

Doc. Ing. Šárka Sobotková, CSc.

Průjezdnost vozidel terénem z hlediska jeho únosnosti

**VOJENSKÝ
PROFESIONÁL**

Problematika průjezdnosti je nejčastěji definována jako schopnost kolového vozidla pohybovat se na poškozených nebo rozrušených komunikacích či v terénu. Tato schopnost je podmíněna konstrukcí vozidla, kvalitou a typem projížděného terénu. Méně známé je řešení problematiky průjezdnosti terénu obráceně. Tzn. neanalyzovat schopnost vozidla k projetí terénu, nýbrž zkoumat schopnost terénu přenášet zatížení od pohybujícího se vozidla.

Diagnostikou terénu z hlediska jeho schopností přenášet opakující se dynamická zatížení odvalujícího se kola se zabývá na Univerzitě obrany katedra ženijních technologií, FVT. [1] Je to vcelku logické, neboť k úkolům, které zahrnuje ženijní průzkum pro splnění úkolů ženijních opatření zabezpečení pohybu, patří také zjištění průjezdnosti terénu. Děje se tak proto, že vojska při přesunech využívají nejenom silnice, ale i polní a lesní cesty a v určitých případech i terény, které se pro normální provoz běžně nepoužívají. Je proto nutné vyhodnotit předem únosnost terénu k eventuálnímu možnému pohybu kolové techniky.

Článek se pokouší nastínit možnou cestu náhrady současně platné metodiky diagnostiky terénu z hlediska průjezdnosti uvedené v Žen 2-16 jinou, přesnější a propracovanější metodou vyhodnocení.

1. Úvod do problematiky

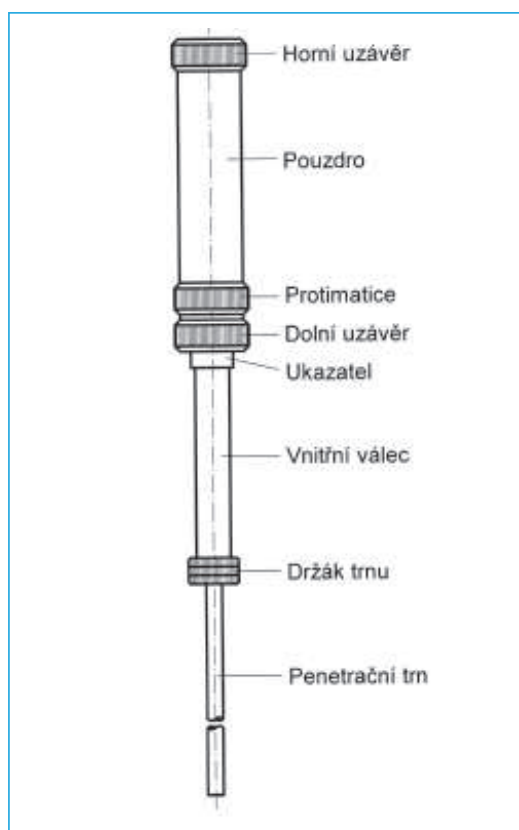
Základním faktorem schopnosti terénu přenášet zatížení způsobená pohybujícím se vozidlem je jeho smyková pevnost. Její stanovení v terénu není složité. V praxi se zejména používají penetrometry, buď statický nebo dynamický, nebo vrtulkové přístroje. Co je obtížnější, je nalezení vztahu mezi zjištěnou smykovou pevností či jiným, na smykové pevnosti závislým parametrem, a počtem vozidel určité hmotnosti, ale i konstrukce, které projíždí diagnostikovaným terénem.

Ženijní vojsko Armády české republiky má ke stanovení průjezdnosti k dispozici penetrační přístroj, zvaný teleskopický penetrometr PT 45 (obr. 1), a vyhodnocovací tabulku (obr. 2).

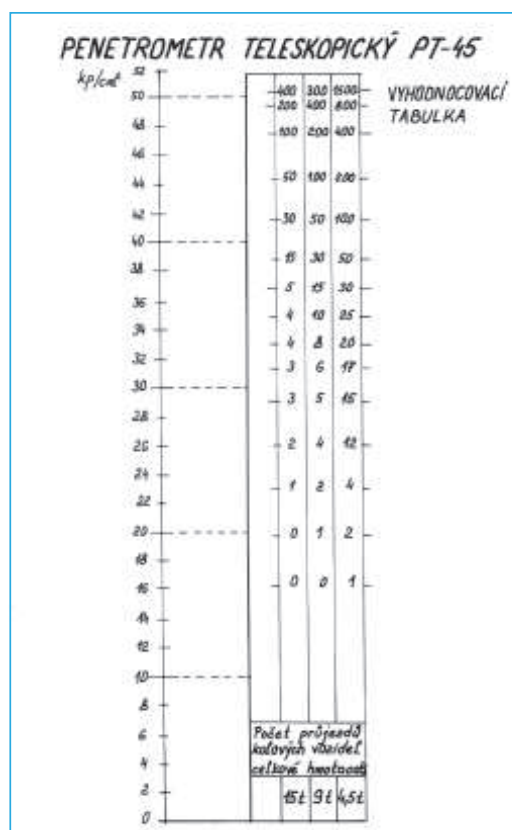
Na základě zjištěného penetračního odporu naměřeného teleskopickým penetrometrem PT 45 podle metodiky uvedené v předpise Žen 2-16 je z vyhodnocovací tabulky stanovena průjezdnost měřeného terénu, neboli určen počet vozidel dané hmotnosti, které projedou terénem v téže stopě. [2]

Bohužel, katedra ženijních technologií během mnohaletého výzkumu došla k závěru, že vztahy mezi naměřeným penetračním odporem a počtem vozidel z vyhodnocovací tabulky (obr. 1) **jsou nekorektní**.

Problém není ani tak v teleskopickém penetrometru. Tento přístroj, což bylo ověřeno během společných prací katedry ženijních technologií s Geofyzikou a bývalým VÚ 010



Obr. 1: Teleskopický penetrometr PT45



Obr. 2: Vyhodnocovací tabulka.

ve Vyškově, je schopen bezpečně a přesně zachytit anomálie ve struktuře měřeného terénu, které mají vliv na jeho smykovou pevnost, nebo řečeno jinak, zachytit místa, kde průjezdnost terénu bude problematická. Nesrovnalosti vykazuje vyhodnocovací tabulka. Nepodařilo se zjistit, na jakém základě byl stanoven či odvozen vztah mezi penetračním odporem zeminy a průjezdností kolových vozidel, jak je uvedeno ve vyhodnocovací tabulce. Byly proto provedeny série testovacích pojezdů s cílem zjistit věrohodnost údajů ve vyhodnocovací tabulce.

Testovací pojezdy byly prováděny technikou Tatra 815 VVN, Tatra 815 VT, Land Rover 130 ve třech lokalitách (obr. 3) v různých ročních obdobích tak, aby byl zachycen vliv vlhkosti terénu na průjezdnost vozidel. Výsledky skutečné průjezdnosti s teoretickou vzájemně nekorespondovaly. Na základě penetračního odporu a vyhodnocovací tabulky měl být terén ve všech případech pro vozidla **neprůjezdný**. Skutečná minimální průjezdnost vozidel však byla 20 pojezdů v téže stopě. V některých případech bylo poježdění terénu zastaveno po 50 přejezdech a terén byl vyhodnocen jako zcela průjezdný. [4]



Obr. 3: Diagnostikovaný terén.

Během prezentace našich výsledků měření na konferencích bylo namítáno, že nekořektnost údajů je na straně bezpečnosti. Další pokusy nás utvrdily v názoru, že rozdíl mezi hodnotami teoretickými a skutečnými je natolik velký, že vztahy mezi penetračním odporem a počtem vozidel, které bezpečně projely, vzájemně nekorespondují.

Na základě zjištěných poznatků je možno přistoupit ke dvěma variantám řešení v problematice zjišťování průjezdnosti vozidel terénem, a to:

1. Ponechat ve výbavě pro ženijní průzkum teleskopický penetrometr PT 45 a přepracovat vyhodnocovací tabulku.
2. Navrhnout nový, v praxi ověřený, způsob diagnostiky terénu z hlediska jeho průjezdnosti.

Varianta č. 1

Varianta je z hlediska času a ekonomických nákladů nevhodná. V současné době nejsou k dispozici podklady, ze kterých by bylo možno usuzovat či odvozovat na jakém základě byly stanoveny vztahy mezi penetrační únosností a počtem vozidel, která projela v dané stopě. Daná metodika byla převzata z vojenských předpisů bývalé armády Sovětského svazu a implementována do ženijního předpisu Žen 2-16. Zjišťování vztahů z výsledků experimentálních měření by bylo nákladné a časově velmi náročné.

Varianta č. 2

Tato varianta se jeví schůdnější. Katedra ženijních technologií v rámci své vědecké činnosti testovala a ověřovala v terénu způsob diagnostiky terénu z hlediska jeho průjezdnosti na základě polního manuálu Planning and Design of Roads, Airfields, and Heliports in the Theater of Operations [3] a výsledky jsou použitelné pro potřebu AČR. [3]

2. Vyhodnocení ověřovacích měření dle manuálu FM 5-430-00-1

V průběhu let 2006 až 2008 probíhala měření v terénu dle metodiky uvedené v FM 5-430-00-1 a vyhodnocování zjištěných výsledků. [5]

Metodika, na rozdíl od předpisu Žen 2-16, má mnohem propracovanější způsob vyhodnocování terénu z hlediska jeho průjezdnosti. V souladu s teoretickým předpokladem, kdy se obecně jedná o přímou interakci zemina – kolo, metodika zavádí do diagnostiky terénu dvě bezrozměrná čísla. První **RCI – kuželový index zatížitelnosti** (rating cone index), který ve zjednodušeném výkladu představuje parametr pevnosti zeminy v terénu, a **VCI – kuželový index vozidla** (vehicle cone index), který představuje účinky vozidla na terén. Průjezdnost terénu je pak definována na základě nerovnosti $RCI \geq VCI$:

$RCI < VCI \rightarrow$ terén neprůjezdný

$RCI > VCI \rightarrow$ terén průjezdný.

Metodika si neklade za cíl zjišťovat počet vozidel, které bezpečně projedou terénem (na rozdíl od ženijního předpisu), nýbrž stanovuje průjezdnost pro jedno nebo 50 vozidel daného typu a konstrukce, což je pro účel diagnostiky terénu z hlediska jeho průjezdnosti zcela vyhovující.

2.1 Kuželový index zatížitelnost RCI

Kuželový index zatížitelnosti – **RCI** je obecným vyjádřením pevnosti zeminy diagnostikovaného terénu. Jeho základ tvoří hodnota penetrační pevnost zeminy terénu – kuželový index [*CI – cone index*] měřená kuželovým penetrometrem (obr. 3). Smyková pevnost zeminy, jako i ostatní mechanicko-fyzikální vlastnosti zeminy, není hodnota konstantní, nýbrž proměnlivá v čase, a navíc ovlivněná celou řadou faktorů. Nejdůležitějším faktorem, jenž ovlivňuje smykovou pevnost zeminy, je vlhkost a její granulometrické složení.

Velkou výhodou metodiky FM 5-430-00-1 je skutečnost, že se snaží tyto základní faktory postihnout a implementovat do stanovení kuželového indexu zatížitelnosti **RCI** prostřednictvím dalších parametrů:

- **RI** – indexu přetvoření (remolding index),
- zavedením kritické vrstvy.

Index přetvoření **RI** odráží vliv vlhkosti a jejich projevů na pevnost zeminy pro jemnozrnné zeminy (u hrubozrnných se nezjišťuje).

Kritická vrstva je hloubkový interval, ve kterém je zjištění hodnoty kuželového indexu **CI** směrodatné. Její hloubka je různá v závislosti na typu zeminy, půdním profilu, typu a hmotnosti vozidla a počtu požadovaných pojezdů.

Výsledný parametr pevnosti zeminy měřeného terénu **RCI** se následně stanoví jako součin hodnot **CI** a **RI** pro příslušnou kritickou vrstvu,

$$RCI = CI \cdot RI \quad (1)$$

2.2 Kuželový index vozidla VCI

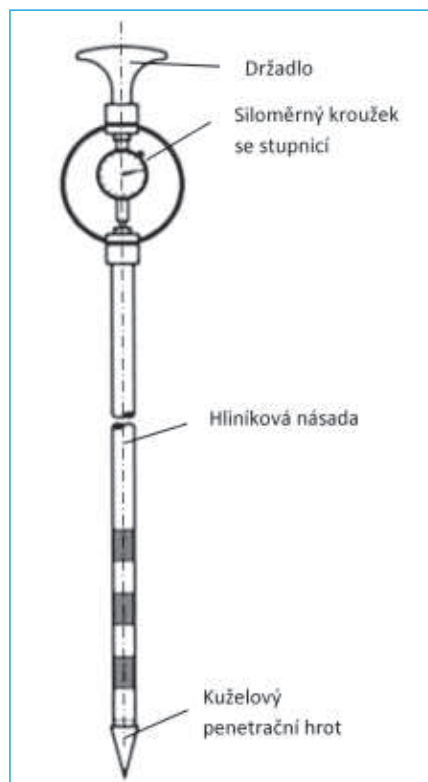
Kuželový index vozidla **VCI** je hodnota charakterizující dané vozidlo. Pro každé vozidlo se určují dvě hodnoty kuželového indexu vozidla **VCI**:

- pro jeden pojezd,
- pro padesát pojezdů.

Pro vozidla používaná v české armádě je třeba hodnotu **VCI** pro každé vozidlo odhadnout, na rozdíl od vozidel užívaných například armádou Spojených států, kde jsou hodnoty kuželového indexu vozidel tabelizovány. Pokud se jedná o vozidlo, jehož hodnota **RCI** není známa, slouží pro odhad hodnoty **VCI** index mobility **MI**, který se dá pro každé vozidlo vypočítat. Výpočet hodnoty indexu mobility **MI** vychází z dotykového tlaku, charakteru pneumatik, hmotnosti vozidla, zatížení náprav a světlé výšky, a liší se podle typu vozidla (vozidla pásová s vlastním pohonem, kolová s vlastním pohonem, pásová vlečená a kolová vlečená).

Obecně je možno *index mobility MI* uvést jako následující vztah:

$$MI = \left[\frac{\text{Faktor dotykového tlaku} \times \text{Hmotnostní faktor}}{\text{Faktor pneumatiky} \times \text{Faktor řetězů}} + \text{Faktor zatížení kola} - \text{Faktor světlé výšky} \right] \times \text{Faktor motoru} \times \text{Faktor převodovky} \quad (2)$$



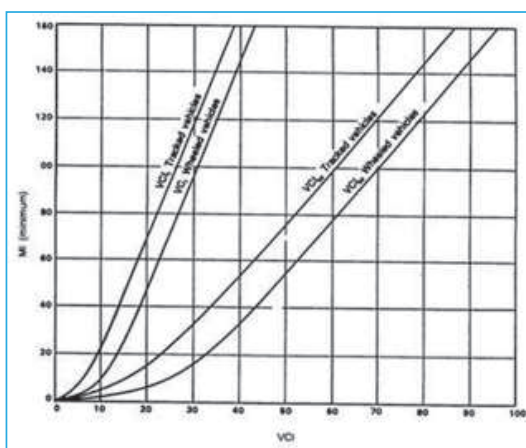
Obr. 4: Kuželový penetrometr

Na základě stanovení indexu mobility **MI** je možno z příslušného grafu (obr. 5) určit kuželový index vozidla **VCI**.

Pro potřeby srovnávacích měření byly vypočteny hodnoty kuželového indexu vozidel v AČR pro jeden VCI1 a 50 pojezdů VCI50 [4], viz tab. 1.

Tab. 1

Druh vozidla	VCI pro jeden pojezd	VCI pro 50 pojezdů
Tatra 815 8×8 VVN	34	77
Land Rover 130	36	82
Land Rover Defender 110	32	74
UAZ 469B	25	59



V grafu jsou znázorněny čtyři křivky, a to dvě pro kolová vozidla s pohonem všech kol (wheeled vehicles), a dvě pro vozidla pásová (tracked vehicles). Strmější křivky slouží k odhadu *VCI* pro jeden pojezd a pozvolnější křivky jsou k odhadu *VCI* pro padesát pojezdů. Nemá-li kolové vozidlo pohon na všechna kola, tak se k získání hodnoty *VCI* použije následující vztah:

$$VCI = 1,4 MI \quad (3)$$

Obr. 5: Graf pro stanovení indexu VCI [3]

3. Závěr

Je zřejmé, že metodika měření průjezdnosti terénu popsaná v polním manuálu 5-430-00-1 Planning and Design of Roads, Airfields, and Heliports in the Theater of Operations – Road Design [3] je propracovanější než metodika v Žen 2-16. [2] Jejím hlavním přínosem je skutečnost, že se zabývá i vlivem hutnění zeminy po opakujících se přejezdech, a že je možno ji používat pro různé typy vozidel.

Po sérii ověřovacích měření přímo v terénu a podrobnějším propracování indexu vozidla *VCI*, zejména jeho propočet na podmínky ČR, by mohl vzniknout nástroj s širokým uplatněním nejen v armádě, ale i v civilním sektoru, zejména během mimořádných událostí.

Použitá literatura:

- [1] <http://www.unob.cz>.
- [2] SOBOTKOVÁ, Š. *Průjezdnost vozidel terénem*. [habilitační práce], VA Brno, 2002.
- [3] <http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/5-430-00-1/index.html>.
- [4] CIBULOVÁ, K. Diagnostika terénu z hlediska průjezdnosti. [dizertační práce], UO Brno, 2007.
- [5] SOBOTKOVÁ, Šárka, CIBULOVÁ, Klára. The Results of Terrain -Trafficability Measurements Carried out with Penetrometers. In *International conference on military technologies – ICMT 07*. Česká republika, 2007, č. 1-2, s. 118-123. ISBN 987-80-7231-238-2.