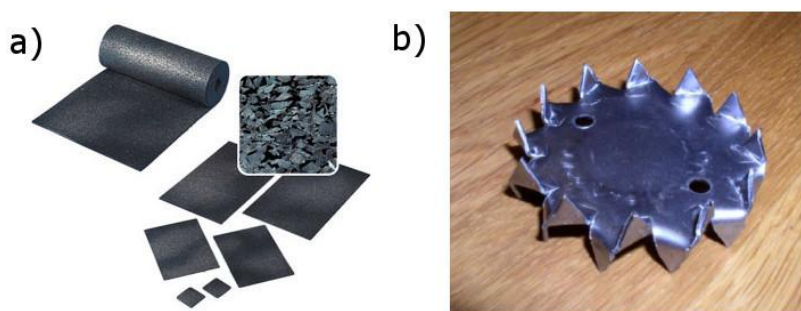
### **3.3. Pomocné zajišťovací přípravky**

Pomocné přípravky samy o sobě náklad nezajišťují, ale pouze napomáhají jiným metodám zabezpečení nákladu, jako je blokování nebo přivázání, tím, že zlepšují třecí podmínky mezi ložnou plochou vozidla a nákladem, částečně náklad blokují nebo snižují potřebný počet vázacích přípravků.

### 3.3.1. Protiskluzové podložky

Jejich úkolem je zvýšit součinitel smykového tření mezi ložnou plochou vozidla a nákladem, aby při stejné hmotnosti bylo dosaženo větší třecí síly a tedy menšího nároku na sílu fixační. Podložky se pod náklad volně podkládají, můžou být lepeny anebo na sobě mají ostré výstupky, kterými se zařezou do palety a podlahy vozidla.

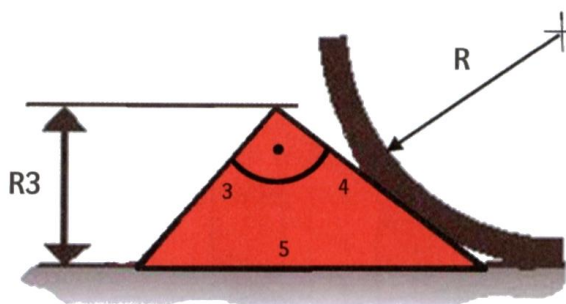
Nejčastěji se používají gumové podložky (Obrázek 20 a), které nepoškozují náklad ani podlahu vozidla a zvyšují součinitel tření až na hodnotu 0,8 (protiskluzová podložka TRANSPORTFOAM firmy Excolo). Použitím aretačních plechů (Obrázek 20 b) dochází k nevratnému poškození podlahy vozidla, proto se nepoužívají často. Pokud je podlaha kovová, pomůžou zvýšit součinitel tření i obyčejná dřevěná prkna.



Obrázek 20 – Protiskluzové podložky [5]

### 3.3.2. Klíny a zarážky

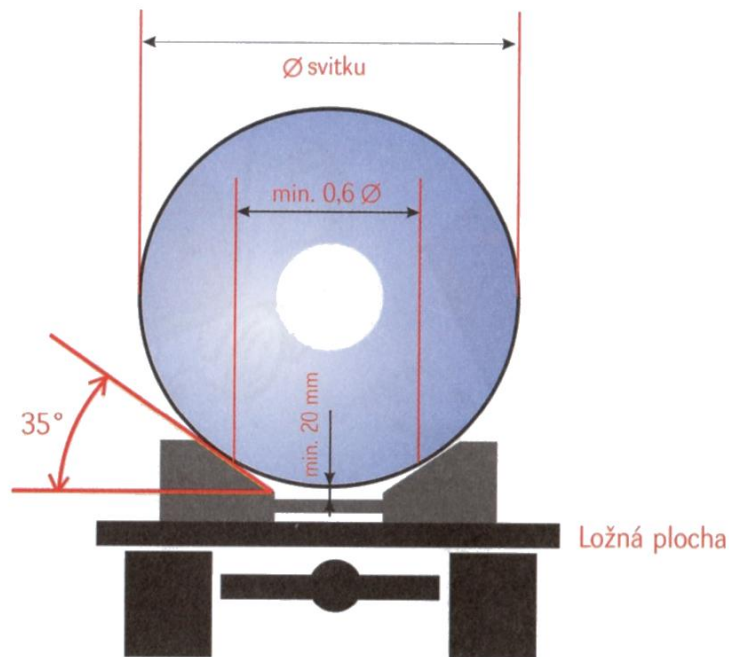
Používají se pro zajištění nákladu, u něhož hrozí riziko posunutí valením – náklad s kruhovým nebo eliptickým průřezem, jako jsou různé trubky a svitky. Klíny můžou být vyrobeny z různých materiálů, jako je kov, dřevo nebo umělá hmota. Průřez klínu mívá tvar trojúhelníku s délkami stran v poměru 3 : 4 : 5.



Obrázek 21 – Poměry stran klínu [2]

Výška klínu musí být rovna alespoň jedné třetině poloměru nákladu. Pro přepravu válcových předmětů o hmotnosti od čtyř do deseti tun se doporučuje použít minimálně

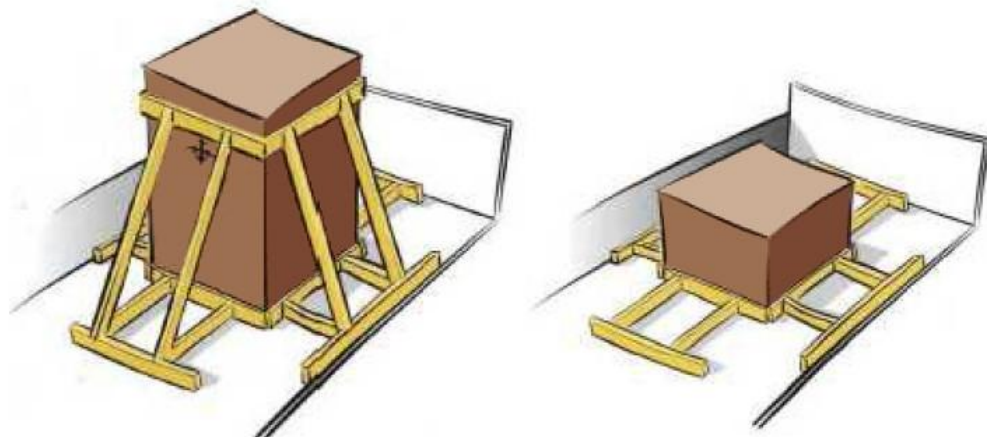
klínovou podložku (Obrázek 22). Pro těžší náklady se doporučuje použití speciálního vozidla s „korytem“.<sup>[2]</sup>



Obrázek 22 – Klínová podložka pro převoz válcových nákladů [2]

### 3.3.3. Zajišťovací trámy a dřevěné rámy

Zajištění pomocí dřev a dřevěných rámu je realizováno buď zapřením konstrukce o stěny vozidla, nebo přitlučením trámů k podlaze pomocí hřebíků. Druhý způsob zajištění je možný jen v případě dřevěné podlahy, dochází navíc k jejímu nevratnému poškození. Dřevěné trámy by měly být z měkkého dřeva a bez větších trhlin a suků pro snížení rizika zlomení. Konstrukce rámu musí být vysoká natolik, aby nemohlo dojít k převrácení nákladu. Pokud je nižší, musí být náklad také přivázán.



Obrázek 23 – Zajištění nákladu pomocí dřevěných rámu [2]

### 3.3.4. Fixační výplně

Fixační výplně se používají u kompaktního uložení nákladu, pokud vzniknou velké mezery mezi jednotlivými kusy zboží. Výplně tento prostor vymezi a zabrání možnému posunu zboží. Jako výplň lze použít vzduchové vaky, papírové nebo umělohmotné podušky a pokud není k dispozici ani jeden speciální přípravek, lze použít i volné palety.

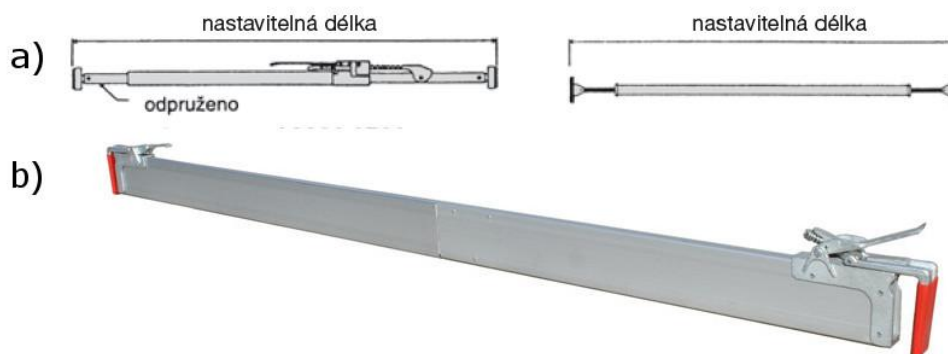
Výplně se můžou také použít při přepravě křehkého nákladu pro snížení vibrací a rázů způsobených jízdou, čímž napomáhají snížit riziko poškození nákladu během přepravy.



Obrázek 24 – Vyplnění mezery v kontejneru vzduchovým vakem [5]

### 3.3.5. Rozpěrné tyče a zábrany

Rozpěrné tyče a zábrany přepažují nákladní prostor vozidla a brání lehkému nákladu v pohybu. Umísťují se tak, aby bránily pohybu vzad (menší faktor zrychlení). Rozpěrné tyče (Obrázek 25 a) mají pumpovací mechanismus nebo šroubení, kterým se roztáhnou a svými konci se zapřou o stěnu nákladní skříně. Rozpěrné zábrany (Obrázek 25 b) mají na obou svých koncích upínací mechanismus, jehož pomocí se připnou k bočnici nebo podélným latím mezi středovými sloupky. Zábrany i tyče tedy mají stejný účel, ale používají se u různých typů nástaveb.



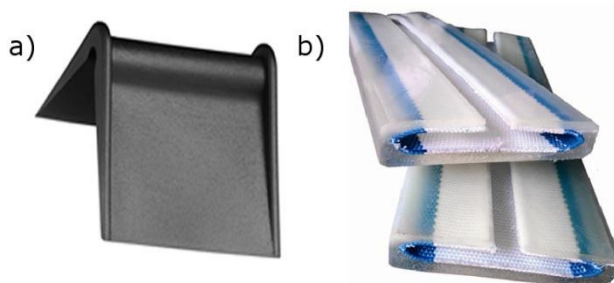
Obrázek 25 – Rozpěrné tyče a zábrany [12]

### 3.3.6. Ochranné pomůcky

Hlavní úlohou ochranných pomůcek je zabránit poškození zajišťovacích přípravků při jejich používání. K poškození přípravku by mohlo dojít například v případě vedení popruhu přes ostrou hranu nákladu, nebo pokud by se na nákladu vyskytovaly otřepy.

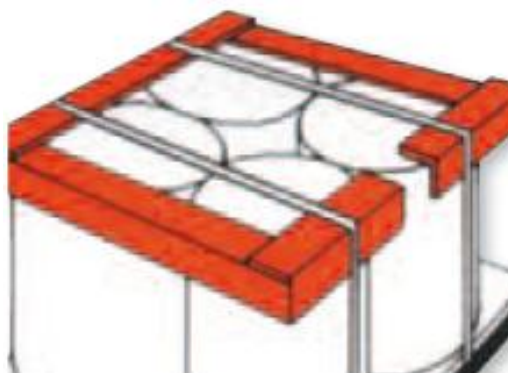
Tuto ochranu nejčastěji zajišťují ochranné rožky (Obrázek 26 a). Ty mohou být vyrobeny z plastu, papíru nebo kovu. Díky využití těchto materiálů dojde ke snížení tření mezi nákladem a vázacím popruhem a předepnutí vyvolané napínacím mechanismem je rovnoměrněji rozloženo na obě strany úvazu. Zároveň je přitlačná síla rozložena do větší plochy, čímž se sníží riziko poškození měkkého nákladu přivázáním, například promáčknutím.

Druhou možností jsou ochranné návleky (Obrázek 26 b) vyrobené z plastu nebo textilu, kterými se prostrčí vázací popruh. Ty však pouze ochraňují popruh před ostrými hranami, rozložit přitlak na náklad příliš nepomáhají.



**Obrázek 26** – Ochranné pomůcky [13]

Ochranné rožky mohou také snížit počet požadovaných úvazů v případě, že je náklad tvořen velkým množstvím stejného druhu zboží (bedny, barely), které je ale dostatečně lehké. Pokud si řidič vyrobí dlouhý rožek například z dřevěných latí, může požadovaný počet úvazů klesnout teoreticky až na polovinu, protože je pak nutné jistit pouze první a poslední kus a mezi nimi každý druhý.<sup>[2]</sup>



**Obrázek 27** – Snížení počtu úvazů díky ochranným rožkům [12]

## 4. Experiment na sklopné plošině

Cílem experimentu bylo změřit prodloužení textilního úvazu v závislosti na fixační síle, kterou přenáší. Zároveň by měl experiment ověřit pozitivní vliv protiskluzové podložky a negativní vliv poškození uvazovacího přípravku. Z důvodu nedostatečného vybavení pro dynamické zkoušky jsem se rozhodl pro zkoušku statickou, kdy budu na sklopné plošině sklápět břemeno, které bude simulovat náklad a bude jištěno dvěma úvazy. Jeden úvaz bude v pořádku a druhý bude záměrně naříznutý přes 25% průřezu. Na obou úvazech potom budou svěrně spojeny měřicí body, na kterých budu vždy po určitém úhlu naklopení odečítat prodloužení úvazu. Celý proces naklopení provedu dvakrát – jednou bude břemeno položeno přímo na sklopné plošině a podruhé pod něj umístím protiskluzové podložky.

Při výběru břemena simulujícího náklad jsem se snažil o to, aby mělo lehce a relativně přesně zjistitelné umístění těžiště, bylo dostatečně těžké, aby natažení úvazů bylo co největší, ale zároveň se s břemenem muselo dát manipulovat kvůli dopravě na místo s plošinou a podložení protiskluzovými podložkami. Z těchto důvodů jsem se rozhodl pro použití IBC kontejneru naplněného vodou. Při naplnění až po horní okraj je jeho těžiště v geometrickém středu a váha jedné tuny umožňuje simultánní měření dvou textilních uvazovacích přípravků s dovoleným zatěžováním 400 *daN*.

Jako uvazovací přípravky jsem zvolil polyesterové popruhy HRL0825A od firmy ROPES-CHAINS s.r.o, jejichž nejvyšší dovolené zatěžování v přímém tahu je 400 *daN*, dovolené prodloužení je maximálně 5% a ráčna vyvolá předpětí 120 *daN*.

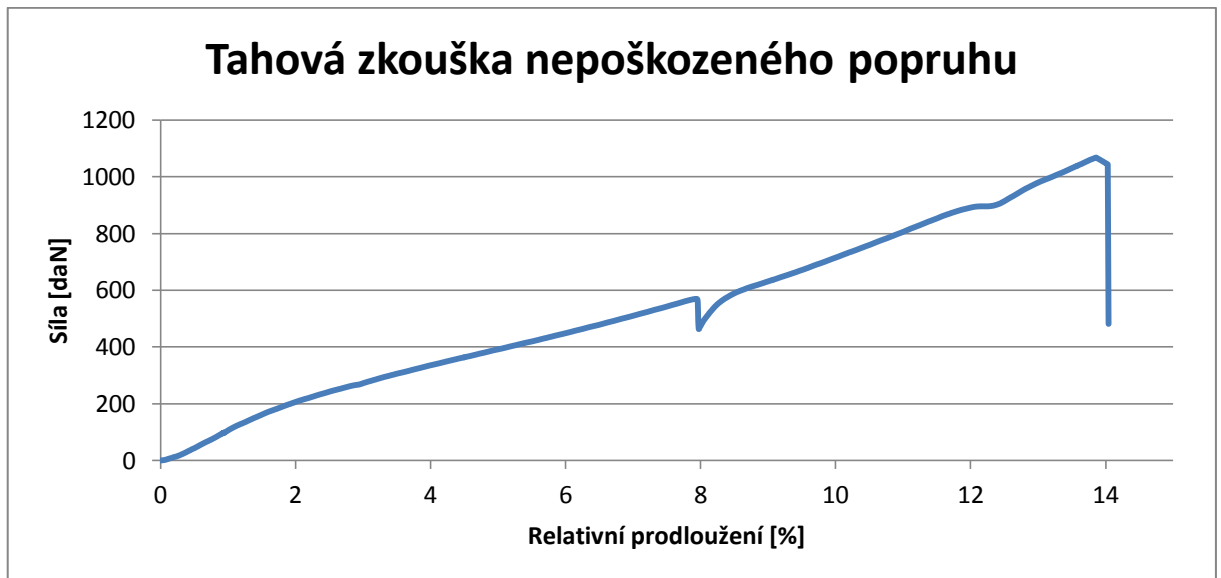
### 4.1. Tahová zkouška

Abych zjistil vzájemnou závislost mezi prodloužením úvazu a přenášenou silou, rozhodl jsem se pro tahovou zkoušku uvazovacích popruhů. Zkouška byla provedena pod dohledem pana doc. Ing. Pavla Švandy, Ph.D. na trhačce z vybavení VVCD Doubravice.

Jako vzorek sloužil ústřížek uvazovacího popruhu, který jsem později použil v experimentu. Při zkoušení pevnosti textilu je potřeba speciálních čelistí, které jej sice zafixují, ale nepoškodí svými výstupky v místě upnutí. Jelikož VVCD tyto speciální čelisti pro upnutí textilu do trhačky nemá, využili jsme jinou doporučenou metodu – navinutí několika málo otáček popruhu na pás plechu a do čelistí jsme upnuli teprve ten. Zároveň jsme měřenou stranu v upnutí chránili ještě jedním plechem. Bohužel se ukázalo, že plech nelze dostatečně zafixovat a při určitém zatížení dojde k vytržení z čelistí. Upnutí jsme nakonec

realizovali tak, že jsme část popruhu protáhli skrz čelisti trhačky a vzniklým okem prostrčili ocelovou tyčinku, která se o čelisti zapřela a bránila vytržení.

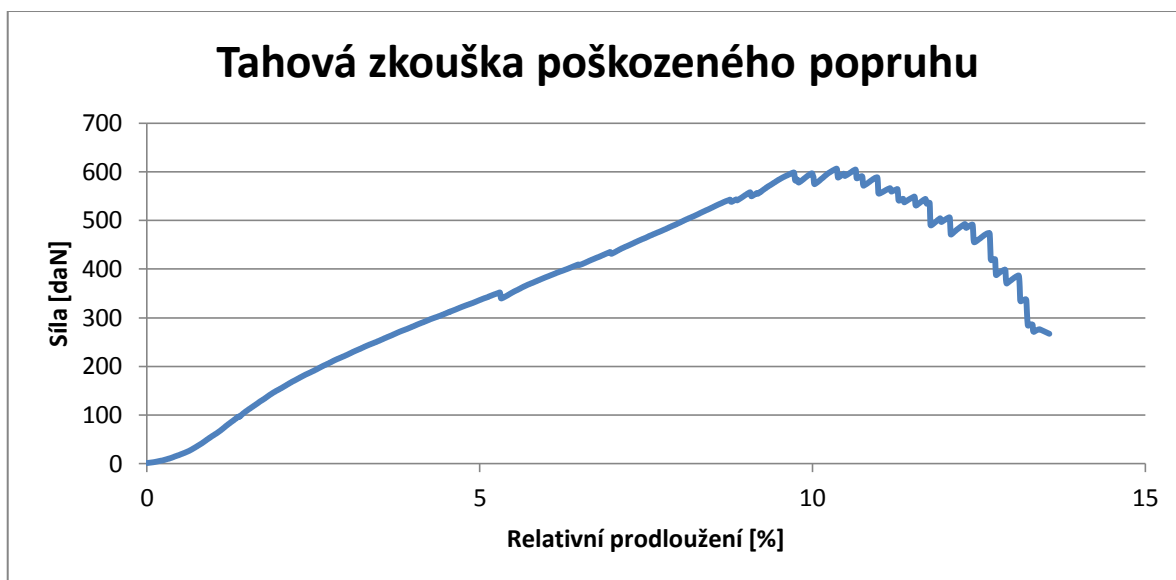
Jako první proběhla zkouška s popruhem, který nebyl nijak poškozen. Naměřenou závislost mezi silou v popruhu a relativní prodloužením popruhu ukazuje graf 1.



**Graf 1** – Tahová zkouška nepoškozeného popruhu

Z grafu 1 je vidět, že je popruh z elastického materiálu, který se natahuje lineárně prakticky až do přetržení. Drobný propad při přiblížení k zatížení 600 daN je způsoben ustavením polohy ocelové tyčinky, která popruh fixovala k čelistím. Dále je vidět, že při zatěžování maximální dovolenou silou 400 daN je relativní prodloužení popruhu rovno maximálnímu dovolenému prodloužení 5%. Při zatěžování silou 1065 daN došlo k náhlému utržení v místě upnutí bez předchozí viditelné kontrakce vzorku. Z dosažené síly v popruhu, aniž by došlo k jeho přetržení, vyplývá, že je vyráběn s koeficientem bezpečnosti přibližně  $k = 2,5$ .

Následně byl jako vzorek tahové zkoušky použit druhý ústřížek stejného popruhu, který byl záměrně poškozen nařiznutím přibližně na 25% svého průřezu. Námi zkoušený popruh měl šířku 25 mm, nařiznutí tedy mělo délku 6 mm a bylo vedeno pouze z jedné strany popruhu. Výsledek tahové zkoušky je zobrazen v grafu 2.



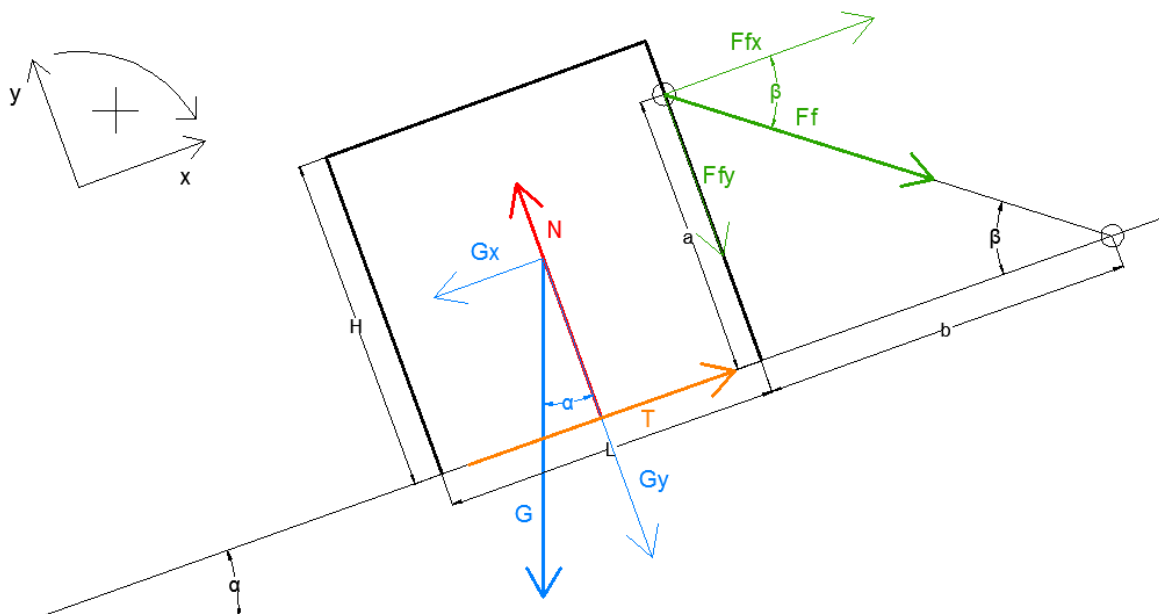
**Graf 2** – Tahová zkouška poškozeného popruhu

Tahovou zkouškou jsme dokázali, že poškození popruhu výrazně negativně ovlivňuje jeho vlastnosti. Pevnost popruhu a tedy síla, kterou dokáže přenést, je dána nejen materiálem, ale i způsobem, jakým je popruh ušit. Naříznutím došlo k ovlivnění struktury a podstatnému snížení únosnosti. Maximálního dovoleného prodloužení popruhu je dosaženo ještě před vyvoláním maximální dovolené síly. Síla, při které došlo k přetržení popruhu, byla pouhých 600 *daN*. Neplatí tedy přímá úměra mezi mírou poškození a snížením únosnosti, protože naříznutí 25% délky průřezu vedlo ke snížení únosnosti o více než 40%. Pilovitý průběh zkoušky je dán postupným praskáním jednotlivých vláken látky, ze které je popruh ušitý. K přetržení došlo v místě naříznutí popruhu. Celkové relativní prodloužení, než došlo k přetržení poškozeného popruhu, je ale téměř shodné s nepoškozeným popruhem – přibližně 14%.

#### 4.2. Výpočet statické rovnováhy

Abych předem věděl přibližnou hodnotu síly přenášené úvazem, vyšel jsem z rovnováhy sil, které budou na náklad během experimentu působit – tíhová síla nákladu, normálová síla od podložky, třecí síla a fixační síla v úvazu (Obrázek 28).





**Obrázek 28** – Rovnováha sil působících na náklad během sklápění

Síla v každém jednom popruhu je polovina celkové fixační síly. Ta závisí na úhlu naklonění plošiny  $\alpha$ , úhlu upnutí  $\beta$ , hmotnosti nákladu a součiniteli tření mezi nákladem a podložkou. Souřadný systém jsem s výhodou natočil o úhel naklonění plošiny  $\alpha$ . Síly, jejichž hodnotu znám nebo naopak potřebuji zjistit, určím podle vztahů:

$$G_x = m \cdot g \cdot \sin \alpha; \quad G_y = m \cdot g \cdot \cos \alpha; \quad T = m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{a}{b}; \quad F_{fx} = F_f \cdot \cos \beta; \quad F_{fy} = F_f \cdot \sin \beta \quad (8)$$

Rovnice statické rovnováhy jsou tedy:

$$\sum F_{ix} = 0; \quad -G_x + T + F_{fx} = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0; \quad N - G_y - F_{fy} = 0$$

$$\sum M_{iS} = 0; \quad -T \cdot \frac{H}{2} + F_{fy} \cdot \frac{L}{2} + F_{fx} \cdot \left(a - \frac{H}{2}\right) = 0 \quad (9)$$

Abych vypočítal hodnotu fixační síly, stačí mi rovnice pro složky sil ve směru osy x. Po dosazení a následné úpravě se hodnota fixační síly určí pomocí vzorce:

$$F_f = \frac{m \cdot g \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha)}{\cos \beta} \quad (10)$$

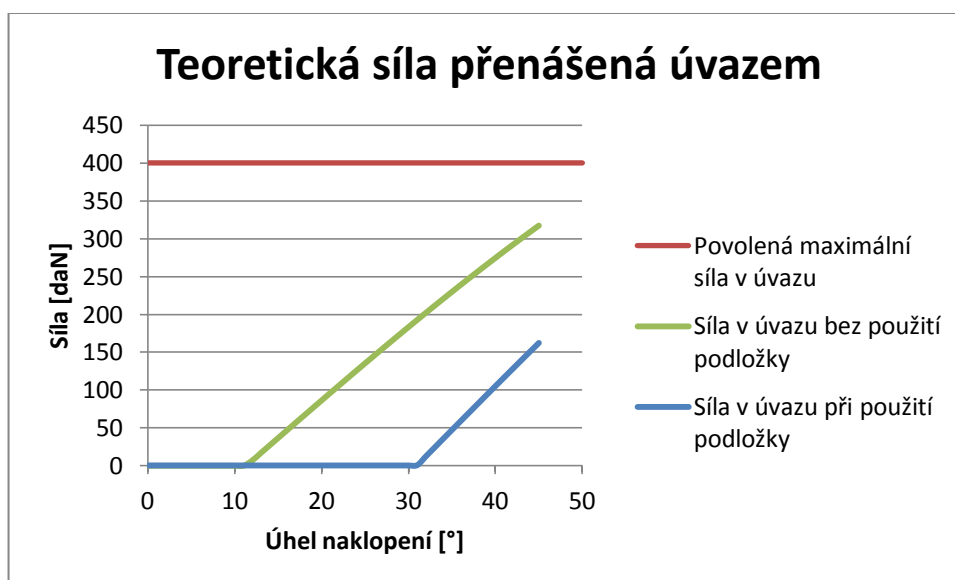
Protože bude břemeno zabezpečeno uvázáním, úvazy nebudou napnuty zcela na hodnotu uvedenou na ráčně, aby nedošlo ke snížení jejich únosnosti, ale jen tolik, aby nebyly prověšené. Fixační síla tedy začne působit až v momentě, kdy hodnota třecí síly

bude nižší než složka tíhy  $G_x$  břemene. Do toho momentu bude fixační síla nulová a úvazy by se neměly vůbec prodloužit.

V programu Microsoft Excel jsem si vytvořil tabulku pro výpočet velikosti fixační síly v závislosti na úhlu naklonění  $\alpha$ . Vstupní hodnoty pro výpočet, které jsem naměřil během provádění experimentu, uvádí tabulka 9. Vypočtenou vzájemnou závislost mezi velikostí síly přenášené úvazem, která je při použití dvou popruhů poloviční oproti síle fixační, a úhlem naklonění  $\alpha$  do  $45^\circ$  zobrazuje graf 3.

Hodnoty pro výpočet fixační síly		
Hmotnost $m$ [kg]	1060	
Výška kontejneru $H$ [mm]	1160	
Délka klopné hrany $L$ [mm]	1000	
Tíhové zrychlení $g$ [ $ms^{-2}$ ]	10	
	Bez podložky	S podložkou
Součinitel tření $f$ [-]	0,2	0,6
Výška úvazu $a$ [mm]	430	435
Vzdálenost úvazu $b$ [mm]	1240	1060
Úhel uvázání $\beta$ ( $^\circ$ )	19,13	22,31

Tabulka 9 – Hodnoty pro výpočet fixační síly



Graf 3 - Teoretická síla přenášená úvazem

Z grafu 3 je patrné, jak použití protiskluzové podložky napomáhá ke snížení potřebné fixační síly a tedy i síly v úvazu. Při naklonění  $45^\circ$  je potřebná fixační síla bez použití protiskluzové podložky téměř dvojnásobná jako fixační síla při použití protiskluzové podložky. Při maximálním naklonění do  $45^\circ$  bychom se ale v obou případech měli pohybovat v bezpečné oblasti – síla v úvazu je vždy nižší než maximální dovolená.

### 4.3. Průběh experimentu

Samotný experiment byl realizován 7. 5. 2014 v prostorách VVCD Doubravice za dohledu mého vedoucího bakalářské práce Ing. Petra Jilka, DiS. Jako břemeno simulující náklad sloužil IBC kontejner plně naplněný vodou až po horní okraj tak, aby se v průběhu experimentu neměnilo umístění těžiště. IBC kontejner byl dvěma popruhy obvázan k paletě, aby nedošlo k jeho vyboulení při velkém úhlu naklonění. Vyvození fixační síly zajišťovaly dva úvazy, které byly na jedné straně spojeny s oky na plošině a na druhé straně zaháknuty za klec kontejneru, přičemž jeden z popruhů byl naříznut na 25% svého průřezu. Na těchto popruzích byly svěrně spojeny železné profily, pro jasné definování bodů pro měření. Aby byl kontejner jištěný i v případě prasknutí některého z popruhů, nebo nedošlo k jeho překlopení, byl použit ještě třetí úvaz za horní hranu kontejneru, který byl ale nechaný nenapnutý, aby neovlivňoval výsledek experimentu.



**Obrázek 29** – IBC kontejner připravený k experimentu

Sklápění probíhalo odstupňovaně po  $10^\circ$ , kdy po každém kroku došlo ke změření a zapsání hodnoty vzdálenosti mezi měřicími body. Vzdálenost byla měřena posuvným měřítkem s přesností na setiny milimetru z vybavení VVCD Doubravice.

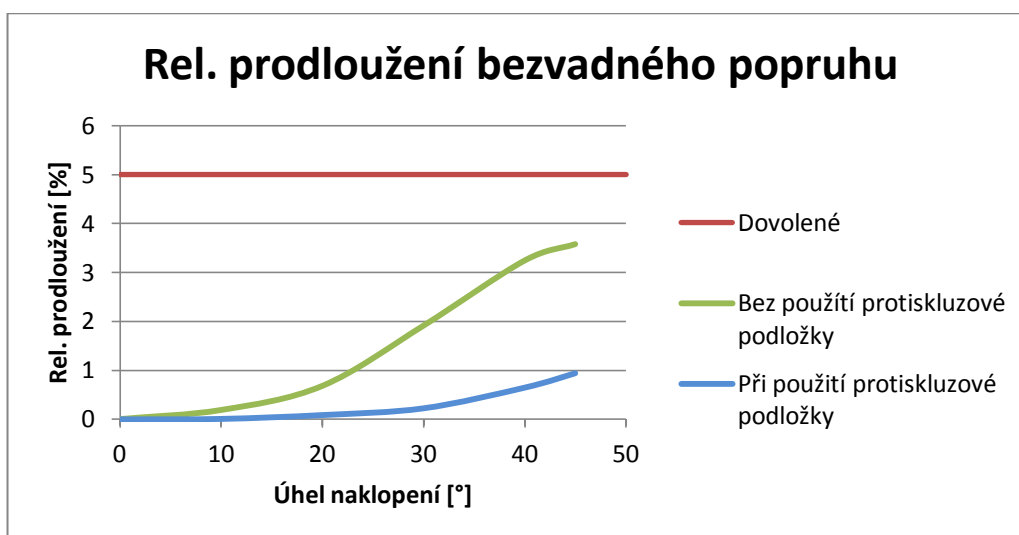
Při prvním sklápění byla paleta položena přímo na plošinu, při druhém sklápění byly mezi paletu a plošinu vloženy gumové protiskluzové podložky. Naměřené hodnoty uvádí tabulka 10.

Vzdálenost [mm] měřících bodů bez použití protiskluzové podložky		
Úhel plošiny [°]	Bezvadný popruh	Naříznutý popruh
0	101,49	102,01
10	101,68	102,48
20	102,18	103,69
30	103,43	105,24
40	104,78	107,25
45	105,12	107,78
Vzdálenost [mm] měřících bodů při použití protiskluzové podložky		
Úhel plošiny [°]	Bezvadný popruh	Naříznutý popruh
0	102,01	103,41
10	102,02	103,52
20	102,10	103,71
30	102,24	104,02
40	102,67	104,70
45	102,97	105,34

**Tabulka 10** – Závislost prodloužení popruhu na úhlu naklopení plošiny

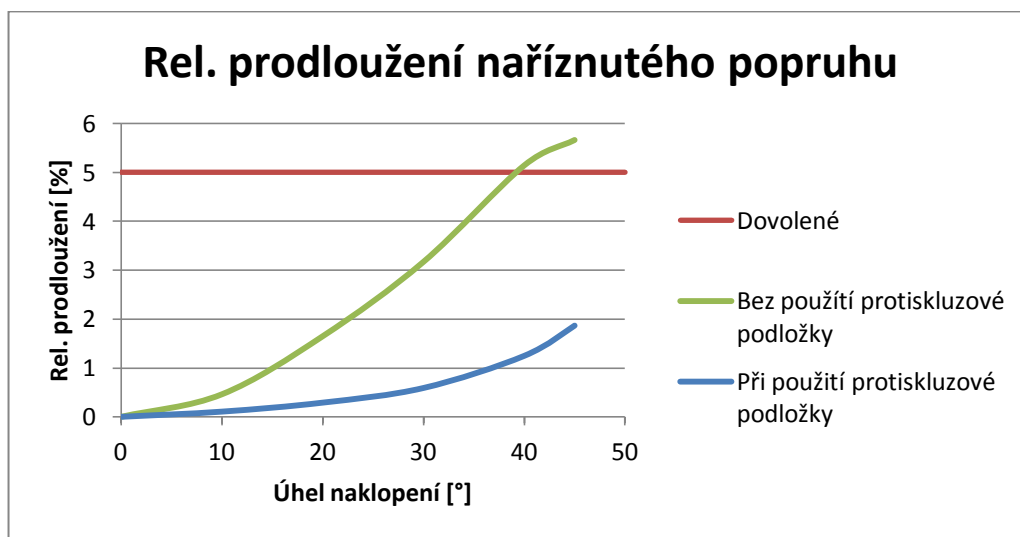
Při plánování experimentu bylo myšlené odstupňování úhlu naklopení 10°. V průběhu experimentu jsme ale usoudili, že od úhlu naklopení 40° budeme úhel dále navyšovat jen po 5° krocích, což se ukázalo jako správné rozhodnutí. Nad úhlem naklopení 45° se totiž těžiště kontejneru dostalo mimo jeho základnu a celý kontejner měl tendenci se převrátit přes klopnou hranu, čímž došlo k jeho odlehčení a usmýknutí, které mělo za následek velkou náhlou změnu vzdálenosti měřících bodů. Pro zachování stejných podmínek po celou dobu měření jsme experiment ukončili úhlem naklopení 45°.

Při vyhodnocování jsem se zaměřil zvláště na bezvadný a poškozený popruh.



**Graf 4** – Relativní prodloužení bezvadného popruhu

Graf 4 zobrazuje relativní prodloužení bezvadného popruhu v závislosti na úhlu naklonění plošiny a součiniteli tření, daného použitím podložky. Při porovnání grafu 4 s grafem 3 lze vidět, že u bezvadného popruhu poměr mezi maximální dovolenou a skutečně přenášenou silou přibližně odpovídá poměru mezi maximálním dovoleným a skutečným prodloužením popruhu. V obou případech je relativní prodloužení popruhu nižší než maximální dovolené. Při použití protiskluzové podložky bylo prodloužení při nejvyšším úhlu naklonění menší než třetinové oproti sklápění bez použití protiskluzové podložky.



**Graf 5 – Relativní prodloužení bezvadného popruhu**

Graf 5 zobrazuje relativní prodloužení naříznutého popruhu. Při porovnání grafu 5 s grafem 4 lze vidět, že při stejném úhlu naklonění plošiny je relativní prodloužení naříznutého popruhu téměř dvojnásobné oproti relativnímu prodloužení bezvadného popruhu. Bez použití protiskluzové podložky se hodnota relativního prodloužení dostala až do nebezpečné oblasti. Z výsledků tahové zkoušky sice vyplývá, že kritická hodnota relativního prodloužení je až přibližně 10%, přesto nejsou splněny požadavky výrobce. Použitím protiskluzové podložky jsme docílili poklesu relativního prodloužení popruhu opět téměř na třetinu.

## 5. Závěr

Experiment na sklopné plošině dopadl dle očekávání. Potvrdil se silně pozitivní vliv protiskluzových podložek a také nebezpečnost použití poškozených popruhů. Při použití bezvadného popruhu odpovídá jeho relativní prodloužení přenášené síle. Protiskluzové podložky sice napomáhají snížit fixační sílu až na třetinovou hodnotu, ale i bez nich nebylo zatížení větší než maximální dovolené. To ale neplatí u poškozeného popruhu nařiznutím, kdy došlo v místě poškození k většímu prodloužení, než je dle výrobce přípustné. Zde podložky napomohly k setrvání v bezpečné oblasti používání.

Experiment dále potvrdil nelineární závislost mezi zmenšením průřezu popruhu a jeho prodloužením při zatěžování. Vzorek popruhu byl nařiznut na jedné čtvrtině průřezu, prodloužení bylo ale téměř dvojnásobné oproti bezvadnému popruhu při stejných podmínkách. Požadavek normy na použití neporušených přípravků se ukázal jako zcela opodstatněný, a pokud řidič nemůže požadavku vyhovět, měl by použít zcela jinou metodu zabezpečení. Z výsledku experimentu je sice patrné, že relativní prodloužení poškozeného popruhu při použití protiskluzových podložek je dokonce menší, než relativní prodloužení bezvadného popruhu při přímém položení palety na plošinu, hrozí ale riziko úplného přetržení popruhu a ohrožení bezpečnosti provozu na silničních komunikacích.

Výsledky experimentu jsou ovlivněny statickým měřením, kdy náklad byl postupně pomalu naklápěn a následně se odečítala vzdálenost měřících bodů. Pokud by mělo být dosaženo přesnějších výsledků, které budou odpovídat dynamickým změnám při reálném provozu, muselo by měření probíhat kontinuálně, například pomocí tenzometrů. Dále by musel být náklad upevněn k ložné ploše reálného vozidla, které by bylo vybaveno snímačem zrychlení alespoň ve vodorovné rovině, a to by mělo svou jízdou po polygonu simulovat jednotlivé jízdní situace, jako je rozjezd do strmého kopce, rychlý průjezd zatáčkou nebo krizové brzdění. Náklad by navíc mohl být zajištěn přivázáním, takže by se dal vyhodnotit i vliv správného předepnutí popruhu ráčnou.

## Použitá literatura

- [1] KREJCAR, Jaroslav a Aleš KAPLÁNEK. Přepravní balení zboží, uložení a zajištění nákladu v dopravních prostředcích a kontejnerech. 1. vyd. Pardubice: Institut Jana Pernera ve spolupráci se Zkušební laboratoří EXCOLO, 2009, 274 s. ISBN 978-808-6530-567.
- [2] GERSTNER, Zdeněk, LISON, Vladimír, a kol., *Řidičova knihovna – uložení a upevnění nákladu*, 3. vyd. Praha: Česmad Bohemia, 2011, 16 s. ISBN 978-80-87304-23-5.
- [3] ČSN EN 12 640. *Fixace nákladu na silničních vozidlech: Vázací body na vozidlech pro přepravu zboží*. 2002.
- [4] ČSN EN 12 195. *Prostředky pro zajišťování břemen na silničních vozidlech: Bezpečnost*. 2011.
- [5] European best practice guidelines on cargo securing for road transport. [Online]. Brusel: Evropská komise, Generální ředitelství pro energetiku a dopravu, 2006, 208 s. [cit. 2014-04-20] Dostupné z WWW: <[http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/vehicles/best\\_practice\\_guidelines\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/vehicles/best_practice_guidelines_en.htm)>.
- [6] KREJCAR, Jaroslav. Přepravní balení, ložení a fixace zboží. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 1998. 163 s. ISBN 80-719-4191-3.
- [7] LIEBICH, Petr. *Návrh trenážeru upevnění nákladu*. Pardubice, 2012. Diplomová práce. Univerzita Pardubice.
- [8] Vyhláška č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: Sbírká zákonů České republiky. 30. 7. 2002. Dostupné z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3942>>
- [9] Schmitz Cargobull AG. [Online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.cargobull.com/>>
- [10] Paragan: Nástavby. [Online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.paragan.cz/>>
- [11] GeRon. [Online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.geron.de/>>
- [12] Excolo: Katalog 2012. [Online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z WWW: <<http://stare.excolo.cz/pdf/katalog2012.pdf>>
- [13] Monteco: Vázací prostředky. [Online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.monteco.cz/>>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Těžiště nákladu [5] .....	11
Obrázek 2 – Poloha těžiště nákladu v podélném směru [1] .....	12
Obrázek 3 – Hodnoty faktoru zrychlení [2] .....	13
Obrázek 4 – Maximální dovolené boční zatížení nástavby [2] .....	17
Obrázek 5 – Kompaktní způsob uložení nákladu [7] .....	19
Obrázek 6 – Tuhý způsob uložení nákladu [7] .....	19
Obrázek 7 – Přivázání nákladu [2] .....	20
Obrázek 8 – Způsoby blokování horní vrstvy nákladu [2] .....	22
Obrázek 9 – Druhy diagonálního uvázání nákladu [7] .....	24
Obrázek 10 – Šikmé uvázání nákladu [7] .....	25
Obrázek 11 – Uvázání smyčkou [2] .....	25
Obrázek 12 – Druhy uvázání smyčkou přes hranu [2] .....	26
Obrázek 13 – Limitní vzdálenosti rozmístění kotevních bodů v mm .....	29
Obrázek 14 – Pevné kotevní body [10] .....	30
Obrázek 15 – Variabilní kotevní systém [9] .....	30
Obrázek 16 – Identifikační štítek přivazovacího popruhu [11] .....	31
Obrázek 17 – Druhy konstrukce vázacích popruhů [7] .....	32
Obrázek 18 – Konstrukční typy napínacích zařízení [11] .....	32
Obrázek 19 – Zajištění těžkého svitku plechu řetězy [9] .....	33
Obrázek 20 – Protiskluzové podložky [5] .....	34
Obrázek 21 – Poměry stran klínu [2] .....	34
Obrázek 22 – Klínová podložka pro převoz válcových nákladů [2] .....	35
Obrázek 23 – Zajištění nákladu pomocí dřevěných rámu [2] .....	35
Obrázek 24 – Vyplnění mezery v kontejneru vzduchovým vakem [5] .....	36
Obrázek 25 – Rozpěrné tyče a zábrany [12] .....	36
Obrázek 26 – Ochranné pomůcky [13] .....	37
Obrázek 27 – Snížení počtu úvazů díky ochranným rožkům [12] .....	37
Obrázek 28 – Rovnováha sil působících na náklad během sklápění .....	41
Obrázek 29 – IBC kontejner připravený k experimentu .....	43



## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Faktor zrychlení [2] .....	14
Tabulka 2 – Hodnoty součinitele tření [1] .....	15
Tabulka 3 - Vliv předpínací síly a fixačního úhlu při přivazování [2] .....	21
Tabulka 4 – Dovolená hmotnost nákladu při diagonálním uvázání [2].....	24
Tabulka 5 – Dovolené hmotnosti nákladu při uvázání smyčkou [2] .....	26
Tabulka 6 – Dovolené hmotnosti nákladu při uvázání smyčkou přes hranu [2] .....	27
Tabulka 7 – Koeficient k pro výpočet počtu kotevních bodů [3] .....	29
Tabulka 8 – Dovolené zatížení kotevních bodů v tahu [3] .....	30
Tabulka 9 – Hodnoty pro výpočet fixační síly .....	42
Tabulka 10 – Závislost prodloužení popruhu na úhlu naklopení plošiny.....	44

## **Seznam grafů**

Graf 1 – Tahová zkouška nepoškozeného popruhu .....	39
Graf 2 – Tahová zkouška poškozeného popruhu .....	40
Graf 3 - Teoretická síla přenášená úvazem.....	42
Graf 4 – Relativní prodloužení bezvadného popruhu .....	44
Graf 5 – Relativní prodloužení bezvadného popruhu .....	45

## **Seznam příloh**

Příloha A <i>Maximální dovolené hmotnosti vozidel</i> .....	52
Příloha B <i>Fotografická dokumentace experimentu</i> .....	54

Příloha A *Maximální dovolené hmotnosti vozidel*

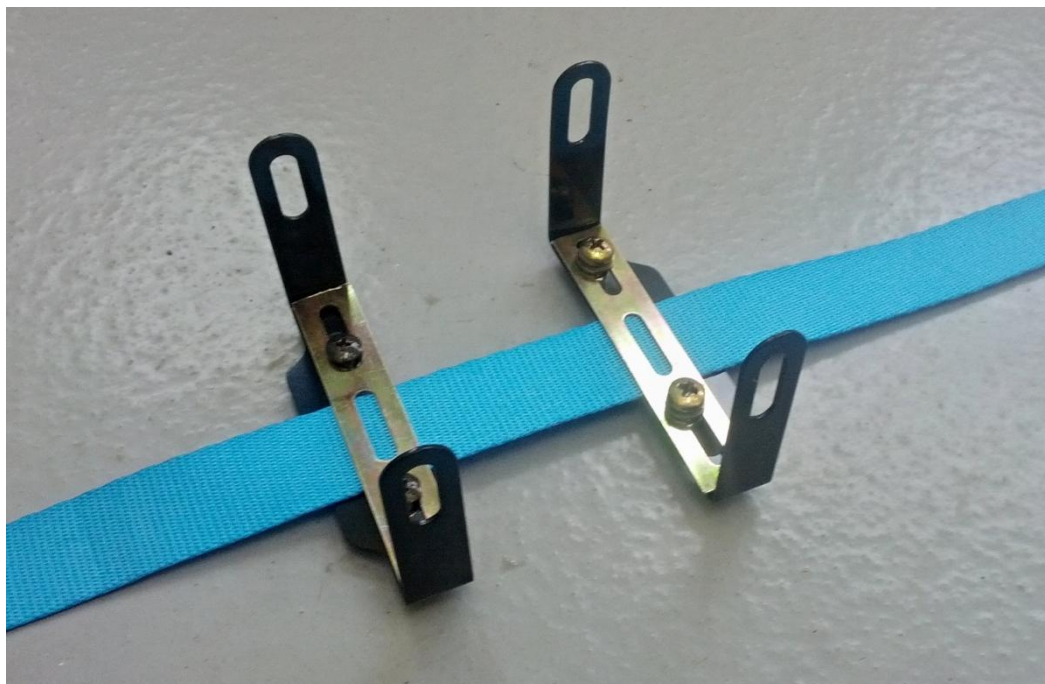
<b>Maximální dovolená hmotnost na nápravu</b>	
<i>Jednotlivá náprava</i>	10,00 t
<i>Jednotlivá hnací náprava</i>	11,50 t
<b>Dvojnáprava motor. vozidla, kdy součet zatížení obou náprav dvojnápravy nesmí překročit při jejich dílčím rozvoru</b>	
<i>-do 1,0 m</i>	11,50 t
<i>-od 1,0 m a méně než 1,3 m</i>	16,00 t
<i>-od 1,3 m a méně než 1,8 m</i>	18,00 t
<i>-od 1,3 m a méně než 1,8 m, je-li hnací náprava vybavena dvojitou montáží pneumatik a vzduchovým pérováním, nebo pérováním uznaným za rovnocenné, nebo pokud je každá hnací náprava opatřena dvojitou montáží pneumatik a maximální zatížení na nápravu nepřekročí 9,5 t</i>	19,00 t
<b>Dvojnáprava přípojného vozidla, kdy součet zatížení obou náprav dvojnápravy nesmí překročit při jejich dílčím rozvoru jednotlivých náprav</b>	
<i>-do 1 m</i>	11,00 t
<i>-od 1,0 m a méně než 1,3 m</i>	16,00 t
<i>-od 1,3 m a méně než 1,8 m</i>	18,00 t
<i>-1,8 m nebo více</i>	20,00 t
<b>Trojnáprava přípojného vozidla, kdy součet zatížení tří náprav trojnápravy nesmí překročit při jejich dílčím rozvoru jednotlivých náprav</b>	
<i>-do 1,3 m včetně</i>	21,00 t
<i>-nad 1,3 m do 1,4 m včetně</i>	24,00 t

**Tabulka 1** – Maximální dovolené zatížení náprav [8]

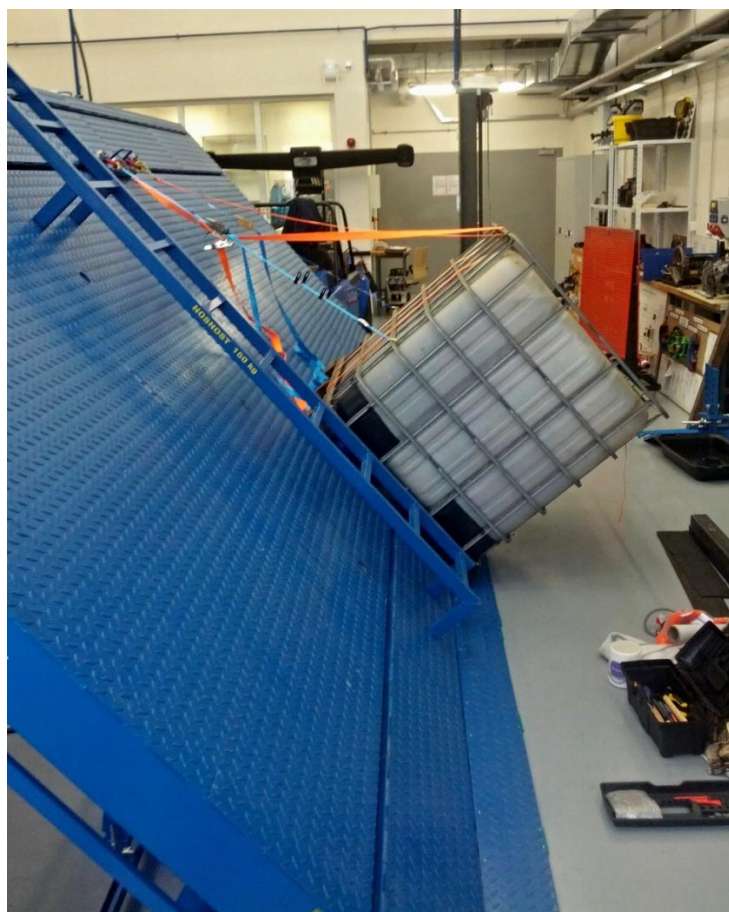
<b>Největší dovolená hmotnost</b>	
<i>Motorové vozidlo se dvěma nápravami</i>	18,00 t
<i>Motorové vozidlo se třemi nápravami</i>	25,00 t
<i>Motorové vozidlo se třemi nápravami, je-li hnací náprava vybavena dvojitou montáží pneumatik a vzduchovým pérováním uznaným za rovnocenné nebo pokud je každá hnací náprava opatřena dvojitou montáží pneumatik a maximální hmotnost na nápravu nepřekročí 9,5 t</i>	26,00 t
<i>Motorové vozidlo se 4 a více nápravami</i>	32,00 t
<i>Prívěsy se dvěma nápravami</i>	18,00 t
<i>Prívěsy se třemi nápravami</i>	24,00 t
<i>Prívěsy se čtyřmi a více nápravami</i>	32,00 t
<i>Dvoučlankové kloubové autobusy</i>	28,00 t
<i>Tříčlankové kloubové autobusy</i>	32,00 t
<i>Jízdní soupravy</i>	48,00 t

**Tabulka 2** – Maximální dovolené hmotnosti vozidel [8]

Příloha B *Fotografická dokumentace experimentu*



**Obrázek 1** – Měřící body na popruhu



**Obrázek 2** – Naklopení o úhel 45°



**Obrázek 3 – Roztažení naříznutí při zatížení popruhu**



**Obrázek 4 – Měření hmotnosti IBC kontejneru**