

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Zemědělská fakulta**

Studentská 13, 370 05 České Budějovice

Katedra zemědělské techniky

*Analýza vlivu pneumatik dopravní techniky na bezpečnost práce při pohybu na svazích.  
( diplomová práce )*

Jan Kovář

2007

0 Úvod .....	4
1 Literární rešerše .....	6
1.2 Požadavky na pneumatiky .....	7
1.3 Bezpečnost práce na svazích .....	11
1.4 Stroje pro svahy .....	12
2. Pneumatiky .....	14
2.1 Výroba pneumatik .....	14
2.2 Konstrukce pneumatik .....	16
2.3 Technické parametry pneumatik .....	18
2.3.1 Diskové kolo .....	18
2.4 Označování pneumatik .....	21
2.5 Provozní pokyny pro používání pneumatik .....	23
2.6 Dezény pneumatik a hlavní požadavky na ně kladené .....	26
2.7 Nejpoužívanější rozměry pneumatik v zemědělské dopravě a hlavní tuzemští a zahraniční výrobci pneumatik .....	29
3. Mechanika motorových vozidel .....	39
3.1 Funkce a vlastnosti automobilového kola .....	39
3.1.1 Základními funkcemi kola je: .....	39
3.1.2 Vlastnosti automobilového kola .....	39
3.1.3 Poloměry kola .....	39
3.1.4 Síly a reakce působící na kolo .....	41
3.1.5 Adhese .....	42
3.1.6 Valení pružného kola za působení boční síly .....	43
3.2 Jízdní odpory .....	45
3.2.1 Odvalování pneumatiky po tuhém podloží (jízda po vozovce) .....	45
3.2.2 Odvalování pneumatiky po plastickém podloží (jízda v terénu) .....	46
3.3 Stabilita Strojů .....	47
3.3.1 Stabilita stroje na svahu .....	48
3.3.1.1 Stabilita na podélném svahu .....	48
3.3.1.2 Stabilita na příčném svahu .....	50
3.4 Analýza metod měření boční síly na svazích .....	51
3.4.1 Metodika č. 1 .....	51
3.4.2 Metodika č. 2 .....	53
3.4.3 Metodika č. 3 .....	55
4 Cíl práce a metodika řešení .....	60
5 Metodika měření boční síly na svazích .....	60
5.1 Návrh a výroba technického zařízení pro měření .....	61
5.2 Měření velikosti boční síly neodvalujícího se kola při různém tlaku vzduchu na pevném a poddajném povrchu .....	62
5.3 Měření velikosti boční síly odvalujícího se kola na nakloněné rovině při různém tlaku vzduchu v pneumatice a konstantní tíže .....	63
6. Výsledky měření .....	65
6.1 Boční síla neodvalujícího se kola .....	65
6.2 Boční síla odvalujícího se kola .....	67
7. Diskuze .....	68
7.1. Velikost boční síly neodvalujícího se kola .....	68
7.2 Velikost boční síly odvalujícího se kola na nakloněné rovině při různém tlaku vzduchu v pneumatice a konstantní tíže .....	70
8 Obecná doporučení pro praxi a závěr .....	72

9 Seznam použité literatury:.....	75
Příloha .....	77

## 0 Úvod

Základní částí dopravní techniky je podvozek, jehož hlavní součástí jsou kola, resp. pneumatiky. Vliv jejich parametrů na provoz dopravní techniky je významný. Ovlivňují nejen energetické ztráty valivým odporem, ale mají vliv i na ztráty agrotechnické, protože pneumatiky v některých případech zhutňují půdu, čímž se zhoršují podmínky pro růst pěstovaných plodin a zvyšují se náklady v důsledku vyšších orebních odporů.

Důležitým činitelem působícím na půdu, je tlak prostřednictvím kol zemědělské a lesnické techniky, který je závislý na tíze a na ploše, na které tíha působí. Je všeobecně známo, že pro velikost plochy otisku (dotykovou plochu) má rozhodující význam zejména rozměr použitých pneumatik – šířka a průměr.

Dalším důležitým činitelem, který se podílí na nákladech přepravy je výkon ztracený při překonání valivého odporu. Zde hraje zřejmě rozhodující roli tlak vzduchu v pneumatikách, konstrukce pneumatiky a charakter povrchu, po kterém se pneumatika odvaluje.

Když se podíváme do historie, co vedlo vynálezce ke konstrukci pneumatiky, zjistíme, že to byly především snahy o lepší adhezi kola k povrchu vozovky, o tlumení otřesů, které se přenášely prostřednictvím kola z nerovné vozovky do podvozku vozidla, resp. Do sedačky řidiče a cestujících a snahy odstranit hluk, který vznikal vlivem nárazů obruče kola na povrch vozovky.

Pevný běhoun a neodpružené hmoty činily jízdu nepohodlnou a nebezpečnou i při nízkých rychlostech. Hnací kola se smekala po dlažbě, řídicí kola poskakovala a smýkala se po kamenech. Jízdu provázal nesmírný rachot kol a jízda ze svahu po kamenitém povrchu byla téměř nemožná. Brzy se zjistilo, že kovový ráfek musí být opatřen vrstvou, která výše uvedené negativní projevy odstraní. Takže se nejprve v roce 1829 objevil běhoun tvořený silným pásem plsti (Guiney), později se objevily

hranaté pryžové obruče (Goodyear). V patentové dokumentaci vynálezce Thomsona je uvedeno: „Pružný nosný element nasazený na obvod kola zmenšuje potřebnou tažnou sílu, pohyb kol je měkčí a nižší je hluk, který kola za jízdy vyvozují.“ V roce 1888 opatřil Dunlop kola obručí z gumového plátna naplněného stlačeným vzduchem. V roce 1891 se díky bratrům Michelinovým objevily pneumatiky na kolech automobilu. Byly ještě nedokonalé, protože docházelo k četným defektům a jejich životnost byla velmi nízká. Emil Levassor, vítěz závodu Paříž – Bordeaux – Paříž v roce 1895, nedával pneumatikám šanci k uplatnění v automobilismu: „Pneumatika nikdy nebude pro automobil k sebemenšímu užitku.“ Levassor totiž nejel s pneumatikami.

Je zřejmé, že také podvozky a způsoby přenosu hnacích sil byly příčinou zvýšeného opotřebení pneumatik. Například diferenciál v roce 1889 odstranil nadměrné tření pryže o povrch vozovky. Od té doby se mnoho změnilo. Například řízení vozidel, odpružení, způsob přenosu hnací síly, regulace hnací síly, regulace prokluzu a skluzu, konstrukce pneumatik, složení směsi a podobně. I přes všechny pokrokové „vymyšlenosti“ na podvozkových částech vozidel je pneumatika stále hlavním článkem, který zprostředkovává kontakt vozidla s povrchem vozovky a přímo ovlivňuje bezpečnost a ekonomii provozu.

# 1 Literární rešerše

## 1.1 Vliv pneumatik na bezpečnost provozu

Od svého vzniku prodělaly pneumatiky mnoho změn. Jednou z nejdůležitějších byla změna v konstrukci pneumatik, kdy radiální pneumatika nahradila diagonální. Používání konstrukčních materiálů pneumatik zlepšilo požadované vlastnosti pneumatik, prodloužilo jejich životnost a umožnilo využívat pneumatiky i při extrémních rychlostech a zatížení, kterým jsou vystavovány při automobilových závodech.

Například:

- Používání ocelových lanek
- Používání vláken z nylonu, chemlonu, rayonu apod.,
- Používání ocelových nárazníků pod běhouny,
- Používání hexagonálních lan v patce,
- Používání speciálních běhounových směsí pro různé povrchy, například siliku (silika je speciálně upravený kysličník křemičitý, její výhodou je lepší přilnavost na kluzkém povrchu, nižší měrná hmotnost, která redukuje moment setrvačnosti pneumatiky, takže motor vozidla vynakládá menší výkon na roztočení kol a brzdy na jejich zpomalení).
- „systémy bezpečnosti, jako například systém SSR (Self Supporting Runflate), který zajistí bezpečné dojetí při defektu pneumatiky,
- Modely Bionic Countour, což je využívání poznatků biotiky (zavádění principů z přírody do technických výrobků, například konstrukce pneumatiky zajistí zvětšení styčné plochy při brzdění = jako tlapky kočky při doskoku),
- Asymetrický dezén pneumatiky zajišťující bezpečnou jízdu v zatáčkách tím, že vnější polovina běhounové plochy pneumatiky má pevné bloky bezénu a vnitřní běhounová plocha pneumatiky je jemněji strukturovaná.
- Systémy CLS a ADD Traction (Gross Link Sipes = vzájemně se křížící lamely) pro zajištění dobrého záběru a brzdění na zasněžených vozovkách a pro dobrou stabilitu vozidla při vyšších rychlostech na suché silnici, resp. ADD Traction

znamená, že v každém doménovém bloku jsou příčné dlouhé lamely a příčné krátké lamely, což zlepšuje přenos hnacích sil,

- Používá se hydrodynamický dezén pro odvod vody a eliminaci aquaplaningu při prudkém dešti,
- Používají se aktivní indikátory opotřebení pneumatiky (Driving Safety Indicator),
- Používají se indikátory tlaku vzduchu v pneumatice (Bluetooth = měřicí čip v pneumatice, který zachytí změny tlaku a teploty v pneumatice a tyto informace předá na mobilní telefon),
- Používají se indikátory teploty povrchu vozovky (Info Pin u Nokia) a podobně.

## 1.2 Požadavky na pneumatiky

V současné době se výrobci pneumatik předhánějí v poskytování informací o zvýšení nosnosti pneumatik, o lepším záběru, vysoké oděruvzdornosti běhounu, samočistitelnosti dezénu, komfortu pružení a eliminaci rázů od vozovky, zajištění stability ve všech pracovních a provozních podmínkách, výborných vlastnostech při brzdění, o vysoké životnosti při zachování výborných vlastností pneumatik a podobně. To vše je pochopitelně vztaženo na novou pneumatiku. Jak se změní vlastnosti s počtem m ujetých kilometrů, resp. S počtem měsíců, kdy je pneumatika uskladněna, nelze jednoznačně říci, protože vlivy působící na pneumatiku jsou velmi rozmanité (technika, řidič, prostředí). Například své původní vlastnosti si uskladněná pneumatika podrží maximálně pět let za předpokladu, že jsou dodrženy podmínky transportu a skladování dané výrobcem. Pneumatika starší než deset let by neměla být používána, protože již došlo ke změně jejích vlastností natolik, že neposkytuje bezproblémově funkce, které má splňovat. Samozřejmě, že mnohé poznatky z praxe hovoří o tom, že jsou pneumatiky z minulého století používány v zemědělství běžně a mnohé ještě jistě ještě nějaký čas budou sloužit,

ovšem také je jasné to, že zemědělství stejně jako jiný obor je závislé na spolehlivé technice, takže je nutné staré pneumatiky prostě měnit.

Uživatel má na pneumatiky mnoho požadavků, které jsou mnohdy ve vzájemném konfliktu.

Například:

- Aby byla pneumatika levná,
- Aby měla dobrou adhezi na všech površích,
- Aby měla výborné záběrové vlastnosti na měkkém povrchu,
- Aby eliminovala rázy a vibrace od vozovky,
- Aby byla odolná vůči průrazu,
- Aby byla snadno montovatelná na disk,
- Aby se nebořila do půdy,
- Aby dezénem nepoškozovala porost,
- Aby spolehlivě udržela tlak vzduchu uvnitř (u bezdušové),
- Aby měl dezén samočisticí schopnost (zemina a kameny sevřené dezénem byly vypuzeny ihned po otočení kola mimo dotyk s povrchem vozovky),
- Aby byla odolná vůči absorbování částic ležících na vozovce (kamínky, dráty, sklo, apod.),
- Aby měla výbornou směrovou stabilitu,
- Aby byla odolná vůči mastnotám nacházejícím se na běžné vozovce (ztráty olejů a jiných provozních hmot kapalin z vozidel),
- Aby měla dlouhou životnost,
- Aby se její vlastnosti neměnily v závislosti na vnějších podmínkách (teplota vzduchu, teplota vozovky),
- Aby nebyla v provozu na pevné komunikaci příliš hlučná,
- Aby byla odolná vůči poškození náhlém úniku vzduchu,
- Aby oděrky a úlomky vznikající při provozu negativně neovlivňovaly životní prostředí,
- Aby byla odolná vůči doplňkům zajišťujícím zlepšení hnací síly na podložku (řetězy, hnací kolo vkládané do figur dezénu),



- Aby byla snadno recyklovatelná a podobně.

Z praxe je patrné, že výrobci se požadavkům přizpůsobují, ale ne vždy beze zbytku, protože některé požadované vlastnosti nutně ovlivní jiné a jak už to v životě bývá, i kompromisy jsou prostředkem pokroku. Takže se výrobci pneumatik snaží o jistou rovnováhu v užitečných vlastnostech pneumatik a uživatelům nabízejí kromě speciálních pneumatik do konkrétních podmínek i jakési „univerzální pneumatiky“, které se v zemědělství velmi často používají, protože doprava v zemědělství je natolik různorodá, že to snad ani jinak nelze řešit.

Základní funkcí pneumatiky je přenos síly z hnací nápravy do styčné plochy s podložkou, nesení nákladu o měnící se hmotnosti a působení jako pružný element mezi podvozkovou částí vozidla a podložkou, po které se vozidlo pohybuje.

Pro splnění uvedených základních funkcí musí být pneumatika konstruovaná tak, aby byl splněn první požadavek – vznikla plocha styku pneumatiky s pevným rovinným povrchem vozovky, takže hlavní požadavek na pneumatiku je vznik deformací pneumatiky v určitých jejích oblastech tak, aby styčná plocha byla optimální. Styčná plocha pomalu se odvalující pneumatiky se nepatrně liší od styčné plochy stojící pneumatiky. Čím rychleji se vozidlo na pneumatikách pohybuje, tím je rozdíl ve styčné ploše vyšší a také tvar styčné plochy se mění. Změnu styčné plochy pneumatiky vyvolá i průjezd zatáčkou, jízda na bočním svahu, prudké zrychlování, brzdění a další dynamické síly působící na podvozek vozidla.

Druhým požadavkem je, aby zatížení, které může pneumatika přenášet, nemělo limitováno vlastnostmi materiálu pneumatiky, jako je to například u plné pryžové obruče. V případě plné obruče je celá zátěž nesena pouze malou částí z celkového objemu obruče.

U klasické pneumatiky, ve které je tlak vzduchu, je schopnost nést zatížení určena především styčnou plochou a tlakem vzduchu v pneumatice, méně je to kostrou pneumatiky.

Připomeňme si některá pravidla, závislosti a zásady, které jsou vázány na tlak vzduchu v pneumatice.

Tlak vzduchu v pneumatice je konstrukční veličina stanovená jejím výrobcem.

Používáním optimálního tlaku vzduchu v pneumatice je zajištěna:

- Vysoká životnost pneumatiky,
- Velká tažná síla při malém prokluzu,
- Optimální nosnost pro daný dopravní prostředek,
- Optimální velikost styčné plochy pro eliminaci negativních projevů utužení půdy,
- Příznivé odvalování kola (bez vibrací a odskakování),
- Bezpečnost jízdy na svazích,
- Bezpečnost jízdy na problematických površích,
- Přijatelný hluk na pevných vozovkách.

Tlak vzduchu v pneumatice je závislý na:

- Rozměrech pneumatiky,
- Zatížení pneumatiky,
- Maximální rychlosti,

Rozměr pneumatiky určuje výrobce traktorů a zemědělského nářadí. Pro daný rozměr pneumatiky je potřebný tlak závislý na:

- Maximálním zatížením,
- Maximální rychlosti jízdy,

Všechny tlaky vzduchu udávané v katalozích platí pro studenou pneumatiku, tedy po několika hodinách ve stavu klidu na volném prostranství bez silného slunečního svitu (Celjak, I., 2005).

### 1.3 Bezpečnost práce na svazích

Příčinou kritických situací při pohybu techniky na svazích je především skluz, který může vést k druhotné nehodě převržením. Při skluzu dochází v celé styčné ploše pojezdového ústrojí s povrchem terénu k výraznému relativnímu pohybu. Styčná plocha se ztotožňuje s plochou otisku kola při přenosu smykové síly v libovolném směru.

Dalším faktorem při hodnocení bezpečnosti práce na svazích je dodržení dostatečné stability dopravních prostředků. Podmínkou bezpečnosti je přizpůsobení pracovní rychlosti stavu terénu a volba vhodného způsobu pohybu.

Za suchý terén se považuje terén s vlhkostí do 45%. Za mokrý se považuje terén s vlhkostí přes 50% nebo s vlhkostí přes 30% u pozemků s mokrým povrchem i porostem.

Rozhodující vliv na vlastní pracovní činnost a výkonnost má převládající sklon pozemku, i když svahovou dostupnost z hlediska bezpečnosti a manévrovatelnosti určuje maximální sklon na daném pozemku.

Z hlediska svahovitosti lze pozemky rozdělit : (tabulka 1)

**Tabulka 1 Rozdělení pozemků podle svahovitosti**

0 – 5°	Rovina
5 – 10°	Zvlněný pozemek
10 – 20°	Svahovitý
20° a více	Příkré svahy

Charakteristiky svahů:

Do 5 – 7° neovlivní tento svah směr jízdy, nemá výrazný vliv na spotřebu paliva, za příznivých vlhkostních podmínek je jízda po vrstevnici i spádnici bezproblémová i pro soupravy s běžným obutím pro provoz na silnici.

Nad 7° se již doporučuje používat pneumatiky s dezénem navrženým pro pohyb na zemědělských pozemcích. Tento dezén se obvykle vyznačuje šikmými zuby, doplněnými o vodorovně umístěné žebrování. Nesmí přitom být překročena svahová dostupnost stroje (Svatoš J., 1992).

## 1.4 Stroje pro svahy

Pro práce na svahu se v zemědělských podnicích nejčastěji používají upravené typy běžně vyráběných traktorů se svahovou dostupností do 18° (tab. X).

**Tabulka 2 Základní technické parametry vybraných typů horských traktorů**

Výrobce	Typ	Výkon (kW)	Hmotnost (kg)	Délka (mm)	Šířka (mm)	Výška (mm)	Světlost (mm)	Rozvor (mm)
Same	Solar	37,0	2000	3385	2200	2280	350	2090
	50 Solar 60	44,0	2020	3385	2200	2320	350	2090
Zetor	7245 H	47,5	3700	3655	2260	2622	340	2200
Renault	700	47,0	2850	3670	2170	2700	400	2260
	M 704 M	48,0	3200	3770	2170	2700	400	2240
Fendt	307	52,0	3390	3780	1926	2610	430	2275
	LS 380 GTA	59,0	4070	4250	1950	2620	460	2500

Pozn.: Uvedené typy traktorů mají hydraulické zařízení a vývodovou hřídel vpředu a vzadu, pohon všech čtyř kol a příslušenství zabezpečující pěstování a sklizeň píce na svazích (prstový nebo rotační žací stroj, obraceč a shrnovač píce, sběrací

přívěs nebo návěs, rozmetadlo průmyslových hnojiv a chlévské mrvy, luční smyk a brány). Jejich kabinu tvoří převážně bezpečnostní rám a překročení svahové dostupnosti je akusticky signalizováno. Jejich průměrná hodinová spotřeba je 4 až 6 l motorové nafty.

V zahraničí se velmi často pro pěstování a sklizeň píce na svazích používají speciální stroje s výkonem motoru do 30 kW a svahovou dostupností do 30°. Jsou to jednonápravové nebo dvounápravové stroje, jejichž charakteristickým znakem je nízké těžiště, pohon na všechna čtyři kola, dostatečný rozchod kol, širokoprofilové pneumatiky se speciálním vzorkem pro zajištění směrové stability a hydraulické zařízení. Hlavními výrobci těchto strojů jsou firmy Reformwerke Bauer Rakousko, bucher – Futer AG Švýcarsko, Webu u.Co.AG Švýcarsko Rapid Rakousko.

Na podvozek strojů Reform Muli 30 (22,4 kW), 500 (35 kW), 600 (41,5 kW) s pohonem všech kol lze namontovat žací stroj, obraceč a shrnovač, velkoobjemovou nástavbu, rozmetadla průmyslových hnojiv a chlévské mrvy, plošinu a sklopnou nástavbu pro přepravu různého materiálu.

U ostatních samojízdných sklizňových strojů se převážně používá automatická regulace jejich vyrovnávání při sklizni na svahu (Svatoš J., 1992).

## 2. Pneumatiky

Základní částí dopravní techniky je podvozek, jehož hlavní součástí jsou pneumatiky. Od svého vzniku prošly pneumatiky mnoha změnami. Diagonální konstrukce byla nahrazena radiální konstrukcí.

Další změnou bylo používání ocelových kordů v nárazníkové vrstvě a v oblasti patky. Velmi výrazný pokrok byl zaznamenán ve složení směsi pneumatik, resp. směsí v různých částech pneumatiky a v použití materiálu vláken.

Požadavky na pneumatiky jsou funkční a provozní. Požadavky funkční vycházejí z potřeb konstruktérů mobilních energetických prostředků a přípojných vozidel. Jsou kladeny na ty parametry pneumatik, které mají vliv na jízdní vlastnosti vozidla. K jízdním vlastnostem vozidla patří dynamické chování v horizontálním (ovladatelnost při projíždění zatáček, směrová stabilita, akcelerace a brždění) i vertikálním směru (frekvence odpružených hmot, jízdní komfort).

Některé požadavky jsou ale protichůdné. Například je potřebné, aby pneumatiky svojí radiální pružností snižovaly přenos vibrací a nárazů od nerovností vozovky. Na druhé straně je radiální poddajnost příčinou vlastních vibrací kostry pneumatiky při přejíždění krátkých nerovností a vede k radiálním deformacím pneumatiky, se kterými souvisí velikost odporu valení.

### 2.1 Výroba pneumatik

Principiálně se pneumatika skládá ze tří hlavních komponentů: 80 – 85% tvoří pryž, 12 – 16% různá vlákna a 2 – 3% připadají na ocelový drát či umělohmotnou síť. Soudobá pneumatika je vyztužený pryžový kompozit vyrobený z polymerů (39%), černých sazí (27%), olejů (11%), různých chemikálií (11%), patkových lan (3%) a textilií.

Základními surovinami pro výrobu plášťů pneumatik jsou elastomery (kaučuky), přísady do kaučukové směsi, kordy z přírodních a chemických vláken (bavlna,

viskóza, polyamid, polyester apod.), kordy z ocelových vláken a ocelový drát (patní lano).

Kaučuk tvoří hlavní složku kaučukové směsi. Existuje kaučuk přírodní a syntetický. Přírodní kaučuk se přirozeným způsobem získává tzv. čepováním (naříznutím kůry) z kaučukodárných stromů a keřů rostoucích v tropickém pásmu. Vytéká z naříznutého místa v podobě bílé tekutiny – latexu.

Syntetickými kaučuky jsou například butadienstyrenový kaučuk (Kralex), cis – 1,4 – polybutadien, cis – 1,4 – polyisopren, ethylenpropylenový terpolymer EPDM. Tyto syntetické kaučuky mají některé vlastnosti, kterými z hlediska použití při výrobě pneumatik jasně převyšují přírodní kaučuky. Mají mnohem vyšší odolnost vůči nízké a vysoké teplotě, také mají nižší citlivost na působení olejů.

Vlastnosti kaučuků umožňují získávat vulkanizační kaučukové směsi pryž. Při vulkanizaci se do kaučuku přidávají vulkanizační činidla (aktivátory, plniva, ztužovala, změkčovadla, antioxidanta, antiozonanty). Aby pryž dosahovala požadovaných vlastností musí být vulkanizační činidla přesně dávkována. Mezi tyto vlastnosti především patří pevnost v tahu, strukturní pevnost, odolnost proti stárnutí vlivem povětrnosti, kyslíku i ozónu. Důležité jsou také dynamické vlastnosti.

Základní gumárenskou operací je plastifikace kaučuku, aby do kaučukové hmoty bylo možno dobře vmíchat přísady. Na dispergaci přísad, zejména sazí a vulkanizačních činidel, závisí homogenita směsi a na ní zase v nemalé míře konečné vlastnosti pneumatiky, hlavně běhounu, který je ve styku s vozovkou. Samotná vulkanizace je chemická reakce kaučukové makromolekuly se sírou, při níž se plastická kaučuková směs mění v elastickou pryž. Vulkanizace probíhá při lisování pláště pneumatiky ve formě. Dříve trval proces vulkanizace několik hodin, dnes při použití urychlovačů je to otázka několik málo minut. Při vulkanizaci hrají velkou roli saze. Jejich pozitivní efekt spočívá v jemnosti jednotlivých částic, které se dobře vážou s kaučukovými molekulami. To silně ovlivňuje vlastnosti pryže. Moderní procesy ve výrobě pneumatik umožňují nahrazovat saze kyselinou křemičitou (Silika). Z poměru 60 % sazí a 40 % kyseliny křemičité až do 90 % podílu této kyseliny. Použití kyseliny křemičité dává výrobcům pneumatik jisté nové možnosti (Vlk F., 2003).

## 2.2 Konstrukce pneumatik

1. diagonální plášť
2. plášť smíšené konstrukce
3. radiální plášť

**Diagonální plášť:** plášť, u kterého kordy jednotlivých vložek zasahují pod patková lanka, kolem kterých jsou přehnuty. Jsou uloženy pod úhlem menším než  $90^\circ$  vzhledem ke střední rovině běhounu. Kordy dvou sousedních vložek se kříží.

**Plášť smíšené konstrukce:** plášť s kostrou podobnou kostře diagonálního pláště, která je zpevněna pásem ze dvou nebo více vrstev kordu uloženého pod střídavým úhlem, podobným úhlu kordových nití v kostře. Tento typ pláště tvoří přechod mezi diagonálním a radiálním pláštěm.

**Radiální plášť:** plášť, u kterého kordy jednotlivých vložek zasahují pod patková lanka, kolem kterých jsou přehnuty. Jsou uloženy pod úhlem blízkým  $90^\circ(+0^\circ, -5^\circ)$  vzhledem ke střední rovině běhounu. Kostra je stabilizována obvodově neroztažitelným pásem.

**Kostru** tvoří několik vrstev pogumovaného plátna a kordových vláken. Vlákna jsou obklopena kaučukovou směsí (elastomery s přísadami), takže se mohou pohybovat, aniž se po sobě třou a proto se kordové tkanivo při deformaci zahřívá pouze nepatrně. Kordová vrstva je ukotvena kolem lan v patkách Kostra tvoří nosnou část pneumatiky, určuje její pevnost, zachycuje zatížení a dynamické silové namáhání. Počet kordových vložek se liší v závislosti na druhu pneumatiky.



**Běhoun** je nosný hřbet na vnějším obvodu zhotovený z odolné, tvrdé a houževnaté pryže. Běhoun je na povrchu různě vzorkován (vzorek = dezén), aby se zdrsněním zlepšil záběr a zamezilo se smyku a prokluzu pneumatiky. Drážkování vzorku nemá být uzavřené, aby se drážky nezanášely. To je zvláště důležité u pneumatik pro hnací kola traktorů.

**Nárazník** tvoří přechod mezi běhounem a kostrou pláště. Nárazník zlepšuje dynamické spojení mezi kostrou a běhounem za současného zvyšování odolnosti kostry pneumatiky proti průrazu. Materiál, ze kterého se nárazník vyrábí, bývá různý. V současné době má nejlepší vlastnosti ocelový kord, který se používá u radiálních pneumatik. U diagonálních pneumatik je materiál nárazníku obdobný jako u kostry. Nárazník také pohlcuje část tepla, které se vytvoří při jízdě. Svoji obvodovou tuhostí přispívá ke stabilitě kostry a omezuje pružnost dezénu.

**Bočnice** je tvořena pryží. Má za úkol chránit boční část kostry pneumatiky před mechanickým poškozením a působením atmosférických vlivů. S ohledem na deformaci pneumatiky v boku při provozu musí materiál snášet značné dynamické namáhání.

**Patka** je zesílená část pneumatiky, dosedající na ráfek. Je vytvořena ohnutím kordových vložek kolem patních lan (tvořeno ocelovými dráty). Patkou je pneumatika uchycena v ráfku a proto její tvar odpovídá tvaru ráfku.

V kostře pneumatiky tvoří pogumované kordy s ocelovým lanem tuhý systém a umožňují pevné ukotvení pneumatiky na ráfek. Patka u radiálních pneumatik je poněkud odlišná od patky u diagonálních plášťů. Je to dáno tím, že radiální se poněkud více odvalují, proto je patka vyztužena pogumovaným ocelovým kordem, který zabraňuje prolamování pláště pod patkou. Bezpečné upevnění pneumatiky na ráfek je zvýšeno rozdílem mezi průměrem patky a ráfku. Tím je zajištěna vzduchotěsnost bezdušových pneumatik a je zabráněno prokluzování pneumatiky na ráfku vlivem brzdících a záběrových sil. (Barum Continental, 2000)

## 2.3 Technické parametry pneumatik

Pneumatiky jsou charakterizovány v katalogích výrobců nebo na bocích pneumatik mnoha údaji. K nejdůležitějším patří: šířka přes boky, vnější průměr, statický poloměr, odvalený obvod, typ dezénu, nosnost pneumatiky v závislosti na tlaku vzduchu v pneumatice, číslo PR, rozměr, rychlostní kategorie a provedení kostry

**Šířka profilu pneumatiky** ( $b$ ) je maximální vzdálenost dvou rovin kolmých k ose rotace kola, které se dotýkají vnějších povrchů boků nezátížené nahuštěné pneumatiky.

**Šířka zatížené pneumatiky** ( $b_g$ ) je maximální vzdálenost dvou rovin kolmých k ose rotace, které se dotýkají vnějších povrchů boku zatížené pneumatiky v místech popisů a pásků v maximálně deformované oblasti.

**Vnější průměr pneumatiky** ( $d_k$ ) je vzdálenost dvou rovnoběžných rovin dotýkajících se vnějšího povrchu nezátížené pneumatiky.

### 2.3.1 Diskové kolo

**Diskové kolo** je nerozebíratelné kolo sestávající z ráfku a disku.

**Ráfek** je část kola, na kterou se nasazuje plášť.

**Disk kola** je část kola, která je spojovacím prvkem mezi hlavou kola a ráfkem.

**Okraj ráfku** je část ráfku, která zajišťuje boční opěr pro patky pláště.

**Dosedací plocha** je část ráfku, na níž je usazena patka pláště (u bezdušových ráfků je součástí této plochy tzv. bezpečnostní profil zabraňující sesmeknutí patky pláště z ráfku).

**Prohloubení** je část ráfku umožňující montáž a demontáž pláště přes okraj ráfku.

**Zális** je vzdálenost roviny souměrnosti ráfku od dosedací plochy disku; podle konstrukce kola může být kladný, záporný nebo nulový.

**Jmenovitá šířka ráfku** je vzdálenost roviny souměrnosti ráfku od dosedací plochy disku; podle konstrukce kola může být kladný, záporný nebo nulový

**Jmenovitý průměr ráfku** je průměr ráfku v palcích měřený v oblasti dosedací plochy patky pláště.

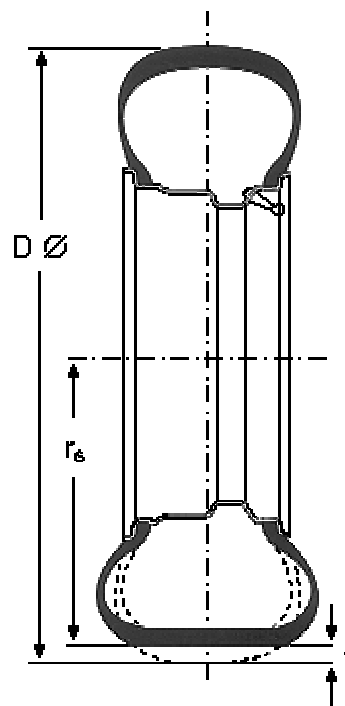
**Standardní rozměry** jsou teoretické hodnoty platné pro novou pneumatiku, šířka je vztažena na hladkou bočnici, vnější průměr na střed běhounu.

**Maximální rozměry** jsou skutečné hodnoty nahuštěné nezátížené pneumatiky včetně nárůstu, ale s vyloučením dynamických deformací. Šířka je maximální povolená šířka pláště namontovaného na měrný ráfek včetně výstupků na bočnici. Vnější průměr je maximální povolený průměr.

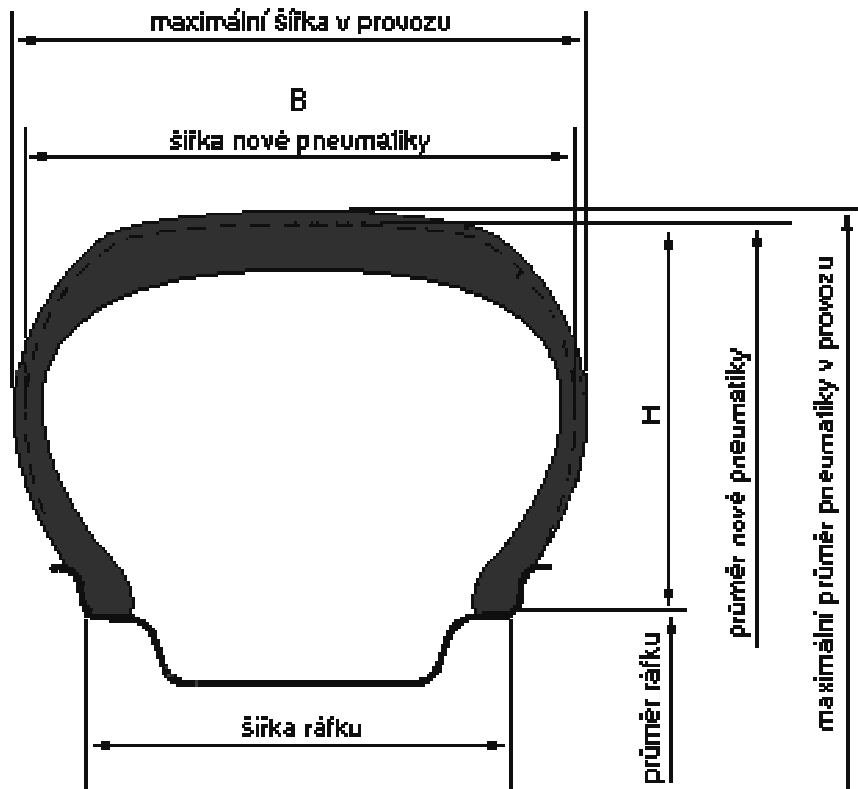
**Statický poloměr** je vzdálenost osy rotace nepohybující se pneumatiky od opěrné rovinné podložky rovnoběžné s osou rotace pneumatiky při předepsaném radiálním zatížení a huštění.

**Odvalený obvod** pneumatiky je dráha odvalená pneumatikou na pevné rovné vozovce při jedné otáčce.

Huštění pneumatiky je udáváno v kPa a platí pro rychlost do  $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

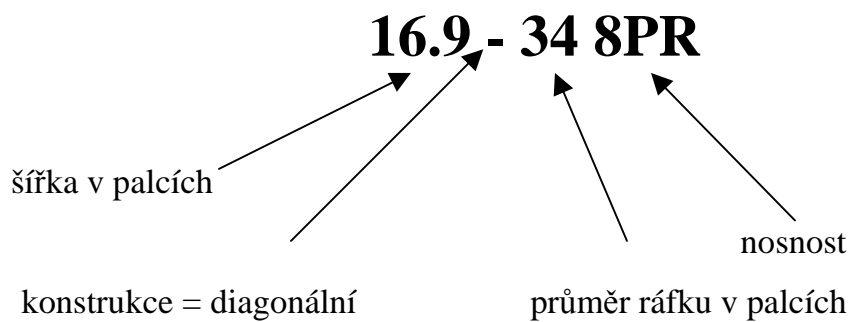


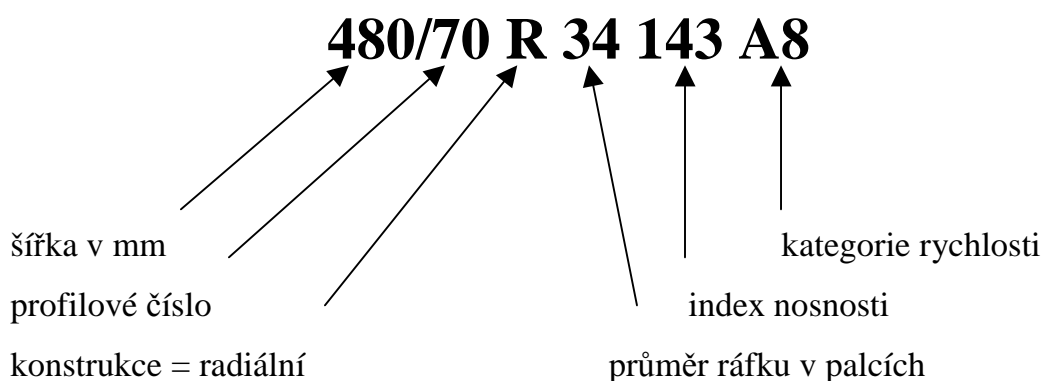
**Obrázek 1 Základní rozměry pneumatik**



Obrázek 2 Průřez pneumatikou

## 2.4 Označování pneumatik





### Index nosnosti (LI – Load Index)

Je to číslo určující maximální nosnost pneumatiky při rychlosti dané kategorií rychlosti za daných specifických podmínek.

**Tabulka 3 Tabulka Indexu nosnosti**

LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg
90	600	105	925	120	1400	135	2180
95	690	110	1060	125	1650	140	2500
100	800	115	1215	130	1900	145	2900

### Kategorie rychlosti (SS – Speed Symbol)

Je maximální rychlost, při které může pneumatika nést hmotnost určenou indexem nosnosti za daných specifických podmínek. Symbol kategorie rychlosti pneumatik pro traktory a zemědělské stroje je určen kombinací velkého písmene a číslice.

**Tabulka 4 Tabulka kategorie rychlosti**

Symbol	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B
Rychlost (km.h <sup>-1</sup> )	5	10	15	20	25	30	35	40	50

## 2.5 Provozní pokyny pro používání pneumatik

### Hustící tlak

Hustící tlak je konstrukční veličina stanovená výrobcem pneumatiky. Přesným dodržením se zajistí vysoká životnost, velká tažná síla při malém prokluzu, co největší šetření půdy, příznivé odvalování kola.

Potřebný hustící tlak je závislý na rozměrech pneumatik (objem vzduchu), zatížení pneumatiky, maximální rychlosti a na velikosti styčné plochy s půdou.

Rozměr pneumatiky určuje výrobce traktorů a zemědělského nářadí. Pro daný rozměr pneumatiky je potřebný tlak závislý na:

- maximální zatížení
- maximální rychlost jízdy

Všechny hustící tlaky platí pro studenou pneumatiku, tedy po několika hodinách ve stavu klidu na volném prostranství bez silného slunečního svitu.

Pro každou pneumatiku lze nalézt přiřazené zatížení/hustící tlak v technických údajích. Hustící tlak je přizpůsoben zatížení, tak aby deformace pneumatiky byla v rozmezí při kterém splňuje všechny provozní požadavky, zejména co se týče záběru a životnosti. Tlak vzduchu má vliv na pohlcování rázů od vozovky, na bezpečnost provozu, na životnost pneumatiky a na schopnosti nést zatížení. Nosnost nízkotlakých pneumatik je závislá nejen na tlaku vzduchu v pneumatikách, ale také na rychlosti jízdy. Uvedené tlaky jsou minimální hodnoty. Při provozu na tvrdém podkladu (na silnici je vhodné zvýšit tlak podle zatížení o 30 kPa. Sníží se tím vznikající prokluz a zmenší oděr (řádce Barum)..

### *Nízký tlak vzduchu*

Nevýhody nízkého tlaku vzduchu v pneumatikách:

- nerovnoměrné opotřebení dezénu

- snížení poloměru otáčení a tím i rychlosti jízdy
- zmenšení odolnosti bočnic pneumatiky proti poškození řezem
- zlom kostry v místech nadměrně přetěžovaných ohybem
- pneumatika sedí jen volně na ráfku. Ventil může být vytržen ze zakotvení. Následkem je ztráta tlaku vzduchu.

### ***Vysoký tlak vzduchu***

Střed běhounu je více vypouklý než ramenní partie. Tažná síla se sníží, protože se zmenší styčná plocha. Pneumatika se při přenosu hnací síly na podložku protáčí. Další nebezpečím je, že pneumatika se může probořit příliš do půdy. Velký prokluz znamená dále nadměrnou spotřebu paliva a ničení struktury půdy, resp. porostu. Proto je velmi nutné zkontrolovat tlak vzduchu, pokud se pneu neplní vodou. V případě požadavku na vysokou tahovou sílu traktoru se doporučuje snížit hustící tlak.

Z uvedeného je patrné, že u jednotlivých pneumatik může existovat určitý optimální tlak vzduchu v pneumatice v závislosti na podmínkách provozu tak, aby byly zachovány optimální vlastnosti pneumatiky (zejména pružení, adheze, záběrové vlastnosti), ekonomika provozu (nízký valivý odpor), životnost pneumatiky (opotřebenění běhounu rovnoměrně, neprolamování bočnice pneumatiky), bezpečnost provozu (skluz, prokluz, brzdění) a šetrnost k povrchu, po kterém se pneumatika odvaluje (zhutnění, vyjždění kolejí, poškození porostu).

Boční pohyb, resp. skluz kola je nežádoucí jev, který s sebou přináší riziko havárie dopravního prostředku, poškození pneumatik, podvozků a zemědělských plodin, zejména při pohybu zemědělské techniky v podhorských a horských oblastech, kde je výskyt cest s jednostranným příčným sklonem významný.

Při působení silou na kolo v ose jeho rotace (boční síla) se uplatňuje třecí síla, která brání vzniku pohybu kola po podložce. Jedná se o statické smykové tření, které umožňuje pohyb kola po podložce. Příčinou vzniku smykového tření je makroskopická i mikroskopická drsnost běhounu pneumatiky a podložky. Makroskopická drsnost pneumatiky je tvořena konfigurací dezénu a makroskopická drsnost podložky hrubostí povrchu vozovky. Mikroskopické



nerovnosti povrchu pneumatiky i podložky jsou způsobeny krystalickou strukturou jejich povrchů. Při zvětšování velikosti boční síly do okamžiku, kdy je její hodnota vyšší než třecí síla  $F_t$ , dojde k bočnímu pohybu kola po podložce.

V praxi je velikost mezní třecí síly  $F_t$  ovlivňována na jedné straně konstrukcí pneumatiky a podmínkami stanovenými výrobcem pneumatiky, materiálem a provedením běhounu pneumatiky a povrchem vozovky. To jsou parametry, které nelze přímo ovlivnit. Na druhé straně existují i parametry, které lze ovlivnit obsluhou. K nim patří tlak vzduchu v pneumatice, velikost radiálního zatížení, úroveň a charakter opotřebení běhounu a výběr trasy v závislosti na okamžitém stavu podložky.

Závislost vzájemných vazeb uvedených parametrů byla ověřována při měření přilnavosti pneumatiky, resp. při měření velikosti boční síly, kterou bylo nutné vynaložit, aby došlo k bočnímu skluzu kola (velikost mezní třecí síly) (kumák)..

### ***Zvýšení tahové síly traktoru***

Velká tahová síla je u traktorů požadována především při orbě a těžkých polních pracích. Snahou je dosáhnout co možná nejmenší prokluz hnacích kol a zajistit tak maximální silovou vazbu mezi pneumatikou a půdou. Tato je ovlivněna řadou faktorů. Rozhodující jsou především: velikost styčné plochy a hustící tlak, velikost a konstrukce pneumatik, zatížení hnací nápravy, výška dezénových figur, druh půdy apod.

Zvětšení tahové síly je možné zajistit zvětšením styčné plochy pneumatiky s půdou použitím nižšího hustícího tlaku. V důsledku provedené korekce dochází k zploštění pneumatiky, přičemž se do záběru dostává více záběrových figur. Pro orbu jsou u pneumatik povoleny nižší hustící tlaky, ovšem pouze v určitých přístupných mezích. Při přenášení vysokých tahových sil je více namáhána kordová kostra v oblasti bočnice. Minimální huštění pneumatik je voleno tak, aby nedocházelo k jejich nadměrným deformacím v oblasti bočnice, patky a ramena pneumatiky.

### ***Zatížení pneumatik***

Největším problémem při nastavení hustícího tlaku je proměnné zatížení, kterému je pneumatika vystavena. Optimální by bylo hustící tlak seřídit při každé změně náradí,

což lze prakticky zajistit obtížně. Proto se z bezpečnostních důvodů doporučuje při častém střídání nářadí nastavit husticí tlak podle nejtěžšího nářadí na přední a zadní nápravě. Husticí tlak sice není ve všech případech optimální, ale je to kompromis zajišťující bezpečnost. Při dlouhodobém nebo velmi častém používání nářadí se nastaví husticí tlak přesně.

K zajištění zatížení pneumatik se nejdříve zjistí zatížení přední a zadní nápravy nezatíženého stroje. K zatížení náprav vlastní vahou traktoru se připočte zatížení neseného nářadí.

Ze zatížení nápravy vlastní vahou a z dodatečného zatížení neseného nářadí vyplývá výsledné zatížení na přední a zadní nápravě. Nesmí být větší než výrobcem traktoru uvedené maximální přípustné zatížení nápravy.

Namontováním nářadí s určitým převisem vzniká moment, díky kterému se nosná náprava zatěžuje více než činí hmotnost nářadí (Kovář J., 2003)..

### ***Nosnost a rychlost***

Při zjišťování minimálního rozměru pneumatiky nutného pro danou nápravu vozidla se vychází zásadně z maximálního přípustného zatížení nápravy a z konstrukční rychlosti vozidla.

## **2.6 Dezény pneumatik a hlavní požadavky na ně kladené**

Běžná plocha dezénu je opatřena tzv. vzorkem. Je to soustava různě uspořádaných žlábků, které rozčleňují povrch běžné plochy na geometrické obrazce, tzv. figury. Hlavní úlohou dezénu je zabezpečit dostatečnou přilnavost pneumatiky k vozovce.

Lze navrhnout takový dezén, který by byl speciálně lamelovaný, kdy by se lamely na měkkém terénu pootevíraly a bránily by skluzu a na tvrdém podkladu by tvořily celistvý povrch – hladký běhoun. Také může být běhoun pneumatiky hladký a pouze v určitých místech po obvodu může být vrubován (s obdobnou funkcí jako kdysi

používané sněhové řetězy). Na hladkém povrchu by byly pouze kontrolní body pro zjištění opotřebení pneumatiky ( Celjak, I., 2001).

Dezény se pro jednotlivé dopravní prostředky značně liší. Dezény pro osobní automobily se dělí podle velikosti a uspořádání drážek na letní a zimní dezény. Dezény pro nákladní a užitkové vozidla rozlišujeme na dráhové a terénní. Dráhové dezény mají drážkování převážně v podélném směru. Jsou to pásové typy dezénů, které jsou vhodné pro provoz na vozovkách s pevným povrchem. Terénní dezény charakteristické velmi rozměrnými žlábkami, převážně v příčném směru a velkými blokovými figurami, které zajišťují dobré záběrové vlastnosti v méně únosném terénu. Nejběžnější je tzv. šípový dezén, jehož šikmospořádané žlábkami mají samočisticí účinek, při prokluzu pneumatiky vytlačují materiál podkladu na stranu, tím nedojde k zaplnění žlábků a ztrátě záběrových vlastností. U nákladních a užitkových automobilů se také používají kombinované (univerzální) dezény ( Vlk, F., 2003).

Univerzální typ dezénu není stanoven pouze jedním tvarem. Univerzální tvar by měl vyhovovat různým podmínkám (např. různá vlhkost a druh povrchu, pracovní rychlost, sklon pozemku atd.) určitým kompromisním řešením tvaru. Podle kombinace podmínek, při nichž je na jeden nebo více činitelů kladená větší váha, je univerzální tvar upravován pro dosažení určitého optima pro volený výběr podmínek.

U zemědělských pneumatik pro přívěsy a návěsy (nehnané nápravy) se nejčastěji používají tzv. pásové dezény doplněné pilovým ozubem a lamelami ke zvýšení záběrových vlastností a k odvodu vody. Na pásech, které tvoří rozhraní mezi mezerami, mohou být ještě zářezy různého tvaru, které zlepšují adhezi na vlhké vozovce nebo za zhoršených klimatických podmínek. Zářezy mohou ústít do mezer nebo mohou být uzavřené. S rostoucí mezerou mezi jednotlivými pásy narůstá i hlučnost pneumatiky při odvalování po vozovce. Zvyšuje se také valivý odpor a snižuje se životnost pneumatiky. Takováto pneumatika má však lepší záběrové vlastnosti, čímž lépe přenesne hnací sílu na povrch, po kterém se odvaluje (Celjak, I., 2001).

Pro specifické konkrétní podmínky výrobci navrhnou speciální tvar dezénu, který plně odpovídá požadavkům uživatelů (např. pneumatiky pro lesní a zemní techniku).

### Požadavky na dezén pneumatik:

- tvar a hustota žeber dezénu mají být upraveny podle podmínek práce (pro adhezi a držení směru jízdy),
- dosedací plocha dezénu pneumatiky (která přichází do styku s vozovkou) má mít v příčném průřezu takovou velikost zaoblení, aby se při doporučeném tlaku vzduchu dosáhlo pokud možno malého koeficientu valivého odporu po poli i vozovce,
- dosedací plocha dezénu pneumatiky má mít takový tvar, aby docházelo k rovnoměrnému nízkému opotřebení v celém příčném profilu dezénu,
- vzorek dezénu má mít takové vlastnosti, aby při odvalování nedocházelo k podstatnému porušování povrchu terénu,
- vzorek dezénu má mít takové vlastnosti, aby při výstupu z půdy nedocházelo k rozrušování povrchu v důsledku odhazování zeminy pružícím deformovaným vzorkem,
- žebra dezénu mají být upravena a rozmístěna na povrchu pneumatiky tak, aby při odvalování pneumatiky vznikaly takové relativní pohyby, při nichž dochází k vytlačování nečistot,
- je třeba, aby koeficient plnosti dezénu byl dostatečně vysoký při používání pneumatik k dopravním účelům i na pevných vozovkách. Koeficient plnosti dezénu je doporučován v rozmezí 70 - 75 % u mechanizace prací a dopravy na loukách a na písčitých půdách, v rozmezí 50 - 55 % u mechanizace prací v dopravě na půdě se střední a malou vlhkostí a k přepravě po pevných vozovkách všech druhů (Andert, 1967).

## **2.7 Nejpoužívanější rozměry pneumatik v zemědělské dopravě a hlavní tuzemští a zahraniční výrobci pneumatik**

### **Barum**

#### **O SPOLEČNOSTI**

Prodejní a servisní síť Barum je součástí největšího českého výrobce pneumatik, firmy Barum Continental. Společnost Barum Continental se v roce 1999 stala také největším závodem na výrobu pneumatik v Evropě.

Těží jak z historie svého oboru (první pneumatiky u nás vyráběla již ve čtyřicátých letech firma Baťa), tak z moderních vývojových trendů a obchodní strategie. Spojení otrokovické pneumatikárny se strategickým zahraničním partnerem v roce 1993 se ukázalo jako vhodné pro výrobu zemědělských pneumatik. Koncern Continental přinesl do Otrokovic nejen nejmodernější technologie a nové strojní zařízení, ale i novou podnikovou kulturu a nové přístupy k práci.

#### **Sortiment radiálních implementů**

##### **NR 40 A**

- záběrový šípový dezén speciálně určený pro provoz v zemědělství
- vhodný pro montáž na přední i zadní nápravy
- výborná průchodnost terénem a dobré samočisticí schopnosti

##### **NR 27**

- terénní dezén pro kombinovaný resp. Středně těžký provoz na všech nápravách
- velmi dobré záběrové vlastnosti

## Sortiment diagonálních implementů

### ZSN 4

- dezén ZSN 4 vychází z osvědčeného dezénu UKN 4
- drážky mezi jednotlivými bloky dezénu mají větší hloubku
- pneumatika je především vhodná pro práci v zemědělství

### UKN 4

- typický vodící dezén pro přívěsná vozidla
- zakřivení obvodových žebér v centrální části spolu s krátkými, silnými záběrovými zuby v okraji běhounu zajišťuje dobré vedení a plynulý výjezd z vyjeté koleje

### DTN 4

- záběrový dezén s velkými zuby zajišťuje dobrý přenos hnacích sil na povrch vozovky
- pneumatika je vhodná pro nejrůznější typy nakladačů a je možné ji použít jak na silnici, tak při zemních pracích v zemědělství a ve stavebnictví

**Tabulka 5 Radiální implementy**

Rozměr	LI/S	Dezén	Typ	Ventil	Rozměry nových pneumatik		Statický poloměr ±2% (mm)	Účinný odvalný obvod ±2,5 % (mm)	Ráfek doporučený
					Šířka profilu (mm)	Vnější průměr (mm)			
445/65 R	169F	NR	TL	V 528	454	1150	524	3508	14,00

22,5		40A							
18 R 22,5	168J	NR 27	TL	V 528	457	1158	528	3509	14,00

**Tabulka 6 Diagonální implementy**

Rozměr	PR	Dezén	Typ	Rozměry				Statický poloměr ±2% (mm)
				konstrukční		Maxim. provozní		
				Šířka profilu (mm)	Vnější průměr (mm)	Šířka profilu (mm)	Vnější průměr (mm)	
7,50-16	8	ZSN 4	TT	209	787	219	802	362
10,0/75- 15,3	14	UKN 4	TT	264	760	277	800	360
10,0/75- 15,3	10	DTN 4	TT	264	760	277	800	360

### **Pirelli**

Společnost Pirelli S.p.A. je holdingová společnost, která vlastní a řídí veškerou činnost skupiny po celém světě; zajišťuje maximální koordinaci různých dceřiných společností ve 24 zemích a pěti světadílech. Činnost skupiny se soustřeďuje na tři základní oblasti podnikání: energie, telekomunikační systémy a výrobu pneumatik. Vyrábí velmi široký sortiment

zemědělských a lesnických pneumatik

V posledních letech zahájila skupina etapu obnovené mezinárodní prezentace, jejímž výsledkem je stálé zlepšování všech hlavních hospodářských ukazatelů.

**Tabulka 7 Diagonální implementy**

Rozměr	Typ	Šířka (mm)	Vnější průměr (mm)	Statický poloměr (mm)	Ráfek doporučený	Nosnost pneumatiky v kg v závislosti na huštění v kPa				
						1,4	1,6	1,8	2,0	2,3
10,5-18 MPT, 6 PR	Agrar	267	929	419	9 x 18“T 615	1115	1205	1290	1375	1470
12,5-20 MPT, 10 PR	GG1	328	1038	480	11 x 12,5-20	1360	1470	1575	1675	1795

### Mitas

Společnost byla založena společností Pneu Michelin a.s. koncernem Michelin v Praze Záběhlicích roku 1933. MITAS, a.s. byla začleněna do skupiny Česká gumárenská společnost, a.s, která v současné době představuje největší českou skupinu gumárenského průmyslu v České republice. ČGS, a.s. se pravidelně umísťuje v prestižním žebříčku nejvýznamnějších českých společností Czech Top 100. MITAS a.s. v tomto roce založila svoji dceřinou společnost Antikor, s.r.o.. V roce 1999 byl



zahájen restrukturalizační program pod názvem "Projekt MITAS 2004". Do skupiny ČGS byla začleněna akciová společnost IGTT, s cílem zabezpečit špičkové vývojové pracoviště na světové úrovni.

**Tabulka 8 Diagonální implementy**

ROZMĚR PLÁŠTĚ	RATI NG	TY P	INDEX NOSN.*/ KATEG. RYCHL.	RÁFEK		NOVÁ	
				DOPORUČ ENÝ	VNĚJŠÍ PRŮMĚR [mm]	ŠÍŘKA PROFILU [mm]	VNĚJŠÍ PRŮMĚŘ [mm]
500/60- 22.5	12 PR	Tbl	154 A8	16.00	1192	503	1234
500/60- 22.5	16 PR	Tbl	159 A8	16.00	1192	503	1234
550/60- 22.5	12 PR	Tbl	157 A8	16.00	1254	537	1300
550/60- 22.5	16 PR	Tbl	163 A8	16.00	1254	537	1300

MAX.PROVOZNI			
ŠÍŘKA [mm]	PLÁŠTĚ	STATICKÝ [mm]	POLOMĚŘ
543		540	
543		540	
580		560	
580		560	

## **GOOD YEAR**

Již více než 100 let působí na světovém trhu z pneumatikami a stále vyvíjí nové výrobky pro více než 140 zemí, kde se dnes prodává na 370 různých produktů značky Goodyear pro zemědělskou techniku. Všestranné zemědělské pneumatiky Goodyear Optitrac se dodávají v obvyklých rozměrech od úzkých vodících pneumatik po mohutné záběrové. Nabízejí výhody jak při práci na poli, tak během jízdy po silnici. Zatím posledními příspěvky do širokého sortimentu produktů Optitrac jsou typy DT 812Wide a DT 830 Super Volume. Tyto pláště doplnily úzký typ DT 800 a pneumatiky STR se standardní šířkou. V roce 2001 Goodyear představil první automobilovou pneumatiku s technologií BioTred, jež používá směs na bázi kukuřičného škrobu, který částečně nahradil ropné deriváty. Díky BioTrendu je pneumatika lehčí, bezpečnější a odolnější. Zároveň také snižuje spotřebu paliva a celkové ekologické zatížení. Již v loňském roce výzkumné a vývojové oddělení firmy Goodyear předvedlo pneumatiku s technologií BioTrend vhodnou k použití u zemědělských strojů a provedlo rozsáhlé testování tohoto pláště. Každý testovací traktor má nasazenou jednu běžnou a jednu inovovanou pneumatiku DT 812, aby porovnání probíhalo za srovnatelných podmínek. I když se stále ještě čeká na konečné výsledky, první závěry jsou pozitivní [49].

**Tabulka 9 Diagonální implementy**

Velikost pláště	Typ	Rating	Šířka (mm)	Vnější Průměr (mm)	Statický poloměr (mm)	Ráfek	Hmotnost pneu. (kg)
8.00-16 SL	LAB	10	218	800	373	5,50	19

### **Nokian**

Pneumatiky finské firmy NOKIAN TYRES Ltd. se na našem trhu objevují díky firmě Anděl Export-Import s.r.o. poprvé na podzim roku 1994. Tehdy se ještě vyráběly pod názvem NOKIA ve stejnojmenném finském městě, ležícím přibližně 15 km od finského Tampere.

Nabídka pneumatik zahrnuje široký sortiment traktorových pneumatik v radiálním i diagonálním provedení - TRACTOR FS DT, TRACTOR RADIAL, TRACTOR FRONT a MULTIRIB. Flotační pneu - ELS, ELS L-1, ELS L-2 a TRS LS-2 - nízký tlak na půdu, dlouhá životnost a snadná údržba. Dále nabízíme pneu pro zemědělské přívěsy TRACTOR TRAILER, pro malotraktory SOFT GRIP a ostatní zemědělské stroje TRACTOR FARMER.

### **Trelleborg**

Švédský koncern Trelleborg má ve vývoji a výrobě zemědělských a lesnických pneumatik má více než stoletou tradici. S distribuční základnou po celém světě představuje partnera pro řešení konkrétních zákaznických požadavků na kola

zemědělských, lesnických a speciálních strojů. Česká pobočka koncernu Trelleborg vznikla roku 1996 pro podporu zákazníků a rozvoj distribuční sítě kolových systémů v Čechách i na Slovensku. Zastupuje zde nejen sortiment kol pro zemědělskou a lesní techniku, ale také specifický segment kol pro manipulační techniku.

Sortiment kol Trelleborg zahrnuje všechny zemědělské segmenty – pláště od 3 do 15 palců pro zelené plochy, malou zemědělskou mechanizaci, kola pro pluhu a kultivační stroje, sortiment standardních implementovaných plášťů i jejich široké Twin verze, které dnes s přibývajícím vahou strojů získávají stále větší uplatnění, a nakonec již zmíněný sortiment traktorových kol Tractor Twin [55].

Typy pneumatik:

AW, AF, RIB IMPLEMENT, TRACTION

**Tabulka 10 Diagonální implementy**

Rozměry	Rating	Typ	Ráfek	Průměr	Šířka
7,50-10	10	AF	5,50F	634	214
10,0/80-12	6	AW	9,00	710	264

## **MICHELIN**

Společnost Michelin ČR, s.r.o., působí na českém trhu od roku 1995, kdy začala současně prodávat pneumatiky pro osobní a nákladní automobily a zároveň pneumatiky pro zemědělské stroje. V současné době představuje zemědělský program několik koncernových značek: Michelin, Kleber, Taurus, Kormoran a BFGoodrich. Pod označením Michelin se prodávají radiální pneumatiky pro traktory s dezény Agribib, XM108, XM27, XM28, pro vysoce výkonné traktory pneumatiky Machxbib.

Na rok 2003 Michelin připravil novou řadu pneumatik Megaxbib pro sklízecí stroje. Jedná se o pneumatiky, které jako první ve své třídě používají ocelové nárazníky. Dále Michelin dodává speciální pneumatiky Forexbib pro lesní traktory, Cargobib pro zemědělské přívěsy a návěsy a XM27 a XM37 pro teleskopické manipulátory.

Ve výrobním programu značek Michelin, Kleber a Taurus je zahrnuta výroba speciálních kultivačních pneumatik od průměru 32 do 54 palců.

Pneumatiky Kormoran jsou vyráběny s radiální konstrukcí – Kopro a AN-25, a s diagonální konstrukcí – Pandoro, Aquapro, AN-13 a AN14.

Nově byla uvedena na český trh v loňském roce značka BFGoodrich. Pod touto značkou se prodávají pneumatiky diagonální pro přední nezáběrové (řídící) nápravy traktorů – Power Steer, pneumatiky pro přívěsy – Power Trailer, Power Garden – pneu pro malotraktory a pneumatiky Power Hobby určené pro zahradní sekačky. Od roku 2003 jsou u nás dostupné i diagonální agro-industriální pneumatiky Power Industrial Mix nebo Agro. Tyto pneumatiky jsou vhodné zejména pro rypadla, nakladače, teleskopické manipulátory a mini-nakladače (Beneš, 2002).

## **Kléber**

Kléber je francouzský výrobce pneumatik, jež je koncernem Michelinu. Na trhu s pneumatikami zaujímá střední cenovou úroveň. Značka Kleber nabízí pneumatiky pro traktory a zemědělské automobily, které jsou pro svou kvalitu na našem trhu velice oblíbené. Pro nejvyšší výkonové třídy traktorů jsou nabízeny širokoprofilové radiální pneumatiky s označením Topker a Super 15. Tyto pneumatiky splňují nejnáročnější požadavky trhu. Pro střední třídu traktorů Kléber nabízí pneumatiky typu Super 11L a Super GL. Pro užitkové zemědělské stroje je určena pneumatika typu Fitker (Beneš, 2002).

## **TAURUS**

Firma Taurus vyrábí pro zemědělské stroje radiální pneumatiky. Co se týká kvality a ceny, jsou umístěny ve středním segmentu mezi ostatními značkami koncernu Michelin. Zde si však firma svůj trh pomalu, ale bezpečně vybudovala a díky dobré odezvě z provozu i úspěšně zachovává. Radiální pneumatiky Taurus se vyznačují vyrovnaností hodnot v důležitých kritériích hodnocení. Mezi standardní traktorové pneumatiky řadí Taurus typ Point 8. V nízkoprofilové sérii nabízí typy Point 7 a Point 65. Kultivační pneumatiky dodává s označením Soilsaver RC 95 a pro malé traktory MiniRadial (Beneš, 2002).

## **BRIDGESTONE**

Světověznámý koncern působí na světovém trhu již více než 70 let. Jeho hlavními výrobními produkty jsou pneumatiky pro osobní a závodní automobily. Zemědělské pneumatiky vyrábí především pro traktory a malou zahradní techniku. Traktorové pneumatiky jsou vyráběny pod označením FSL, FL, FSLH, FM 1-3 a flotační pneumatiky PL. Širší sortiment pneumatik pro zemědělské, lesnické a stavební stroje nabízí koncernová pobočka Bridgestonu, značka FIRESTONE. Firestone představuje špičkový vývoj ve výrobních technologiích zemědělských pneumatik nejen v Evropě, ale i na celém světě. Tento výrobce nabízí především pneumatiky radiální konstrukce pod označením RADIAL 4000, 6000, 8000 a novinku RADIAL 9000 EVOLUTION. Dalším koncernovým podnikem Bridgestonu je firma DAYTON (Skalický, 2003).

## **3. Mechanika motorových vozidel**

### **3.1 Funkce a vlastnosti automobilového kola**

#### **3.1.1 Základními funkcemi kola je:**

- přenášet váhu z vozidla na vozovku,
- umožnit valením pohyb vozidla
- přenáší za pohybu síly a momenty sil mezi vozidlem a vozovkou
- je-li radiálně pružné, umožňuje odpérovat hmotu náprav a tím zlepšit odpérování celého vozidla a zlepšit styk kol s vozovkou.

#### **3.1.2 Vlastnosti automobilového kola**

Typickou vlastností je pružnost ve třech směrech:

-Pružnost ve směru radiálním podmiňuje pérovací schopnost kola. Je to vlastnost převážně příznivá, zvyšování radiální pružnosti kol zlepšuje odpérování vozidla. Radiální deformace pneumatik je ovšem hlavní příčinou vzniku valivého odporu, proto ji nelze nadměrně zvětšovat.

-Pružnost ve směru tangenciálním způsobuje jednak příznivé zmenšení torsních rázů v hnacím mechanismu vozidla a zmenšení parazitních momentů hnacího ústrojí, jednak zvětšuje ztráty kolem přenášených obvodových sil a tím zvyšuje valivý odpor.

- Pružnost ve směru bočním (ve směru osy kola) je vlastnost výhradně nepříznivá, neboť při působení boční síly způsobuje nežádoucí změnu směru odvalování kola a tím i změnu směru jízdy vozidla (Kovařík J., 1967).

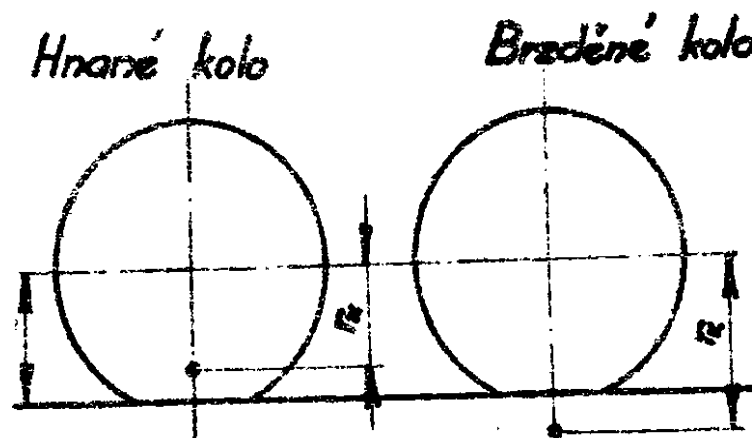
#### **3.1.3 Poloměry kola**

U automobilového kola, na rozdíl od kola tuhého, rozlišujeme několik poloměrů:

- poloměr jmenovitý je poloměr, udávaný normou pro kolo daného druhu a rozměru

- poloměr volný je skutečný poloměr, který má dané kolo, není-li zatíženo žádnými radiálními silami
- poloměr statický je poloměr, který naměříme u neotáčejícího se kola, zatíženého jmenovitou radiální silou
- poloměr dynamický ( $r_d$ ) je skutečný poloměr (tj. kolmá vzdálenost středu kola od opěrné plochy, který má kolo při jízdě vozidla a případně i přenosu obvodových sil
- poloměr valení ( $r_k$ ) je fiktivní poloměr a je to poloměr myšleného nedeformujícího se kola, které má se skutečným kolem stejnou rychlost otáčení (úhlovou rychlost) i stejnou rychlost valení.

Všechny poloměry jsou uvažovány při normálním huštění pneumatik. Dynamický poloměr roste při zvětšující se rychlosti otáčení kola vlivem odstředivé síly, působící na desén. Poloměr valení je roven poloměru dynamickému, nepřenáší-li kolo žádnou obvodovou sílu. Při přenosu hnací síly se poloměr valení zmenší proti dynamickému vlivem tangenciální deformace a prokluzu ve stopě, při přenosu brzděné síly se zvětší (Obrázek 3).



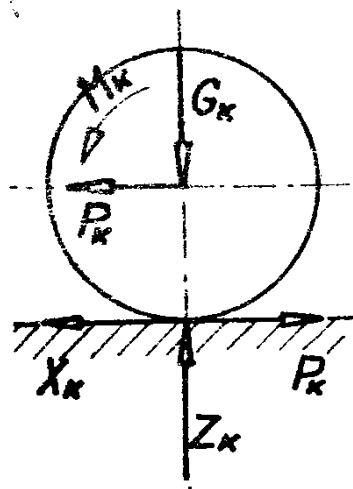
**Obrázek 3 Poloměr valení hnaného a brzděného kola**

Prokluzuje-li hnané kolo na místě, je poloměr valení nulový, při brzdění se zablokovanými koly je nekonečně velký (Kovařík J, 1967).

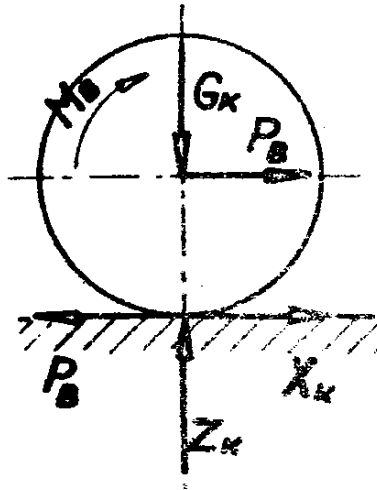


### 3.1.4 Síly a reakce působící na kolo.

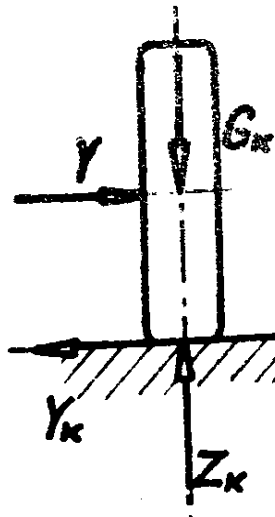
Zatížení kola  $G_k$  vyvolává radiální reakci podložky  $Z_k$ . Tato podmiňuje možnost vzniku dalších sil na kole. Přenáší-li kolo hnací moment  $M_k$  (Obrázek 4), který je tvořen dvojicí sil  $P_k$  v ložisku kola a ve styku s podložkou, vzniká tangenciální reakce  $X_k$  ve směru pohybu kola. Síly  $P_k$  a  $X_k$  v rovině podložky se vzájemně ruší, zbývající síla  $P_k$  v ložisku kola je vlastní hnací silou, způsobující dopředný pohyb kola a s ním i vozidla. Při přenosu brzdného momentu  $M_b$  (Obrázek 5) jsou poměry opačné. Působí-li na kolo boční síla  $Y$  (v ose kola, Obrázek 6), vzniká boční reakce  $Y_k$ . Radiální reakce je vždy rovna zatížení kola (síla, přenášená ložiskem kola kolmo k podložce + váha kola), velikost tangenciální a boční reakce je omezena adhesí mezi kolem a podložkou (Kovařík, J., 1967).



Obrázek 4



Obrázek 5



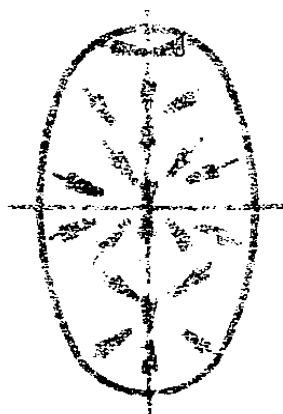
Obrázek 6 Síly působící na kolo

### 3.1.5 Adhese

Styčná plocha pneumatiky s podložkou se nazývá stopa pneumatiky. Deformací pneumatiky ve styčné ploše vznikají ve stopě síly různých směrů (viz Obrázek 7), které jsou navzájem v rovnováze, nepřenáší-li kolo žádnou tangenciální ani boční sílu. Přenáší-li kolo obvodovou nebo boční sílu, změní se vlivem deformace rozložení sil ve stopě tak, že výsledná síla je rovna tangenciální nebo boční reakci, jež můžeme souhrně označit jako sílu adhesní. Adhese

pneumatiky na vozovce je značně složitější jev, než prosté tření, poněvadž kromě mikronerovností je podmíněna i makronerovnostmi vozovky a účelně vytvořenými výstupky desénu pneumatiky, jakož i jeho přisáváním k vozovce. Velikost adhesní síly vyjadřujeme, podobně jako u tření, součinem zatížení kola a součinitele adheze  $\varphi$ :

$$P_{ad} = G_k \cdot \varphi$$



**Obrázek 7 Síly různých směrů působící ve styčné ploše pneumatiky**

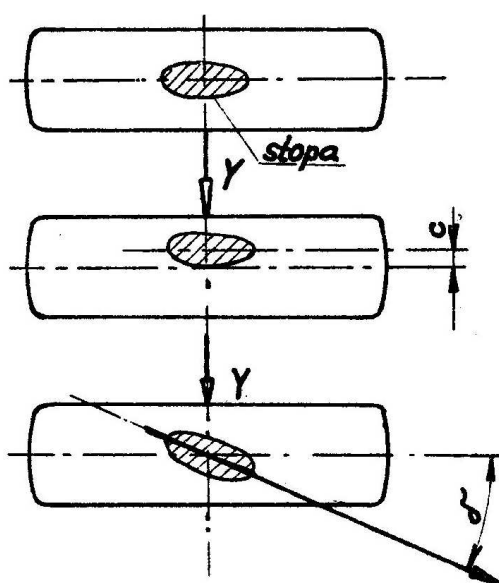
Adhesní síla může působit v libovolném směru v rovině vozovky. V praxi obvykle působí současně síla obvodová a boční, výsledná síla adhesní je jejich geometrickým součtem. Tato výslednice nemůže být větší, než  $P_{ad}$  daná zatížením kola a součinitelem adheze (Kovařík J., 1967).

### **3.1.6 Valení pružného kola za působení boční síly.**

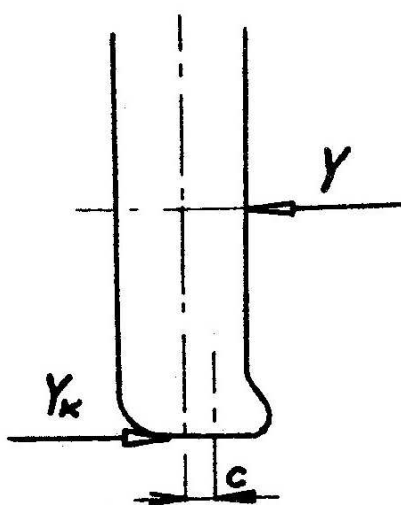
Při odvalování tuhého kola se nemění směr jeho pohybu (kolo se stále valí v rovině svého otáčení), pokud boční síla nepřekročí boční adhezi kola. Pak teprve dojde k bočnímu smyku kola a ke změně směru jeho pohybu.

U pružného kola dochází již při působení velmi malé boční síly k odvalování pod určitým úhlem k rovině otáčení kola. Tomuto úhlu říkáme úhel směrové úchylny kola.

Nepůsobí-li na kolo boční síla, souhlasí rovina kola s osou stopy kola na vozovce (viz Obrázek 8). Při působení boční síly se posune rovina kola v důsledku pružné deformace (Obrázek 9) proti ose stopy o hodnotu  $c$  (Obrázek 8 uprostřed). Při otáčení kola pak přicházejí jednotlivé elementy jeho povrchu do styku s vozovkou bočně vysunuty proti těm elementům, které jsou již ve styku s vozovkou a osa eliptické styčné plochy se tím vychýlí o úhel  $\delta$  (Obrázek 8 dole). Jelikož směr pohybu kola je dán v podstatě směrem stopy kola, je tím dán i úhel směrové úchyly kola.



Obrázek 8



Obrázek 9 Pružná deformace pneumatiky působením boční síly

Velikost úhlu směrové úchylny kola závisí na mnoha činitelích:

- velikosti boční síly
- velikosti a využití adheze
- konstrukci a huštění pneumatiky a konstrukci ráfku
- zatížení kola radiální a tangenciální silou

### **3.2 Jízdní odpory**

Jízdními odpory nazýváme síly, působící proti pohybu automobilu.

Jsou to:

- odpor valivý,
- odpor vzdušný,
- odpor stoupání,
- odpor zrychlení.

Některé z nich působí vždy při pohybu vozidla (odpor valivý a odpor vzdušný), jiné jen v příslušných případech jízdy (odpor stoupání a odpor zrychlení) (Kovařík J., 1967).

#### **3.2.1 Odvalování pneumatiky po tuhém podloží (jízda po vozovce)**

Základním předpokladem pro tento případ je nulová deformace podloží; dochází pouze k deformování pneumatiky.

Velikost valivých odporů je závislá na rychlosti pohybu stroje, huštění a zatížení pneumatiky. Vliv těchto základních parametrů lze hodnotit následovně:

- při zvyšující se rychlosti pohybu dochází k určitému vydouvání přední části pneumatiky, a tím se zvětšuje součinitel valivého odporu
- čím je huštění pneumatiky vyšší, tím se zmenšuje její deformace a součinitel valivého odporu kola  $f_0$  se tedy snižuje
- při zvyšujícím se zatížení kola se  $f_0$  mírně zvyšuje v důsledku změn zakřivení pláště v oblasti dosedací plochy; toto zvýšení je výraznější při nižších hodnotách huštění

### 3.2.2 Odvalování pneumatiky po plastickém podloží (jízda v terénu)

V tomto případě dochází kromě deformování pneumatiky (vnitřní odpor  $F_p$ ) též k deformaci podloží (vnější odpor  $F_l$ ). Vliv rychlosti pohybu a zatížení kola je shodný jako v předchozím případě.

U každé pneumatiky existuje optimální huštění, při němž je hodnota součinitele valivého odporu minimální. Při zvýšení huštění nad tuto hodnotu vzrůstá valivý odpor v důsledku zvyšujících se deformací zeminy. V opačném případě valivý odpor rovněž vzrůstá, a to v důsledku zvyšujících se deformací pneumatiky.

Při řešení valivých odporů pneumatiky je důležitou otázkou zjištění závislosti středního měrného tlaku  $p_s$  na huštění pneumatiky  $p$ . Převážnou část zatížení, působících na kolo pláště. Střední měrný tlak, kterým působí pneumatika na zeminu není tedy shodný s tlakem vzduchu v pneumatice. Hodnota středního měrného tlaku je ve skutečnosti vždy vyšší než tlak huštění pneumatiky ( $p_s > p$ ).

Pro docílení malého valivého odporu je vhodné jak u tuhých kol, tak i pneumatik volit pokud možno velký průměr kola a současně zajistit nízkou hodnotu měrného tlaku. Důležitou podmínkou dosažení malých valivých odporů na měkkém podloží je vytváření mělké stopy kola. V případě pneumatiky toho dosáhneme snižováním huštění. Z tohoto hlediska by měla být pneumatika v místě dotyku poddajnější než půda. V opačném případě se pneumatika chová jako tuhé kolo a ztrácíme výhodu pružnosti pláště. U hnacího kola je jeho valivý odpor, a tím související průchodivost v terénu, závislý na zatížení zeminy od přenášeného momentu kola. Není-li zemina schopna přenést toto zatížení, dojde k protlačení kola a tím se zvětší hloubka stopy a tedy i odpor proti pohybu stroje.

Na zvyšování valivého odporu prokluzující pneumatiky spolupůsobí jak pneumatika, tak i zemina. Vlivem zvětšujícího se prokluzu spotřebuje pneumatika při projetí určité druhy více energie (na hysterézní a třecí ztráty). Současně pneumatika více frézuje zeminu a tak vytváří hlubší stopu, čímž se valivý odpor dále zvětšuje. Určitý vliv na valivý odpor má i rychlost pohybu. Při vyšších rychlostech vytváří kolo mělkou stopu, neboť zemina potřebuje pro svou deformaci určitý čas (Vilímek S, 1988).

### 3.3 Stabilita Strojů

Stabilita stroje, kterou ovlivňuje řada faktorů při výpočtu v komplexu těžko postižitelných, je ovlivněna:

- konstrukcí stroje a jeho podvozku, především druhem podvozku, pérováním, uložením a konstrukcí náprav, způsobem řízení, způsobem pohonu kol nebo pásů, diferenciály
- terénními podmínkami, adhezními poměry, třecími a valivými odpory, nerovnostmi terénu
- rychlostí pohybu stroje, jeho aerodynamickými vlastnostmi
- technologií práce stroje, druhem pracovního zařízení a pracovního nástroje.

Všeobecný požadavek stability je nutno respektovat již při vývoji stroje. U hotových strojů má výpočet stability za úkol stabilitu prokázat, získat představu o možnostech stroje v různých situacích.

Význam dobré stability spočívá především ve zvýšení bezpečnosti provozu strojů a ve zvýšení jejich mobilnosti. Stroje s dobrou stabilitou jsou bezpečné proti převrácení, mají dobrou průchodnost v členitém a svažnatém terénu, umožňují využití vyšších průměrných rychlostí, apod.

Rozeznáváme stabilitu statickou a dynamickou. Při statické stabilitě posuzujeme stroj v relativně klidovém stavu na svahu. Jejím kritériem je obvykle největší (mezní) úhel sklonu svahu, na kterém se stroj ještě udrží v rovnováze. Stroj se posuzuje ve všech nebezpečných polohách a podmínkách, při nejnepříznivějším uspořádání. Většinou je stroj posuzován jako jeden celek – tuhé těleso se společnou klopnou hranou. Klopná hrana je vždy kolmá ke spádnicí svahu. Stroj je na mezi stability, protože-li kolmý průmět těžiště (nositelka tíhové síly) celého stroje klopnou hranu.

Při dynamické stabilitě působí na stroj též dynamické síly, jsou to odstředivé síly při zatáčení, setrvačné síly při rozjezdu z místa a při brzdění. Při dynamické stabilitě se obvykle mění i poloha těžiště stroje. Stroj je nestabilní, přejde-li nositelka výslednice všech uvažovaných statických i dynamických sil za klopnou hranu. (Vilímk S, 1988).

### 3.3.1 Stabilita stroje na svahu

Stroj se může z rovnovážného stavu vychylovat, vykláčet nebo v kterémkoli směru posouvat. Z tohoto hlediska rozlišujeme:

- stabilitu na podélném svahu
- stabilitu na příčném svahu

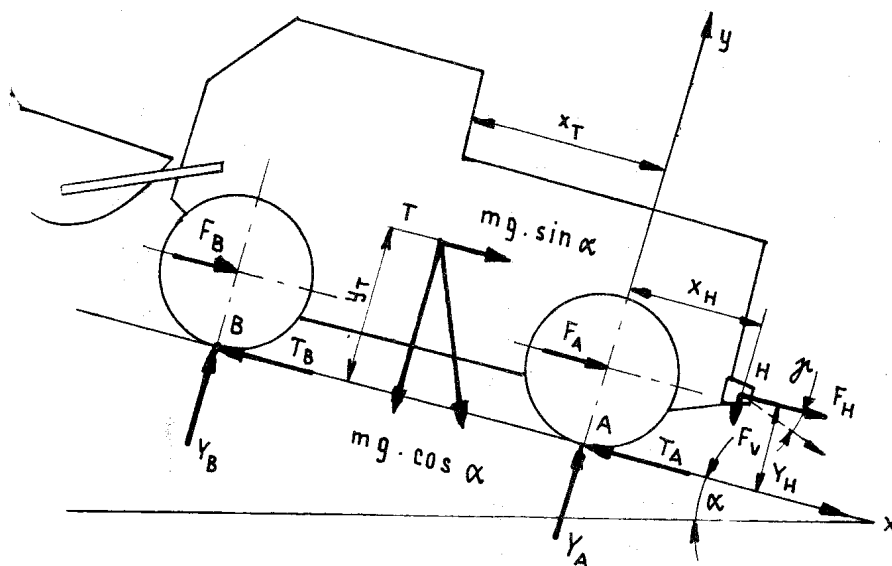
Při jízdě nebo práci na svahu může být porušena podélná nebo příčná stabilita stroje vlivem složky tíhové síly rovnoběžné se skloněnou druhou pohybu, vlivem vnějších sil od přívěsu, na pracovním nástroji a vlivem sil setrvačných. O tom, zda dojde dříve ke smyku nebo k převrácení stroje, rozhoduje velikost součinitele adheze terénu (vozovky) a konstrukční parametry stroje (poloha těžiště, rozvor náprav, rozchod kol, poloměr kol apod.)

#### 3.3.1.1 Stabilita na podélném svahu

Na stroj jedoucí rovnoměrnou rychlostí po svahu s podélným sklonem působí soustava sil (Obrázek 10), přičemž smysl sil je dán směrem jízdy vůči svahu.

Účinkem těchto sil může stroj při jízdě do svahu

- zastavit
- sklouznout ze svahu
- převrátit se



Obrázek 10 Soustava sil působící na stroj jedoucí na podélném svahu



Při zvětšujícím se úhlu stoupání dojde nejdříve k zastavení stroje. Dojde k tomu v okamžiku, kdy jízdní odpory jsou stejné jako adhezní síla na obvodu kol. Nemá-li tento případ nastat, musí platit:

$$T_A + T_B \geq F_A + F_B + mg \cdot \sin \alpha + F_H$$

Tento vztah je podmínka adhezní stoupavosti pro stroj, který má obě nápravy hnací.

Ke sklouznutí stroje se svahu dojde, je-li součet sinové složky tíhové síly a síly na háku větší než adhezní tažná síla. Nemá-li dojít ke sklouznutí, musí platit:

$$T_A + T_B > mg \cdot \sin \alpha + F_H$$

Převrátit se může stroj na podélném svahu vpřed nebo vzad, jsou-li klopné síly větší než stabilizující. Nemá-li dojít k převrácení např. vzad kolem bodu A (Obrázek 10), musí platit:

-v krajním případě

$$Y_B=0, \operatorname{tg} \alpha = \frac{xT - fo.rd}{yT - \frac{mp}{m}(yH - \operatorname{tg} \gamma . xH)}$$

Z podmínky rovnováhy lze vypočítat též přípustnou tažnou sílu na háku  $F_H$  nemá-li se stroj převrátit, případně maximální tažnou sílu na háku při zachování říditelnosti tažného stroje, tedy za podmínky:

$$Y_B \geq 0,1 mg \cos \alpha$$

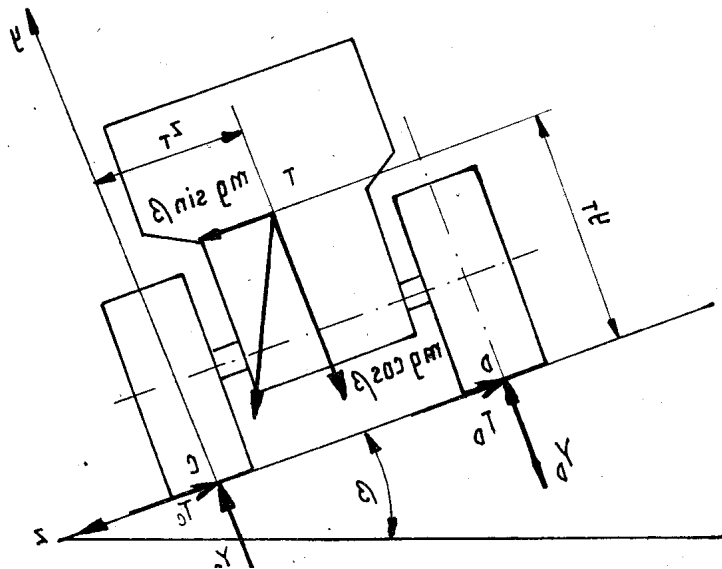
Při provozu je méně nebezpečné sklouznutí. Aby k němu došlo dříve než k převrácení, musí platit podmínka

$$\varphi < \frac{xT}{yT}$$

Z této podmínky současně plyne, že čím horší je adheze, tím snáze dojde ke sklouznutí. K převrácení může většinou dojít jen při výborných adhezních podmínkách (Vilímk S, 1988).

### 3.3.1.2 Stabilita na příčném svahu

Na příčném svahu působí v zjednodušeném případě na stroj soustava sil podle Obrázku 11



Obrázek 11 Soustava sil působící na stroj jedoucí na příčném svahu

Působením složky tíhové síly  $mg \cdot \sin \beta$  se může stroj

- příčně sklouznout
- převrátit na bok

Příčné sklouznutí nastane, je-li příčná složka tíhové síly větší než příčná adhezní síla. Nemá-li ke sklouznutí dojít, musí platit

$$Mg \cdot \sin \beta \leq mg \cdot \cos \beta \cdot \varphi_{př}$$

$\varphi_{př}$  ..... Součinitel adheze v příčném směru

Sklouznutí v příčném směru je výhradně dáno adhezí v příčném směru.

K převrácení může dojít, ztratí-li kola na straně stroje ležící výše na svahu dotyk s terénem (Obrázek 11,  $Y_D = 0$ )

Nemá-li dojít k převrácení pak musí platit:

$$\operatorname{tg} \beta \leq \frac{zr}{yr}$$

Tím je určen teoreticky největší úhel naklonění před převrácením stroje. Ve skutečnosti jsou vlivem skřížitelnosti náprav a pérování podmínky méně příznivé a kritický úhel příčné stability je vždy menší.

Také v tomto případě by mělo dojít dříve k příčnému sklouznutí než k převrácení, tedy

$$\varphi_{př} \leq \frac{zr}{yr}$$

### 3.4 Analýza metod měření boční síly na svazích

Pro analýzu metod měření boční síly na svazích bylo vycházeno i ze starších zdrojů, které však jsou použitelné i dnes, pouze jsou komplikovanější, pracnější, pravděpodobně méně přesné a k dílčím výsledkům se dochází výpočty.

#### 3.4.1 Metodika č. 1

Teoretické řešení pohybu traktoru a přívěsných strojů po vrstevnici svahu, J. Svatoš, J. Hájek, Zemědělská technika 19 (5): 291-307, 1973.)

Při pohybu traktorů a přívěsných strojů po vrstevnici svahu působí přídatné boční síly, které ovlivňují polohu těchto strojů vzhledem k vrstevnici. Experimentálně byl tento problém řešen v letech 1967-1970, kdy byly měřeny síly v podélné ose strojů a jejich odklon od vrstevnice na svazích  $0^\circ$ ,  $8^\circ$ ,  $12^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $18^\circ$ ,  $20^\circ$ . Pro zjištění velikosti bočních a odporových sil vlivem svahu byly stanoveny jejich funkční závislosti podle naměřeného teoretického rozboru a porovnány s výsledky v experimentální části, na základě tohoto porovnání byla prokázána platnost teoretického rozboru. Byla dokázána závislost bočních sil – a tím odklonu stroje – na výšce těžiště, na rozvoru, úhlu svahu, součinitelích tření a valení a na poměru zatížení přední a zadní nápravy.

Při většině zemědělských prací na svahovitém terénu se pohybuje souprava traktoru a zemědělského stroje po vrstevnici svahu. Při tomto pohybu se traktor dostává do nějaké obecné polohy, na kterou mají vliv síly působící na traktor v rovinách otáčení pojezdových kol a síly kolmé na tyto roviny, druh a stav podložky, pneumatik a parametry traktoru. Poloha traktoru se určuje úhlem  $\beta$ , který svírá podélná osa traktoru s vrstevnicí a sesuvem  $\varepsilon$  předních kol od vytčeného směru pohybu po vrstevnici. Obecným pohybem kola na rovině se zabývá řada autorů. Teoretické závěry byly v této práci aplikovány pro pohyb traktoru na vrstevnici svahu.

Sjíždění na svahu bylo měřeno u traktorů Z-4017, Z-5647, T4 K10, u rozmetadla umělých hnojiv PIAST a u měřicího vozíku na pastvině v oblasti Šumavy na pozemcích státního statku Vimperk.

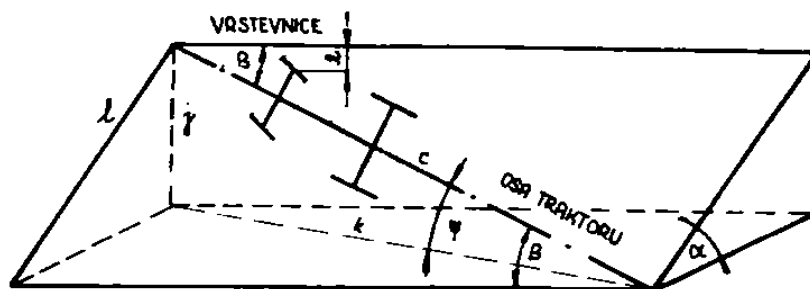
Sklonitost pozemku se měnila v rozmezí  $0-20^\circ$ . Povrch pastviny byl kryt porostem o průměrné výšce 8 cm. Půda na pozemku je písčitohlinitá s mělkou orníci a pod povrchem silně kamenitá až skalnatá. Měření byla prováděna za vlhkosti půdy 17,8 % (v hloubce 5 cm) a tvrdosti půdy  $327 \text{ N.cm}^{-2}$ . Při pohybu traktoru na pozemku byly profily dezénu jednotlivých pneumatik málo zabořeny. Stopy po pohybu kol zůstávaly jenom na porostu. Na pozemku bylo vybráno pět úseků, na kterých se měřilo sjíždění traktoru a ostatních strojů při jízdě po vrstevnici, a to v rozsahu sklonu  $8^\circ$ ,  $12^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $18^\circ$ ,  $20^\circ$ . Všechna měření byla prováděna v úseku 30 m, kdy traktor měl na

začátku měřicí tratě ustálenou polohu. Sklon svahu byl měřen sklonoměrem, aby se vyloučil vliv nepřesného stanovení vrstevnice, jezdilo se v obou směrech.

Poloha traktoru v měřicím úseku byla vyznačena sypátky (Svatoš 1970). Hodnota odklonu  $\beta$  a sesuvu  $\varepsilon$  byla dána aritmetickým průměrem z 20 hodnot při jízdě v obou směrech. Přesnost odečítání vyznačené polohy byla 1 až 0,5 cm.

Sjíždění a sesuvu traktoru se zabraňuje natáčením řídicích kol proti svahu a pro vyhodnocení výsledků byla hodnota natočení řídicích kol od podélné osy traktoru stanovena jako aritmetický průměr těchto hodnot v měřicím úseku.

Tahová síla byla vyvozována složkami sil vlivem svahu a valivými odpory rozmetadla PIAST a měřicího vozíku. Tyto síly byly měřeny registračním dynamometrem, umístěným v oji upravené pro možnost osového pohybu.



Obrázek 12 Postavení traktoru při pohybu na svahu

### 3.4.2 Metodika č. 2

Vypracování a porovnání metod zjišťování sjíždění traktorů a zemědělských strojů při práci na svahu

Při práci traktorů a zemědělských strojů na svahu, kdy většina zemědělských prací se provádí při jízdě traktoru po vrstevnici, není problém jenom stability a dosažení dobrých tahových vlastností, ale také dodržení vytyčeného směru pohybu. V Československu je zemědělské půdy ve svažitém terénu, tj. se sklonem nad  $10^\circ$  asi 15 %, z čehož převážná část je v podhorských a horských oblastech. Je to značná výměra, která si zaslouží, aby jí i v mechanizaci byla věnována náležitá pozornost. Problém dodržení vytyčeného směru nastává také u traktorů s bočně připojenými

agregáty a přívěsy, např. mimoosové síly některých melioračních strojů, sklízecí řezačky atd.

Dodržení vytyčeného směru má také značný vliv na kvalitu práce a bezpečnost při jízdě traktoru. U nás i v zahraničí je poměrně dost havárií, kdy sjížděním traktoru nastane změna směru jízdy, traktor se stane neovladatelným a neřízenou jízdou v terénu se může převrátit.

Byly zkoušeny 4 metody měření sjíždění, z nichž dvě jsou vždy založeny na rozdílných principech.

Podstatou prvního principu je značení polohy dvou bodů u traktoru, a jednoho nebo dvou bodů u zemědělského stroje na povrchu pole. Směr vrstevnice, který traktor nebo souprava sleduje, byl vytyčen na povrchu podložky. V jednom případě se pro značení použilo speciálních rydel, umístěných na předem určených místech na traktoru i stroji. Rydla byla výškově stavitelná, takže podle charakteru povrchu se dala zahloubit na takovou hloubku, která zajistila výraznou stopu, což je předpoklad přesného měření na velkém počtu míst měřicí tratě. Sjíždění je statickou veličinou, která v průběhu měření kolísá a je nutné provést největší počet měření. S ohledem na způsob vyjadřování sjíždění je výhodnější volit maximální podélnou vzdálenost mezi polohou rydel na traktoru i stroji.

Ve druhém případě jsou k označení použita sypátka, která vytvořila na povrchu barevné pásy, značící stopu předem stanovených bodů na traktoru nebo zemědělském stroji. K sypání bylo použito jednoduchých vozíčků, připojených k traktoru s možností vertikálního pohybu, což zajišťovalo přizpůsobování nerovnostem povrchu. Šířka značícího pásu i množství sypané hmoty, kdy se nejčastěji používala umělá hnojiva, byla stavitelná.

Podstatou třetí metody je měření polohy dvou bodů označených tyčemi s přesnými dvoubarevnými úseky na filmu. K měření bylo použito filmovací kamery s teleobjektivem. Kamera byla postavena před měřicí úsek na vzdálenost, která vyloučí optické zkreslení. Je možno filmovat polohu během celého měřícího úseku a nebo jenom několik poloh.

I čtvrtá metoda využívala filmové kamery nebo fotoaparátu, který v tomto případě musí mít širokoúhlý objektiv. Přístroj je pevně upevněn na určitém místě

traktorů nebo stroje a měří současně polohu předního i zadního kola traktoru vůči vytyčené vrstevnici, a vzdálenost se potom odečte z filmu nebo z fotografie.

Při volbě metod se vycházelo ze způsobů vyjadřování sjíždění, a to jako podélné osy traktoru nebo stroje od směru jízdy, který byl určen na vrstevnici a sesunutí traktoru nebo stroje od vrstevnice. Odklon můžeme vyjadřovat úhlem, který svírá podélná osa traktoru od směru jízdy, vytyčeném ve směru vrstevnice, nebo vzdálenosti na 1 m délky, ebeny. Na rozvor traktoru L Při sjíždění natáčí traktorista řídicí kola proti svahu pro dodržení jízdy ve směru vrstevnice. Za určitých podmínek jako např. vyšší sklonitosti svahu, malé normálové reakce na přední nápravě, vlhkém povrchu aj., nastane sesun traktoru nebo stroje po spádnicí a tento sesun vyjadřujeme vzdáleností b.



**Obrázek 13**

### **3.4.3 Metodika č. 3**

Současná doba počítačů a nejrůznější výpočetní techniky umožňuje přesné změření boční síly pomocí dynamometrů. Dynamometr je přístroj k měření síly nebo krouticího momentu. Měřítkem je deformace pružné součásti, podle jejíhož tvaru a konstrukce se rozlišují tyto dynamometry:

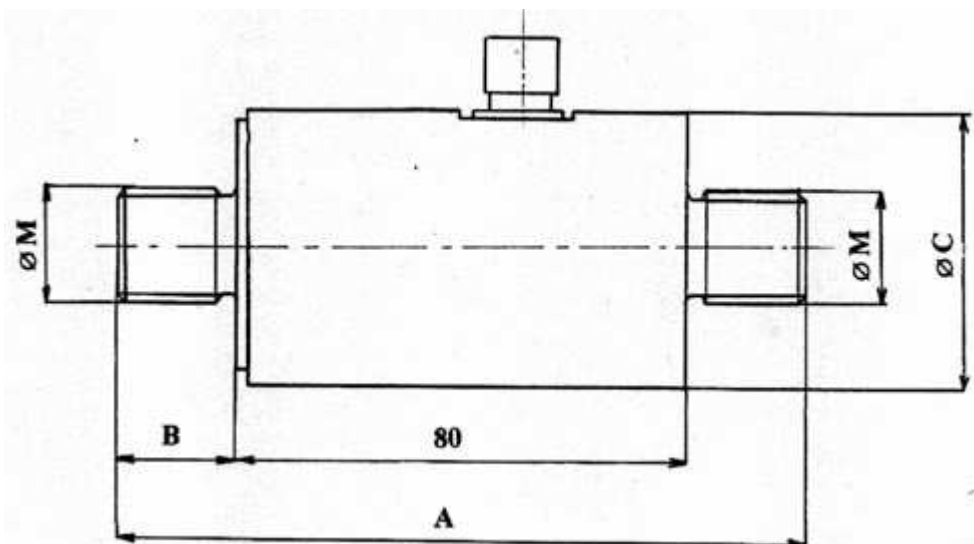
- pružinový,
- kroužkový,
- smyčkový,
- krabicový (měření síly se převádí na měření tlaku kapalinové náplně),
- torzní (Amslerův).

Dynamometry nebo siloměry mohou mít mnoho různých variant a verzí. V práci byl použit dynamometr pro měření tahu. Další z možností je použití kombinovaných dynamometrů pro tah i tlak. Výrobou těchto zařízení se zabývá mnoho českých i zahraničních firem. Pro ukázkou je zde uveden tahový a tlakový typ dynamometru nejmenovaného výrobce a jeho technické parametry.



**Obrázek 14 Univerzální siloměr pro měření tahových a tlakových sil**



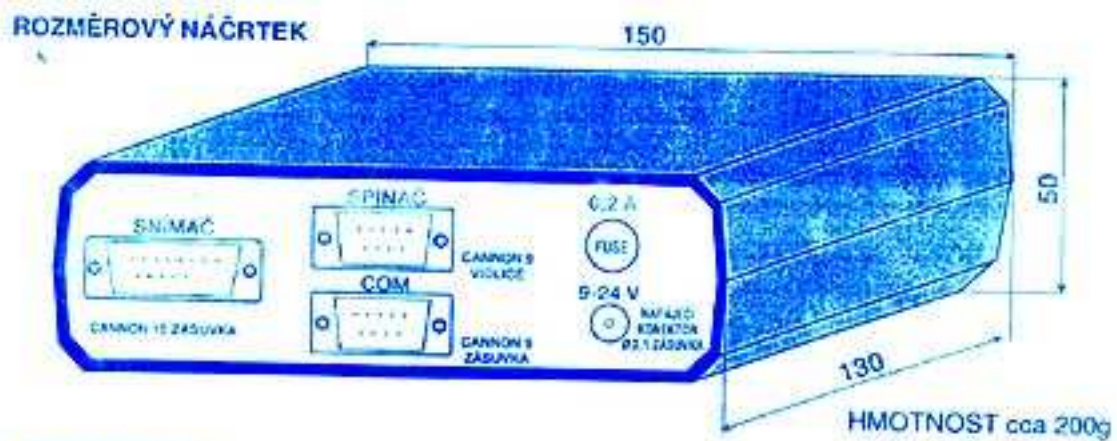


**Obrázek 15 Schéma univerzálního siloměru pro měření tahových a tlakových sil**

**Tabulka 11 Technické parametry dynamometru:**

Jmenovité zatížení	20 ... 200	kN	Vliv teploty		
Jmen. měřicí signál	1,6 - 2	mV/V	- na nulovou hodnotu	0,1	%/10K
Napájení	5	Vdc	- na měřicí signál	0,1	%/10K
Sloučená chyba	0,15	%	Reprodukovatelnost	0,05	%
Teplotní rozsah			Přetížení		
- kompenzovaný	-10 - +40	st. C	- dovolené	120	%
- bezpečný	-20 - +60	st. C	- bezpečné	150	%

Pro zpracování výstupů z dynamometru slouží převodníky vyhodnocovací zařízení spolu s nímž pak tvoří celou měřicí soupravu. Tyto vyhodnocovací zařízení jsou mikroprocesorové převodníky analogového tvaru z tenzometrického snímače na digitální tvar. Programově lze většinou měnit zesílení signálu, filtraci (digitální i matematickou) i kalibrační konstanty snímače. Měřená hodnota je zobrazována na alfanumerickém LCD displeji přímo v žádaných jednotkách. Toho je dosaženo tím, že převodník automaticky přiřadí k připojenému snímači kalibrační konstanty.



Zapojení konektorů:

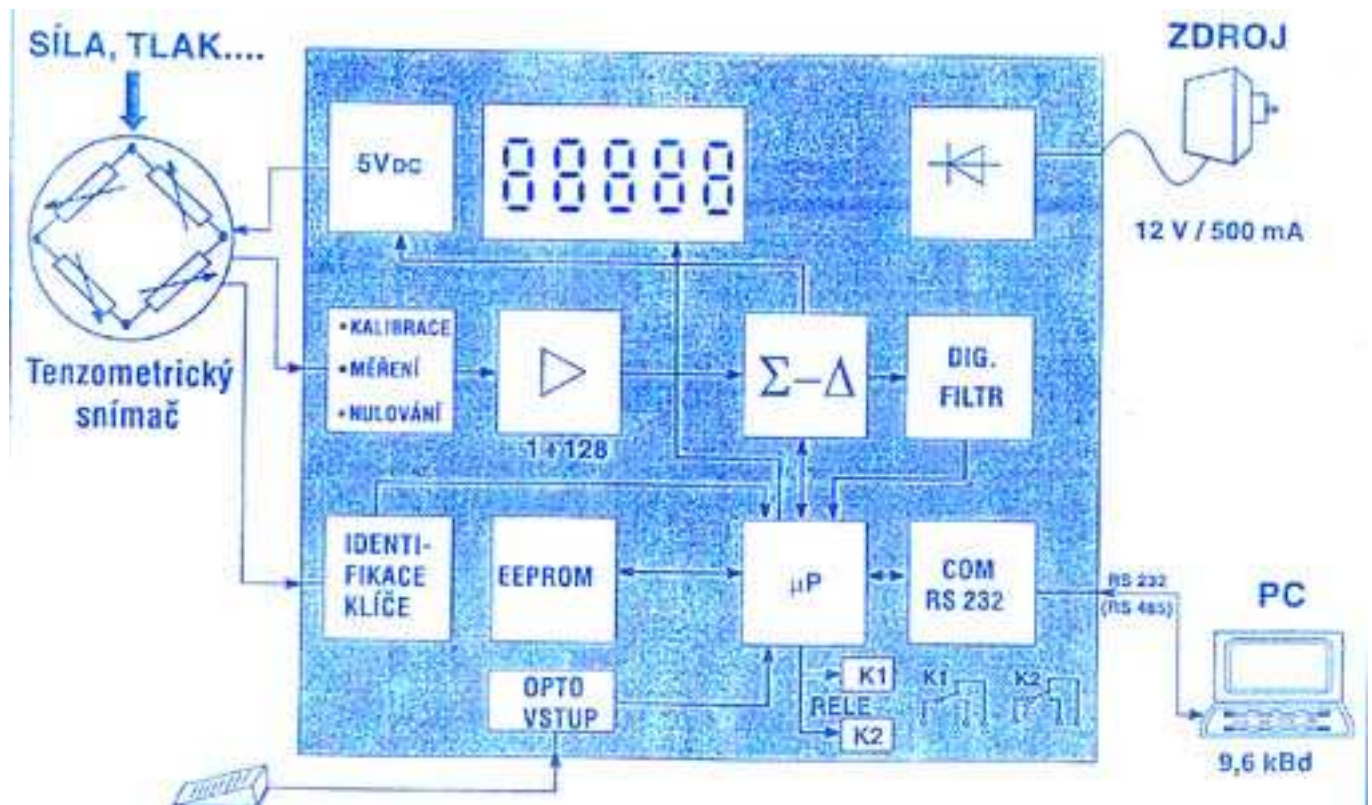
SNIMAČ CAN 15 ZÁSUVKA	
VÝSTUP -	1
SNIMAČE -	2
NAPÁJENÍ +	9
SNIMAČE -	10
STÍNĚNÍ	11
KL0	5
KL1	6
KL2	7
+5V	12
GND	15

COM - RS 232 CAN 9 ZÁSUVKA	
1	
2	TxD
3	RxD
4	
5	GND
6	
7	
8	

SPINAČ CAN 9 VIDLICE	
1	OPTO -, GND
2	
3	
4	
5	OPTO +
6	
7	
8	
9	+12V

**Obrázek 16** Vyhodnocovací zařízení

Na vyhodnocovací zařízení se připojí PC a vzniklá měřící sestava je pak schopná ukládat a dále zpracovávat jednotlivá data.



**Obrázek 17 Schéma měřící sestavy**

Změření boční síly neodvalujícího se kola není příliš složité na provedení. Problém nastává při měření boční síly působící na odvalující se kolo při jízdě po vrstevnici. Zde je třeba speciálního zařízení přímo pro tuto věc zkonstruované. Celá výroba zařízení, od prvních plánů až po technickou realizaci, je velice náročná na zkušenosti a zručnost konstruktéra a spolupracovníků, podílejících se na zhotovení zařízení.

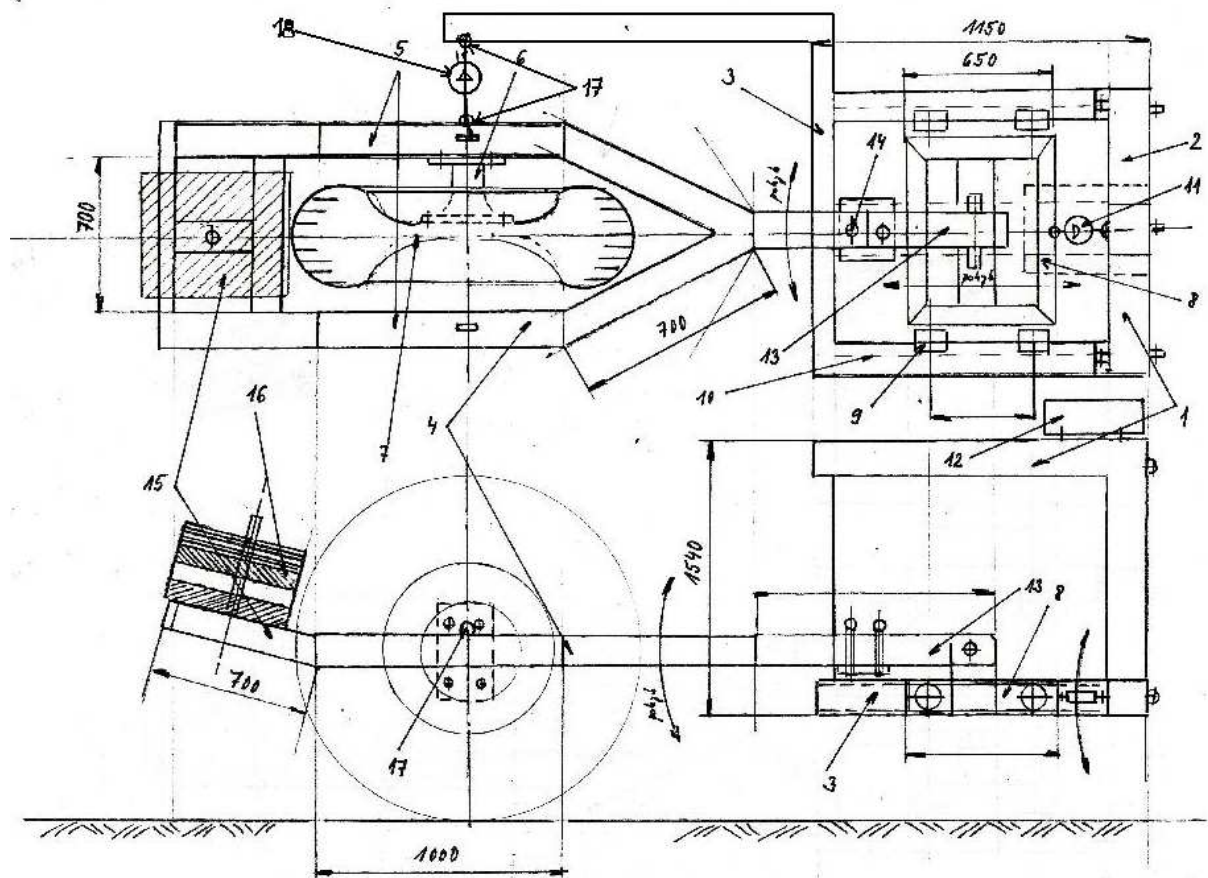
## **4 Cíl práce a metodika řešení**

Cílem práce bylo posoudit vliv vlastností pneumatik při pohybu zemědělské dopravní techniky na svazích na bezpečnost provozu. Dát odpověď na problematiku bezpečného pohybu zemědělských strojů při jízdě po vrstevnici. Dalším předmětem zkoumání bylo změřit velikost boční síly působící na pneumatiku v závislosti na tlaku vzduchu v pneumatice a typu podložky. Z těchto údajů pak vyčíst vzájemné závislosti, ze kterých je zřejmé doporučení pro praktické účely.

## **5 Metodika měření boční síly na svazích**

Obecně je možné říci, že změřit boční sílu, působící na kola tažných a tažených strojů je poměrně obtížnou záležitostí, neboť již z výše uvedeného je zřejmé, že na měření má vliv velmi mnoho činitelů, jakými jsou např. úhel svahu, vlastnosti půdy, typ pneumatik, tlak vzduchu v pneumatikách, velikost tahové síly, prokluz, uchycení nářadí k traktoru, teplota a vlhkost vzduchu, dezén pneumatiky, tíha stroje a nákladu, míra opotřebení pneumatik a další. Z tohoto důvodu bylo pracováno pouze s měnicími se faktory tlaku vzduchu a tíhy působící na kolo. Dále je nutné říci, že všechny naměřené údaje jsou zatíženy určitou nepřesností, která závisí na dokonalosti měřicí techniky, okolních podmínkách a na způsobu práce provádějícího měření.

## 5.1 Návrh a výroba technického zařízení pro měření



**Obrázek 18** Měřicí zařízení

Legenda k obrázku:

- 1- hlavní rám první části měřícího zařízení
- 2- nosná konzola pro připojení měřícího zařízení k tažnému prostředku
- 3- rám pojezdové dráhy pro vozík
- 4- hlavní rám zadní části měřícího zařízení
- 5- nosná konstrukce náboje kola
- 6- náboj kola
- 7- rameno pro upevnění dynamometru
- 8- pohyblivý vozík
- 9- ocelové kolo pojezdového vozíku uložené v ložiscích
- 10-dotyková plocha pojezdových ocelových kol
- 11-dynamometr pro měření síly valivého odporu
- 12-registrační zařízení

- 13- oj zadní části měřicího zařízení
- 14- výkyvný kloub
- 15- nosič vyměnitelného závaží
- 16- vyměnitelné závaží
- 17- úchyty pro vážení měřicího zařízení
- 18- dynamometr pro měření boční síly na svahu

## **5.2 Měření velikosti boční síly neodvalujícího se kola při různém tlaku vzduchu na pevném a poddajném povrchu.**

Cílem tohoto měření je zjistit maximální velikost boční síly působící na pneumatiku, při které ještě nedojde ke smýknutí kola po podložce. Z důvodu eliminace chyb měření je nutné, aby byla jednotlivá měření několikrát opakována. Po ukončení měření se ze získaných souborů jednotlivých měření při zvoleném počtu měření byl vypočítán aritmetický průměr  $x_{\bar{0}}$  jako nejpravděpodobnější správná hodnota.

Pro měření se používal speciální přívěs připojený za traktorem Zetor 8211. Přívěs je tvořen rámem s diskem a pneumatikou a dále z přídatných závaží. Tato závaží lze libovolně přidávat a odnímat, čímž lze měnit velikost síly působící radiálně na disk s pneumatikou. Byla použita pneumatika Barum 12,5-18. K rámu byl připevněn pomocí železného oka dynamometr se zaznamenávacím zařízením měřených hodnot tak, aby byl v rovině s osou rotace kola. Dynamometr byl z druhé strany spojen pomocí řetězu z řetězovým zvedákem, který byl pevně ukotven na podpěrném sloupu. Napínáním zvedáku byla postupně zvyšována síla působící na střed kola až do okamžiku, kdy došlo ke smýknutí kola po podložce.

Pro vizuální kontrolu posunu byl v ose kola umístěn hrot, který jasně naznačoval okamžik a míru posunu. Tlak v pneumatice byl na počátku měření nejvyšší (200kPa). Poté byl snížen na hodnotu 60 kPa. Kontrola byla prováděna pomocí tlakoměru. Zpětný pohyb po smýknutí byl prováděn za pomoci pojízdného zvedáku do výchozí polohy.

Měření se nejprve provádělo při tlaku vzduchu v pneumatice 200 kPa a rozdílné tíže: 2,63 - 4,66 - 6,23 - 8,04 - 9,65 kN. Poté se měřilo při tlaku 60 kPa a tíže: 2,63 - 4,66 - 6 23 - 8 04 - 9 65 kN .

Oba soubory měření byly nejprve provedeny na pevném podloží (beton), měkkém podkladu (louka) a poté i na betonovém podkladu pokrytém 3 cm vrstvou sněhu. Povrch betonu byl po celou dobu stejný. Při měření na louce docházelo po každém smýknutí k poškození povrchu, proto bylo každé následující měření provedeno na stejném povrchu mimo místo předchozího měření. Obdobně tomu bylo i na povrchu *beton se sněhem*.

Pro praktické účely byl celý soubor měření prováděn na pneumatice nové (neojeté) a pneumatice starší (ojeté), která již nesplňovala předepsané parametry pro provoz na pozemních komunikacích. Každé měření bylo provedeno pětkrát. Z počtu měření  $n = 5$  byl vypočítán aritmetický průměr  $\bar{x}_0$  a hodnoty zapsány do tabulky.

### **5.3 Měření velikosti boční síly odvalujícího se kola na nakloněné rovině při různém tlaku vzduchu v pneumatice a konstantní tíže.**

Cílem tohoto měření je zjištění závislosti tlaku huštění pneumatiky s konstantním zatížením na velikosti boční síly při pohybu dopravní techniky po vrstevnici svahu.

Pro měření boční síly u volně se odvalujícího kola bylo užito zařízení popsaného v kapitole 5.1. K hlavnímu rámu bylo připevněno rameno, které slouží jako měřící základna pro snímač boční síly. Na konci ramena je připevněn tenzometrický snímač tahové síly (dynamometr) se seřizovacím šroubem, druhým koncem je připevněn k rámu přípojného zařízení. V ose vozíkové části rámu je otočně připevněna oj, která umožňuje volný pohyb v horizontále, aby nepůsobily žádné síly od vozíkové části rámu na přípojné zařízení. Tento pohyb umožňuje instalaci zařízení a vlastní změření boční síly. Je umožněn i pohyb ve vertikále, aby bylo možné s celým přívěsem manipulovat. Tím je zaručeno, že oka snímače boční síly budou vodorovně a nebude docházet k znatelnému vlivu ostatních sil. V zadní části přípojného zařízení je nosná plošina, na níž lze uložit libovolnou zátěž pro vyvolání tíhové síly na kolo. Aby nedošlo ke sklouznutí zátěže, je uprostřed plošiny přivařen trn, na který jsou jednotlivá závaží nakládána. Plošina snese bezpečně zatížení 1500kg. Velikost tíhové síly bude



vždy přesně zjištěna před vlastním měřením tak, že přípojné zařízení bude zavěšeno na obou stranách nosníku náboje kola prostřednictvím ok, která jsou přivařena na obou stranách nosníku v ose náboje kola. Přesným tenzometrem byla změřena tíha jednotlivých závaží, které byly na zařízení dány. Ta činila celkem 578,7 kg, což odpovídá hodnotě radiálního zatížení pneumatiky silou  $F_r = 5677 \text{ N}$ .

Měření bylo provedeno na svahu o sklonu  $11,4^\circ$  na dráze 30 m. Povrch svahu je tvořen trvalým travním porostem. Vlhkost půdy na svahu činila v průměru 12 %. Po celé dráze měření byly zajištěny stejné vlastnosti terénu pro pozdější vyhodnocení a srovnání získaných dat. Hodnota sklonu svahu byla zjištěna na 5 místech dráhy pohybu měřicího zařízení, ze získaných hodnot byl vypočítán aritmetický průměr  $x_{\bar{\theta}}$ . K vlastnímu měření bylo užito traktoru Zetor 5718 s připojeným měřicím zařízením. Před vlastním měřením byla vytyčena dráha 30 m pomocí vyměřovacích tyčí, ke kterým byl připevněn provaz pro lepší orientaci řidiče traktoru na dráze. Před každou jízdou se celá měřicí soustava srovnala před vytyčenou dráhou asi na dráze 15 metrů, aby došlo k vyrovnání celé soupravy. Vlastní měření s odečítáním hodnot měřicího zařízení probíhalo na dráze 30m. Rychlost pohybu soupravy je velmi problematické dodržet s nepřesným tachometrem traktoru Z 5718, proto byl pro každou jízdu měřen čas, z něhož byly poté vypočítány rychlosti jednotlivých jízd. Pro jednotlivé tlaky vzduchu v pneumatice byly poté vypočítány pomocí aritmetického průměru průměrné veličiny. Odečítání hodnot měření síly bylo provedeno datovým spojením mezi tenzometrem pro měření boční síly, vyhodnocovacím zařízením a notebookem, který byl umístěn v kabině traktoru. Hodnoty byly zapsány v časovém sledu po 0,1s. Po ukončení měření byl proveden přesun naměřených hodnot do programu MS EXCEL . Pro vyrovnání skoků v naměřených hodnotách byl použit filtr a takto upravená data byla po přepočtu na skutečnou sílu v svislé rovině náboje kola zapsána do spojnicového grafu. Na svislé ose jsou znázorněny hodnoty bočních sil, vodorovná osa znázorňuje hodnoty tlaku huštění pneumatiky.



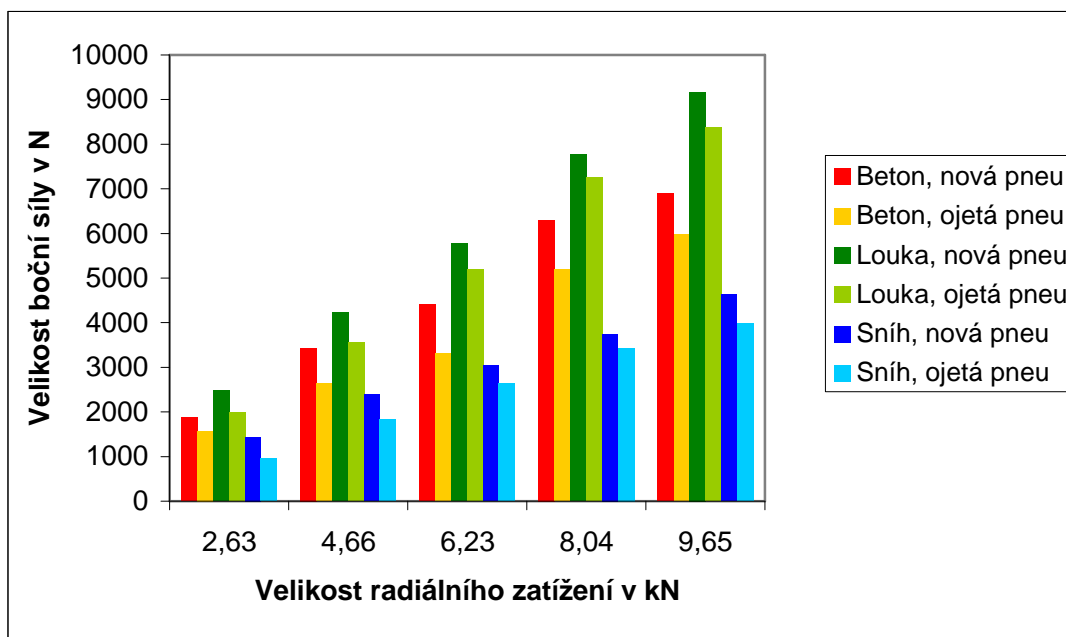
## 6. Výsledky měření

### 6.1 Boční síla neodvalujícího se kola

**Tabulka 12 Závislost velikosti boční síly na radiálním zatížení při tlaku 60 kPa pro pneu Barum 12,5 – 18 na různém povrchu**

60 kPa	Beton		Louka		Beton + sníh	
Tíha [kN]	Nová pneu	Ojetá pneu	Nová pneu	Ojetá pneu	Nová pneu	Ojetá pneu
2,63	1882	1571	2472	1993	1436	957
4,66	3437	2632	4226	3548	2393	1834
6,23	4410	3309	5781	5183	3031	2632
8,04	6300	5183	7775	7257	3748	3429
9,65	6898	5981	9171	8373	4626	3988

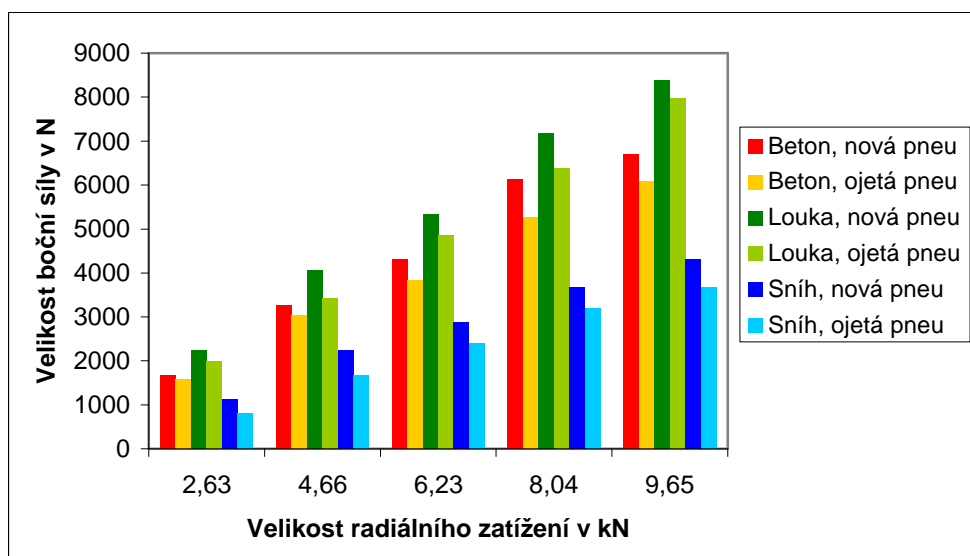
**Graf 1 Znárodnění velikosti boční síly na svise působící tíže při tlaku 60 kPa pro pneu Barum 12,5 – 18**



**Tabulka 13 Závislost velikosti boční síly na radiálním zatížení při tlaku 200 kPa pro pneu Barum 12,5 – 18 na různém povrchu**

200 kPa	Beton		Louka		Beton + sníh	
Tíha [kN]	Nová pneu	Ojetá pneu	Nová pneu	Ojetá pneu	Nová pneu	Ojetá pneu
2,63	1678	1571	2233	1993	1117	798
4,66	3269	3030	4067	3429	2233	1675
6,23	4306	3828	5343	4864	2871	2393
8,04	6140	5263	7177	6380	3669	3190
9,65	6699	6092	8373	7975	4307	3669

**Graf 2 Znáznornění velikosti boční síly na svise působící tíze při tlaku 200 kPa pro pneu Barum 12,5 – 18**



## 6.2 Boční síla odvalujícího se kola

**Tabulka 14 Závislost velikosti boční síly na radiálním konstantním zatížení při tlaku vzduchu 60, 120 a 200 kPa pro pneu Barum 12,5 - 18**

Měření č.	Tlak vzduchu [kPa]		
	60	120	200
1.	1618,551	1779,689	2356,439
2.	1061,326	1681,914	2364,404

3.	1652,551	1992,667	2212,887
4.	869,6072	1443,798	2070,295
5.	846,4117	1675,39	2011,331
Průměr Ø	<b>1209,689 kN</b>	<b>1714,692 kN</b>	<b>2203,71 kN</b>
Smodch	355,79 kN	122,8017 kN	144,2499 kN
Ø Rychlost jízdy [km/h]	2,64 (0,73ms)	2,96 (0,822ms)	2,98 (0,82 ms)

## 7. Diskuze

### 7.1. Velikost boční síly neodvalujícího se kola

Stojící neodvalující se pneumatika, která je radiálně zatížena určitou silou  $F$  se za působení boční síly deformuje, tj. její střed se o absolutní hodnotu této vzdálenosti posune z výchozí polohy. Deformace se skládá z :

-deformace kostry pneumatiky; ta je zatížena bočními silami z běhounu působícími prakticky pouze v délce dotykové plochy pneumatiky s vozovkou. Z druhé strany je pružně opřena o ráfek, představujeme si ji jako nosník nekonečné délky na pružném podkladě spojitě zatížený v délce dotykové plochy. Deformace je největší uprostřed dotykové plochy a v úhlu cca  $\pm 150^\circ$  klesá na nulu. Průběh deformace se liší

dle konstrukce pneumatiky. Radiální pneumatika má boční tuhost nižší než diagonální, avšak vlivem tuhého nárazníku se deformace roznese na větší obvod.

- deformace běhounu; ta je mimo dotykovou plochu prakticky nulová, v dotykové ploše velmi rychle nabyde přibližně konstantní hodnoty. Závislost mezi boční silou a boční deformací je až k mezi bočního prokluzu přibližně lineární. Poté se pneumatika bočně smýká.

Závislost boční tuhosti na zatížení je nevýrazná, výraznější je na tlaku huštění. Poměr statické vertikální tuhosti k boční tuhosti je více závislý na huštění u radiálních pneumatik, u diagonálních je zhruba konstantní.

Velikost boční síly, při které dojde ke smýknutí, závisí na přilnavosti pneumatiky, charakteru povrchu vozovky a na dalších faktorech. Z hlediska bezpečnosti je žádoucí dosáhnout co nejvyšších hodnot přilnavosti, která je ovlivněna zejména druhem povrchu (asfalt, beton, louka), vlastnostmi povrchu (přítomnost nerovností, vody, ledu), vlastnostmi pneumatiky (tlak vzduchu v pneumatice, konstrukce pneumatiky, vlastnosti dezénu -materiál, tvar dezénu, opotřebení), adhezním zatížení a ostatními vlivy, jako jsou teplota prostředí, vzduchu či pneumatiky.

Z výsledků měření je zřejmé, že lepší přilnavosti je vždy dosaženo u pneumatiky nové (neojeté). Starší pneumatika vykazuje horší hodnoty přilnavosti. Je to způsobeno horším stavem dezénu (ojetá pneumatika má tendenci ke smýkání po povrchu) a změnou fyzikálního a chemického stavu pryže běhounu. Starší pneumatika je poněkud tvrdší než pneumatika nová. Během provozu, opotřebováváním pneumatiky dochází ke snižování adheze pneumatiky.

Neméně významným faktorem je také tlak vzduchu v pneumatice. Obecně se dá říci, že čím větší tlak, tím menší adheze. Tato závislost je způsobená tím, že více nahuštěná pneumatika méně kopíruje povrch podložky, čímž klesá styčná plocha a přilnavost pneumatiky.

Naopak čím nižší tlak vzduchu v pneumatice (samozřejmě v rámci zachování bezpečnosti a provozních vlastností pneumatiky), tím se styčná plocha zvětšuje, což se automaticky projeví na zvětšení styčné plochy a tím i zvýšení adheze. Při

podhuštěných pneumatikách se však výrazně zhoršuje ovladatelnost vozidla a tím i jeho bezpečnost a to nejen při průjezdu zatáčkami, ale i jízdě po rovině. Navíc se zvyšuje valivý odpor a stoupá spotřeba paliva.

Samozřejmě velikost boční síly působící na nerotující pneumatiku nesouvisí jen s pneumatikou jako takovou, ale stejně tak ji ovlivňuje i podložka. Nejlepších výsledků je dosahováno na měkkých, poddajných podložkách, jako je např. louka. Důvodem je vyšší styčná plocha, která je způsobena již zmíněnou poddajností podložky.

Nejlépe se dle naměřených hodnot jeví kombinace louka – nová pneumatika – nižší tlak vzduchu. Naopak nejhorší přílnavosti bylo dosaženo při kombinaci beton – sníh – ojetá pneumatika – vyšší tlak vzduchu.

Sníh způsobuje snížení nerovností podložky. K dalším vlivům můžeme připočítat i tvrdnutí běhounu pneumatiky vlivem nižší teploty. Adhese je také přímo závislá na zatížení. Platí zde úměra, čím větší zatížení, tím větší plocha otisku, tím větší kontaktní tlak na podložku a tím výraznější zatlačení dezénu do podložky.

Velikost součinitele bočního tření u neodvalující se pneumatiky se pohybuje v rozmezí 0,303 u ojeté pneumatiky na sněhu až po 0,950 u nové pneumatiky na louce. Z výsledků vyplývá, že nejbezpečnější a tedy nejžádanější je používání pokud možno nových, nebo málo ojetých pneumatik, nahuštěných na menší tlak při jízdě na poddajném povrchu bez sněhu či ledu.

## **7.2 Velikost boční síly odvalujícího se kola na nakloněné rovině při různém tlaku vzduchu v pneumatice a konstantní tíze.**

Faktory, které ovlivňují soudržnost pneumatiky s podložkou jsou všeobecně platné jak při pohybu po vrstevnici, tak i po rovině.

V zásadě lze říci, že faktory ovlivňující odvalující se pneumatiku jsou stejné jako faktory ovlivňující pneumatiku neodvalující se. Avšak vlivem odvalování působí na pneumatiku i další faktory, které tak ovlivňují procesy popsané v předchozí kapitole. Jsou jimi povrch a sklon svahu, dále vlastnosti pneumatik, jejich rozměry, materiál,

konstrukce a dezén. Dále sem patří radiální a axiální tlak působící na pneumatiku a v neposlední řadě postavení kol vzhledem k vrstevnici svahu.

Působením boční síly dochází ke skluzu stroje, který je tím výraznější, čím je:

1. menší styčná plocha
2. větší míra opotřebení pneumatik
3. horší podložka (led, voda, sníh).

Způsoby, kterými je možné změnit boční skluz je víc. Je možné se zaměřit na konstrukční řešení stroje, čili upravit polohu těžiště, použít dvoumontáže, nebo upravit axiální a radiální zatížení. Toto jsou všechno věci, které se týkají konstrukce strojů a tedy výrobců a často je není možné ovlivnit. Uživateli pak zbývá jediné zaměřit se na volbu kvalitních a dobře zvolených pneumatik se správným dezénem.

Dalším možným způsobem jak je možné ovlivnit skluz stroje při práci na svahu je styl jízdy. Tato problematika byla popsána v kapitole 3.4.1 a 3.4.2 .

Z výsledků měření popsaného v kapitole 5.3, jehož výsledky jsou v kapitole 6.2 pak jasně vyplývá, že soudržnost pneumatiky s podložkou při nízkém tlaku je nižší než při tlaku vysokém. Naměřené hodnoty tuto skutečnost jasně prokázaly. Důvodem je, menší styčná plocha, kterou více nahuštěná pneumatika vytváří s podložkou.

U odvalující se pneumatiky s konstantním zatížením při rychlosti od 2,63 – 2,98 m/s na svahu o sklonu 11,2° činily velikosti bočních sil 1209,689 N při tlaku v pneumatice 60 kPa , 1714,692 N při tlaku 120 kPa a 2203,71 N při tlaku 200 kPa.

Z měření je tedy zřejmé, že velikost boční síly závisí na styčné ploše, kterou vytváří pneumatika s podložkou. Čím menší je styčná plocha, tím větší boční síla na pneumatiku působí a naopak čím větší styčná plocha, tím menší boční síla na pneumatiku působí.

## 8 Obecná doporučení pro praxi a závěr

Cílem práce bylo provést analýzu závislosti tlaku vzduchu v pneumatice a různého zatížení při různých podmínkách na velikost boční síly při jízdě po rovině a při jízdě po vrstevnici svahu a učinit závěry a doporučení vzhledem k bezpečnosti provozu.

Všechna měření byla prováděna na nové pneumatice Barum 12,5 – 18. Při jízdě po vrstevnici bylo zjištěno, že se vzrůstajícím tlakem vzduchu v pneumatice roste i boční síla působící na pneumatiku, čímž stroj sklouzává po svahu dolů a je třeba tento skluz vyrovnávat natočením řídicích kol. Tomuto skluzu lze zabránit těmito způsoby:

- používáním širokých pneumatik (400 mm a více)
- vyšší hodnota PR (12 – 18)
- radiální konstrukce pneumatiky
- vhodné typy dezénů pneumatik
- nízké profilové číslo pneumatiky (45 – 55%)
- koeficient plnosti dezénu vyšší než 75%
- průměr pneumatiky pokud možno co největší (1150 mm a více, ráfek 22,5, 26,5)
- zaoblení dosedací plochy dezénu běhounu k bočnici pneumatiky

Uvedeným požadavkům vyhovují například pneumatiky české výroby firmy BARUM:

BARUM Continental 445/65 R22,5 s dezénem NR,  
BARUM Continental 425/65 R 22,5 s dezénem BT,  
BARUM Continental 31 x 15,5 – 15 s dezénem ZS,

V současné době jsou nově vyráběny víceúčelové radiální pneumatiky s označením MPT (Multi Purpose Tyres) pro nízké tlaky vzduchu, s jemným žebrováním dezénu pro rychlosti jízdy až do 90 km.h<sup>-1</sup>:

BARUM Continental 505/50 R 17 s dezénem Multi Service  
BARUM Continental 355/60 R 18 s dezénem Agro Trailer

Mezi výhody těchto pneumatik tedy patří menší utužení půdy, větší životnost, vyšší boční tuhost pneumatiky s čímž souvisí i vyšší bezpečnost práce a nepřímo je tím



ovlivněna i kvalita práce. Mezi další výhody patří vyšší šetrnost k porostu a lepší záběrové vlastnosti

K nevýhodám těchto pneumatik patří jejich vyšší cena a náročnost na obsluhu – zvýšená potřeba přesného huštění. Tyto investice se však zemědělci, pracujícím převážně na svažitých pozemcích vrátí v podobě bezpečné a kvalitně odvedené práce.

Jak již bylo výše uvedeno, ovlivňuje bezpečnost práce na svazích i typ dezénu pneumatiky. Vhodnější se zde jeví žebra menší a většího počtu z důvodu menšího poškozování půdní struktury a kořenového systému porostu. Mezi oblíbené a doporučované dezény lze řadit např. dezény typu Softrac (ST), Tundra Grip (TG), AW Farmer, Multi Service (MS), Agro Trailer (AT) a NR (Barum).

Na závěr bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Ivu Celjakovi za odbornou pomoc při zpracování diplomové práce, dále pak Ing. Václavu Vávrovi a Miroslavu Zemanovi za pomoc při kalibraci a měření a za technickou pomoc.

## 9 Seznam použité literatury:

1. BARUM,: Technický rádce – pneumatiky pro nákladní automobily, Otrokovice 2001, 70 s.
2. BARUM,: Technický rádce – pneumatiky pro zemědělská vozidla, Otrokovice 2001, 82 s.
3. BENEŠ, P.: Pneumatiky pro traktory a sklizňové stroje Kléber, MZ 8/2002, s. 33
4. BENEŠ, P.: Pneumatiky pro traktory a sklizňové stroje koncernu Michelin ČR, MZ 7/2002, s.28
5. BENEŠ, P.: Pneumatiky značek Stomil a Taurus pro traktory a sklizňové stroje, MZ 10/2002, s.18
6. BLASZKIEWICZ, Z.: Analýza wpływu wybranych parametrów opon rolniczych na ugniatanie gleby, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 1997, Polsko,156 s.,ISBN 83-7160-036-4.
7. CELJAK, I.: Bližší pohled na pneumatiky, Farmář 2/2002, s. 88
8. CELJAK, I.: Dezény pneumatik, MZ 5/2001, s. 53
9. CELJAK, I.: Opotřeбенí dezénu pneumatik, MZ 8/2001, s. 25
10. CELJAK, I.: Pneumatiky dopravní techniky, Farmář 9/2001, s. 88
11. CELJAK, I.: Poškození pneumatik, MZ 11/2001, s. 58
12. CELJAK, I.: Tlak mezi vozovkou a dezénem pneumatiky, MZ 7/2001, s. 29
13. CELJAK, I.: Tlak vzduchu v pneumatikách, MZ 6/2001, s. 25
14. CELJAK, I.: Z historie vývoje pneumatik, Farmář 9/2001, s. 95
15. CELJAK, I.: Základní prvek podvozku, Farmář 8/2003, s. 53
16. CONTINENTAL,: Technický rádce – pneumatiky pro užitková vozidla, Hannover 2000, 115 s.
17. CONTINENTAL,: Technický rádce – zemědělské pneumatiky, Hannover 2001, 123 s.
18. ČSN 30 0523,: Kontrolní zkouška statického měrného tlaku pneumatik vozidla na vozovku, ÚNM, Praha 19 , 5 s.
19. ČSN 46 5302,: Značení charakteru půd zpracovaných mechanizačními prostředky, ÚNM, Praha 1982, 20 s.
20. ČSN 63 1001 část 1,: Názvosloví pneumatik - pláště, ÚNM, Praha 1981, 68 s.
21. ČSN 63 1001 část 4,: Názvosloví pneumatik - zkoušení, ÚNM, Praha 1981, 36s.
22. ČSN 63 1506,: Stanovení statické radiální tuhosti a statického poloměru, ÚNM, Praha 1984, 8 s.
23. ČSN 63 1554,: Stanovení tlaku ve stopě pneumatiky na tuhé podložce, ÚNM, Praha 1984, 8 s.
24. DOČKAL, V., KOVANDA, J., HRUBEC, F.: Pneumatiky, Skripta ČVUT Praha 1998, 71 s., ISBN 80 – 01 – 01882 – 2.
25. GOODYEAR,: Farm tire handbook 2000,
26. GREČENKO, A., MATĚJKA, J., BARTOLOMĚJEV, A.: Zhutnění půdy koly a jeho modelování, ZT 43/1997, s. 41

27. GREČENKO, A.: Teorie pohybu kola s pneumatikou po měkkém terénu při působení hnací a boční síly, ZT 1972, s. 481
28. GREČENKO, A.: Vlastnosti teréních vozidel, Praha 1994, 183 s., ISBN 80 – 213 – 0190 – 2.
29. JURTIK, T.: Proč začít používat traktorové radiální pneu Barum?, Farmář 8/2003, s.52
30. JURTIK, T.: Zemědělské pneumatiky Continental, MZ 7/2003, s. 61
31. KLŮNA, J., KOŠEK, J.: Příručka opraváře automobilů, Littera, Brno 1995, 380 s.
32. MARCÍN, J., ZÍTEK, P.: Pneumatiky, SNTL, Praha 1985, 491 s., 04- 626 – 85.
33. PIRELLI,: Technischer Ratgeber Landwirtschaftsreifen, Höchst/Odenwald 1995, 61 s.
34. SEMETKO, J. a kol.: Energetika v polnohospodářství 1, Příroda, Bratislava 1979, 458 s., 64 – 030 – 79.
35. SEMETKO, J. a kol.: Mobilné energetické prostriedky 2, Příroda, Bratislava 1985, 363 s., 64 – 006 – 85.
36. SEMETKO, J. a kol.: Mobilné energetické prostriedky 3, Příroda, Bratislava 1986, 453 s., 64 – 021 – 86.
37. SEMETKO, J. a kol.: Traktory a automobily 3, Příroda, Bratislava 1981, 453 s., 64 – 029 – 81.
38. SKALICKÝ, V.: Pneumatiky na našem trhu, Farmář 8/2003, s. 64
39. ST SEV 3349-81,: Pneumatiky- Metoda stanovení statické radiální tuhosti a statického poloměru,
40. SVATOŠ, J.- KARÁSEK, J.: Základy zemědělské techniky, Skripta ZF JCU České Budějovice 1992, 125 s., ISBN 80 – 85645 – 03 – 3.
41. ULRICH, R., SCHLAGHAMERSKÝ, A.: Aplikace nízkotlakých pneumatik s průběžnou regulací huštění ke snížení zátěže lesních půd kolovou technikou, ZT 43/1997, s. 115
42. VLK, F.: Automobilová technická příručka, Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2003, 791 s., ISBN 80 – 238 – 9681 – 4.
43. VLK, F.: Dynamika motorových vozidel, Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2003, 432 s., ISBN 80 – 239 – 0024 – 2.
44. VLK, F.: Podvozky motorových vozidel, Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2003, 392 s., ISBN 80 – 239 – 0026 – 9.
45. [www.barum.cz](http://www.barum.cz)
46. [www.cgs.cz](http://www.cgs.cz)
47. [www.contitrade.cz](http://www.contitrade.cz)
48. [www.firestone.com](http://www.firestone.com)
49. [www.goodyear.com](http://www.goodyear.com)
50. [www.michelin.com](http://www.michelin.com)
51. [www.mitas.cz](http://www.mitas.cz)
52. [www.nokian.cz](http://www.nokian.cz)
53. [www.pirelli.com](http://www.pirelli.com)
54. [www.stomil-olczyn.com.pl](http://www.stomil-olczyn.com.pl)
55. [www.trelleborg.com](http://www.trelleborg.com)

## Příloha

### Obrazová dokumentace měření

Obrázek 19 Pohled na traktor a měřicí zařízení před jízdou



Obrázek 20 Seřizování dynamometru

