

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	1
3	Literární rešerše	2
4	Metodika měření.....	3
4.1	Tyč pro měření tahového odporu.....	3
4.2	Rám pro měření tahového odporu	4
4.3	Metodika měření fyzikálních vlastností půdy.....	4
4.3.1	Metodika penetračního měření.....	4
4.3.2	Metodika měření pomocí metody odběru Kopeckého válečků	5
4.4	Metodika měření tahových odporů	5
5	Analýza výsledků měření a diskuse.....	7
5.1	Výsledky měření - Písková Lhota dne 9. dubna 2013	7
5.2	Výsledky měření - Písková Lhota dne 10. října 2013.....	7
5.3	Výsledky měření - Sloveč dne 10. října 2014.....	8
5.4	Statistická analýza dat z 1. - 3. měřicí jízdy - Sloveč	8
5.5	Statistická analýza naměřených dat 1. – 6. měřicího úseku (zahloubený kypřič) - Sloveč	9
5.6	Analýza fyzikálních vlastností na pokusném pozemku ve Slověči	11
5.7	Testování hypotézy o rozdílu vlhkosti půdy (%) na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč.....	11
5.8	Testování hypotézy o rozdílu objemové hmotnosti půdy ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč	12

5.9	Testování hypotézy o rozdílu horizontálního penetračního odporu půdy (MPa) na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč	12
5.10	Testování hypotézy o rozdílu vertikálního penetračního odporu (MPa) v hloubce 0,12 m na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč	13
5.11	Testování hypotézy o rozdílu tahové síly (N) na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč.....	14
6	Závěr.....	16
7	Seznam použité literatury	17
8	Seznam publikací a konferencí.....	19
9	Summary	20

1 Úvod

Současné zemědělství přináší s sebou neustále zvyšující se nároky na tahové vlastnosti tažných prostředků z důvodu ekonomických a agronomických požadavků na stroje na zpracování půdy. V průběhu několika posledních let se požadavky na stroje na zpracování půdy změnilly a to jak co do rostoucí velikosti záběru což současně přináší i zvyšující se hmotnosti těchto strojů, tak co do určité míry i požadavků na hloubku, kvalitu a intenzitu zpracování půdy. Dnešní moderní stroje na zpracování půdy jsou těžší, větší mají vyšší výkonnost a zároveň jsou i účinnější (Varga a kol., 2009; Varga a kol., 2010).

V praxi při vývoji zemědělských strojů jsou vývojoví pracovníci neustále stavěni před otázku, jak tyto stroje konstrukčně dimenzovat z hlediska pevnosti. Příliš vysoká pevnostní rezerva stroj zbytečně prodražuje a v konečném důsledku se zvyšuje hmotnost samotného stroje. Příliš nízká rezerva zvyšuje riziko nedostatečné provozuschopnosti stroje a jeho následné provozní nespolehlivosti. Proto v praxi je bezpodmínečně nutné provádět pevnostní výpočty a zároveň provozní zkoušky. Znalost tahové síly je přitom zásadní. Tyto faktory vstupují do procesu konstrukce strojů.

2 Cíl práce

Cílem předložené práce bylo navrhnout a vyrobit měřící zařízení, které by bylo schopno měřit tahový odpor strojů na zpracování půdy v rozsahu do 200 kN sofistikovanějším způsobem než doposud dostupnými metodami. Důraz byl kladen na relativní jednoduchost tohoto zařízení a možnost jeho použití při dlouhodobějším testování strojů na zpracování půdy. Při měření tahové síly by zařízení mělo umožnit i kontinuální měření fyzikálních vlastností půdy a zahloubení stroje.

Ověřovaná výzkumná hypotéza zní, že nově vyvinuté měřící zařízení měří tahové odpory se stejnou nebo alespoň velmi podobnou přesností, jako stávající užívané metody měření založené na použití tahové tyče.

3 Literární řešerše

Pro správné hodnocení strojů na zpracování půdy je nutnost objektivně charakterizovat pozemek - měření a vyhodnocení základních fyzikálních vlastností půdy.

Asi neobjektivnější, avšak velice pracnou metodou zjištění fyzikálních vlastností půdy je odběr neporušených vzorků půdy tzv. Kopeckého válečky. Podrobně je odběr neporušených půdních vzorků popsán v Pedologickém praktiku ČZU Praha (Valla a kol., 2000).

Další možností posouzení fyzikálních vlastností půdy je měření penetračního odporu půdy za pomoci penetrometru.

Konstrukce vertikálního penetrometru včetně doporučení pro práci s ním je definováno americkou normou v dokumentech ASAE S313.3 a ASAE EP542.

Horizontální penetrometry jsou vhodné pro zaznamenávání plošného rozložení zhutnění půdy s následným mapováním pozemku. Například Varga a kol. (2014) použili jednoduchý horizontální penetrometr se dvěma hroty. Hall a Raper (2005) uvádí, že penetrační měření jsou značně ovlivněna vlhkostí půdy.

Kombinované měření penetračního odporu horizontálním penetrometrem a obsahu půdní vlhkosti ukázali Schulze Lammers a kol. (2007) a Naderi-Boldaji a kol. (2012). Tyto kombinované snímače „během jízdy“ potvrdily významný vliv obsahu půdní vlhkosti na měření penetračního odporu.

Měření tahových odporů strojů se zabývají výzkumníci jako například (Arvidsson a kol., 2004; Schutte a Kutzbach, 2003).

Podpěra a kol. (2009, 2013) patentovali zařízení na měření tahových sil, které lze připojit mezi traktor a připojený stroj na tříbodový závěs traktoru. Zařízení označené jako TH 300 měří v rozsahu až 100kN.

Pražan a Podpěra (2011) používali měření tahové síly traktoru k posouzení vlivu tahového odporu pluhu na zatížení pneumatik hnacích kol traktoru. K měření byl autory použit tenzometrický snímač tahové

síly U 10 M. Takto měřená síla dosahovala maximálních hodnot do 45 kN.

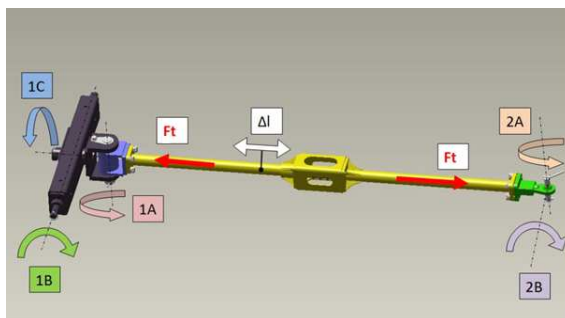
Preč a kol. (2008) porovnávali tahové vlastnosti traktorů s různou konstrukcí podvozku za pomoci tenzometrického snímače HBM Z4, umístěného v ochranné ocelové kleci. Tento tenzometr má rozsah měření do 500 kN.

4 Metodika měření

Měřicí zařízení musí být schopno měřit tahový odpor moderních širokozáběrových strojů, které jsou taženy tažnými prostředky o výkonu až 370 KW. Měření by mělo být kontinuální bez zásadních provozních omezení. Měřicí zařízení musí mít možnost agregace se stroji připojenými jak do ok tříbodového závěsu kategorie 3 a 4 konstruovaných dle platných norem, tak i pro kouli K 80.

4.1 Tyč pro měření tahového odporu

Nejjednodušším zařízením sloužícím k měření tahového odporu je měřicí tahová tyč (viz Obrázek 1), která umožňuje měřit tahovou sílu mezi dvěma traktory pomocí na ní umístěného snímače tahové síly.



Obrázek 1: Měřicí tahová tyč pro měření tahového odporu strojů pro zpracování půdy.

4.2 Rám pro měření tahového odporu

Nově vyvinutý měřicí rám (viz Obrázek 2) pro měření tahového odporu by měl do značné míry odstranit hlavní nedostatky měřicí tahové tyče (nutnost použití dvou traktorů, problémy při otáčení soupravy).



Obrázek 2: Reálné provedení měřícího rámu

4.3 Metodika měření fyzikálních vlastností půdy

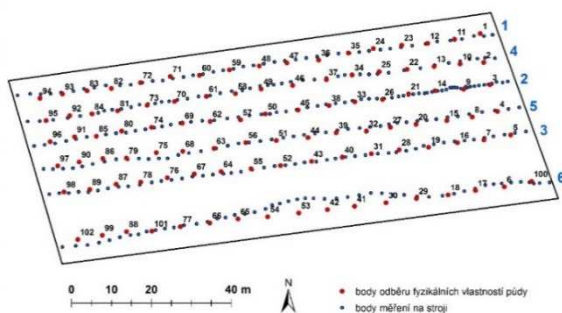
Metodika testování vycházela z definice fyzikálních vlastností půdy na zkušebních pozemcích a následně na takto definovaných pozemcích proběhla měření fyzikálních vlastností a tahové zkoušky.

4.3.1 Metodika penetračního měření

Pomocí vertikálního ručně ovládaného penetrometru byl zjišťován penetrační odpor půdy do maximální možné hloubky. Vertikální penetrační odpor půdy byl měřen pomocí penetrometru PN-10 vyvinutém na ČZU v Praze. Dále byl penetrační odpor měřen průběžně během jízdy soupravy a to horizontálním penetrometrem umístěným na měřícím rámu.

4.3.2 Metodika měření pomocí metody odběru Kopeckého válečků

Pro odběr neporušeného půdního vzorku se muselo volit místo kde půda, byla v pokud možno neporušeném stavu. K odběru neporušeného půdního vzorku byly použity Kopeckého válečky o průměru 53 mm a výšce 50 mm. (Valla a kol., 2000). Na tomto pokusném pozemku bylo odebráno 102 vzorků (viz Obrázek 3) pomocí Kopeckého válečků z hloubky 0,1 - 0,15 m, aby se co možná nejpřesněji charakterizovala objemová hmotnost půdy, pórovitost a vlhkosti půdy v nejdůležitějším profilu zpracování půdy.



Obrázek 3: Mapa odběrných míst pro zjištění objemové hmotnosti půdy pokusného pozemku (červená kolečka) a trajektorie jednotlivých jízd (modrá kolečka), pořadí jednotlivých měřících jízd (měřících úseků) – modrá čísla (1 - 6).

4.4 Metodika měření tahových odporů

Měření tahových odporů probíhalo dvěma způsoby pro porovnání naměřených hodnot, a to dosud obvyklým způsobem měření tahovou tyčí a za pomoci měřicího rámu.

Pro měření tahovou tyčí bylo potřeba dvou traktorů. Jeden tažený a druhý tažený, ke kterému byl připojen samotný kyprič (viz Obrázek 4).



Obrázek 4: Měřicí sestava. Z prava: tažný traktor John Deere 8345R, tahová měřicí tyč, tažený traktor John Deere 8220 pro nesení a ovládání kypřiče, kypřič Ecoland EO 4000.

Pro měření s měřícím rámem byl využit pouze jeden traktor. Za účelem porovnání údajů získaných z tahové tyče a měřícího rámu bylo potřeba rovněž dvou traktorů. Tažný traktor byl vybaven měřícím rámem, ke kterému byla připojena tažná tyč a tažený traktor s připojeným kypřičem (viz Obrázek 5).



Obrázek 5: Měřicí souprava. Zleva: tažný traktor John Deere 8320RT, měřicí rám, měřicí tyč, tažený traktor New Holland T7050 pro zvedání a spouštění kypřiče, kypřič Köckerling Gruber Vario s pracovním záběrem 5 m.

Naměřené výsledky těchto měřících zařízení pak byly porovnány mezi sebou. Trajektorie jízd byly zaměřeny souřadnicemi získanými z DGPS systému určování polohy.

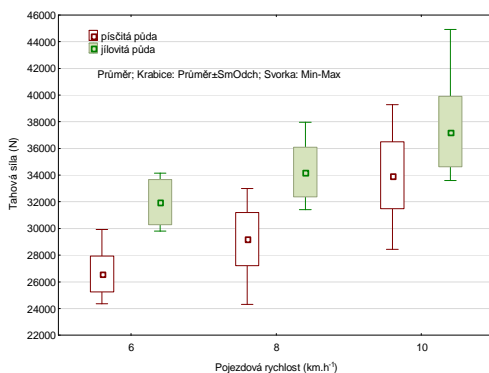
5 Analýza výsledků měření a diskuse

5.1 Výsledky měření - Písková Lhota dne 9. dubna 2013

Během první zkušební jízdy došlo ke zničení měřícího zařízení z důvodu nekoordinovanosti obou obsluh traktorů.

5.2 Výsledky měření - Písková Lhota dne 10. října 2013

Z důvodu poškození čidla během první měřící jízdy, bylo čidlo při dalších měřeních vestavěno do kovové ochranné klece tak, jak byla v minulosti také již použita autory Preč a kol. (2008).



Obrázek 6: Krabicové grafy výsledků měření tahové síly v (N) při pojezdové rychlosti 6, 8 a 10 (km.h⁻¹) pro písčitou a jílovitou půdu při pracovní hloubce 0,1 m.

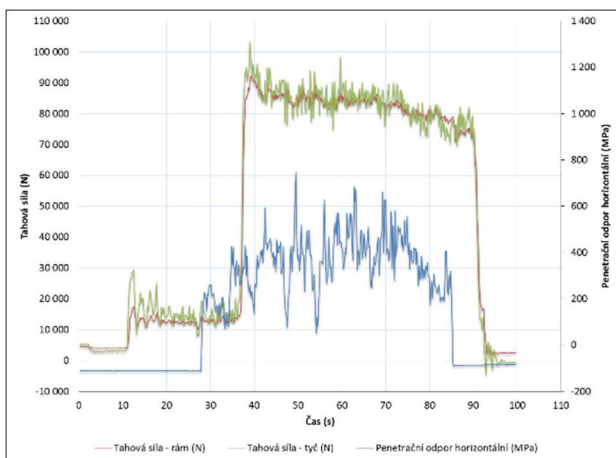
Při měření v Pískové Lhotě ze dne 10. října 2013 byl zjištěn jednoznačný vliv druhu zpracovávané půdy na tahovou sílu, kterou je nutno vyvinout pro práci kypřiče (viz Obrázek 6).

5.3 Výsledky měření - Sloveč dne 10. října 2014

Experimenty ve Slovči dne 30. října 2014 bylo především zaměřeno na porovnání výsledků měření tahové síly potřebné k tažení strojů na zpracování půdy pomocí tahové tyče a měřicího rámu.

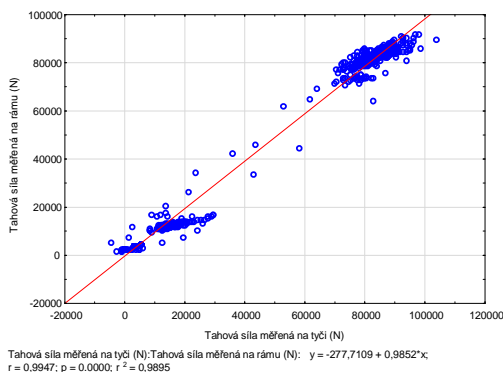
5.4 Statistická analýza dat z 1. - 3. měřicí jízdy - Sloveč

Průběh hodnot tahových sil a horizontálního odporu půdy 1. měřicí jízdy byl zaznamenán v celém průběhu měřicí jízdy (viz Obrázek 7), před zahloubením a po zahloubení kypřiče. V první části jízdy je vidět průběh tahového odporu samotného taženého traktoru a nezahloubeného kypřiče následně došlo k zahloubení kypřiče a výraznému nárůstu tahových sil.



Obrázek 7: Graf průběhů tahových sil (N) měřených na tahové tyči a měřicím rámem a horizontálního penetračního odporu (MPa) 1. měřicí jízdy.

Z grafu na Obrázku 7 je zřejmý průběh měření pomocí horizontálního penetrometru, jako doplňkového měření k měření tahové síly



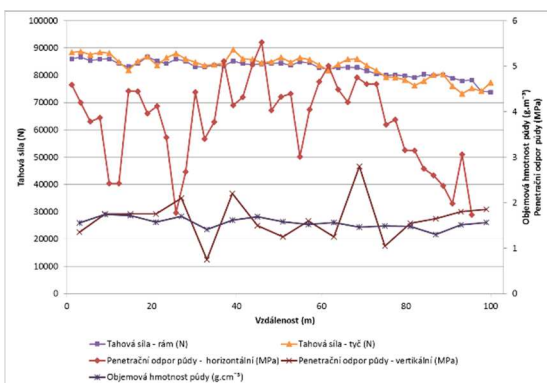
Obrázek 8: Graf závislosti tahové síly měřené na rámu (N) a tahové síly měřené na tyči (N) 1. měřící jízdy.

Při vyhodnocení záznamů celé měřící jízdy (včetně zahlubování a vyhlubování kypřiče) dosahovaly koeficienty determinace závislosti údajů z tahové tyče a měřícího rámu hodnot vyšších než $r^2=0,98$ (viz Obrázek 8).

Absolutní hodnoty tahových sil měřené tahovým rámem vycházely statisticky významně nižší než ty, které byly měřeny tahovou tyčí (rozdíl se pohyboval v rozmezí od 2,1 % do 5,4 %). Zajímavé jsou také rozdíly zjištěné v rozptylu naměřených hodnot. Nižší rozptyl naměřených hodnot tahové síly byl vždy pozorován při měření prostřednictvím měřícího rámu. Rozdíl ve variabilitě (měřené variačním koeficientem) je velmi nízký, pohybuje se do 3,4 %, což je z praktického hlediska zanedbatelné.

5.5 Statistická analýza naměřených dat 1. – 6. měřícího úseku (zahloubený kyprič) - Sloveč

Na Obrázku 9 jsou zaznamenány výsledky měření vybraných veličin v 1. měřícím úseku. Dále jsou zde zaznamenány výsledky měření objemové hmotnosti půdy (g.cm^{-3}) a vertikálního penetračního odporu půdy (MPa) na prvním měřícím úseku.



*Obrázek 9: Graf výsledků měření sledovaných veličin v 1. měřícím úseku - průběhu tahových sil (N) měřených tahovou tyčí a měřícím rámem, průběhu horizontálního penetračního odporu (MPa).
Naměřené hodnoty objemových hmot.*

Při vyhodnocení záznamů z měřících úseků (pouze zahloubený kypřič) dosahovaly koeficienty determinace závislosti údajů z tahové tyče a měřícího rámu hodnot vyšších než $r^2=0,85$.

Absolutní hodnoty tahových sil měřené tahovým rámem vycházely statisticky významně nižší než ty, které byly měřeny tahovou tyčí (hodnoty naměřené tahovou tyčí byly o 0,8 % až do 5,5 % vyšší než hodnoty naměřené měřícím rámem). Také byly zjištěny rozdíly v rozptylu naměřených hodnot. Nižší rozptyl naměřených hodnot tahové síly byl při měření pomocí měřícího rámu. Rozdíl ve variabilitě (měřené variačním koeficientem) je velmi nízký, pohybující se do 3,25 %.

Při snahách o zjištění korelací mezi měřenou tahovou silou a sledovanými fyzikálními vlastnostmi půdy je nutno konstatovat, že žádné významné závislosti překvapivě nebyly zjištěny. Faktorem, ovlivňujícím tyto výsledky měření, mohla být hloubka zpracování. Výsledky analýzy závislosti tahové síly na hloubce zpracování však také neprokázaly významnější korelaci.

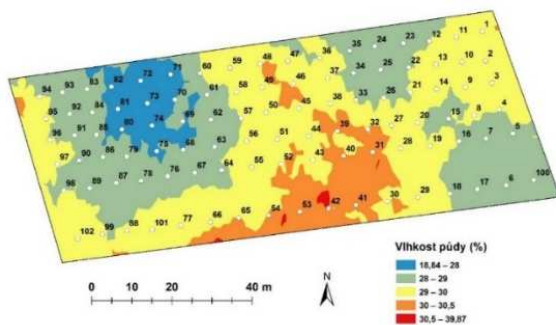
5.6 Analýza fyzikálních vlastností na pokusném pozemku ve Slovči

Na základě výsledků fyzikálních charakteristik půdy byl pokusný pozemek rozdělen do dvou částí (západní a východní). Soubory naměřených hodnot byly dále mezi sebou statisticky testovány. Rozdělení bylo provedeno tak, že do první (východní) části byly zařazeny hodnoty naměřené z odměrných míst 1-51 a místa č. 100 a těmto místům odpovídající částí měřících úseků. Do druhé části (západní) byly zařazeny naměřené hodnoty z odběrných míst 52 -102 mimo hodnoty z místa č. 100 a těmto místům odpovídající částí měřících úseků.

5.7 Testování hypotézy o rozdílu vlhkosti půdy (%) na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč

Z odebraných vzorků Kopeckého válečků byla vyhodnocena půdní vlhkost (%). Průměrná vlhkost na první (východní) části pozemku byla statisticky významně vyšší než na druhé, (západní) části.

Tento rozdíl je možné rovněž posoudit z mapy pokusného pozemku - vlhkosti půdy (viz Obrázek 10).

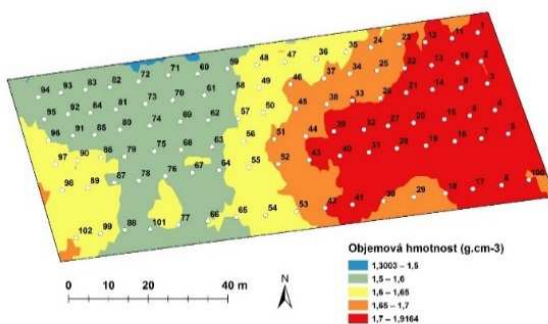


Obrázek 3: Mapa znázornění vlhkosti půdy (%) pokusného pozemku ve Slovči.

5.8 Testování hypotézy o rozdílu objemové hmotnosti půdy ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč

Rovněž byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi objemovou hmotností půdy na východní a západní části pokusného pozemku.

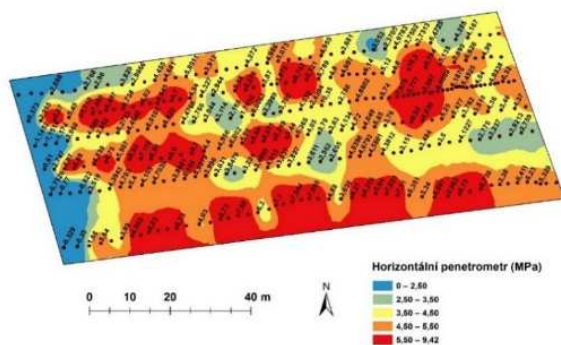
Rozdíl je možné posoudit z mapy pokusného pozemku – objemové hmotnosti půdy ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) (viz Obrázek 11), ze které je patrné, že západní část pozemku vykazuje nižší objemovou hmotnost než část východní.



Obrázek 11: Mapa objemových hmotností půdy ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) pokusného pozemku ve Sloveči.

5.9 Testování hypotézy o rozdílu horizontálního penetračního odporu (MPa) na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč

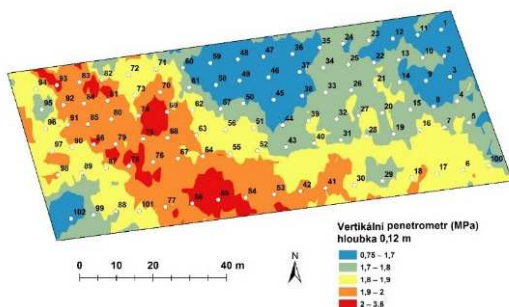
V případě testování horizontálního penetračního odporu (MPa) nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi východní a západní částí pokusného pozemku. Tyto výsledky plně korespondují s vizualizační mapou na Obrázku 12, ze které není jednoznačný rozdíl naměřených hodnot horizontálního penetračního odporu v obou částech pokusného pozemku.



Obrázek 12: Mapa horizontálních penetračních odporů (MPa) pokusného pozemku ve Slovči.

5.10 Testování hypotézy o rozdílu vertikálního penetračního odporu (MPa) v hloubce 0,12 m na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč

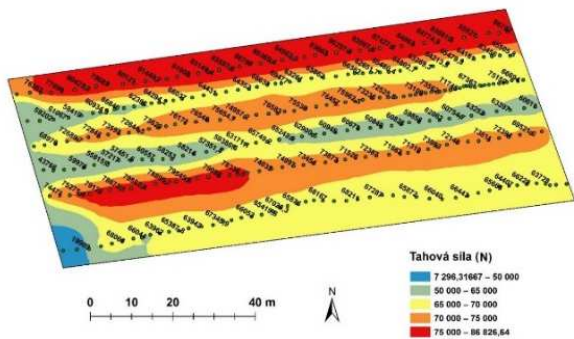
I když statisticky nebyl prokázán rozdíl ve vertikálním penetračním odporu (MPa) měřeném v hloubce 0,12 m na první (východní) a druhé (západní) části pozemku, tak mapa na Obrázku 13 naznačuje určitý vizualizační rozdíl, kde na západní části pozemku převažují oblasti s vyššími hodnotami penetračního odporu než v části východní.



Obrázek 13: Mapa znázornění vertikálního penetračního odporu (MPa) měřeného v hloubce 0,12 m pokusného pozemku ve Slovči.

5.11 Testování hypotézy o rozdílu tahové síly (N) na první a druhé části pokusného pozemku - Sloveč

Mapa na Obrázku 14 znázorňuje oblasti s naměřenými hodnotami tahových sil (N). Z této mapy není jednoznačně patrný rozdíl v hodnotách tahových sil (N) v první (východní) nebo v druhé (západní) části pokusného pozemku, jak bylo taktéž verifikováno statistickými testy. Z mapy lze vyčíst oblasti v trajektoriih jízd na 1., 2. a 3. měřicím úseku s vyššími hodnotami tahové síly, kde pracovala souprava dvou traktorů (tahové síly jak samotného kypřiče, tak taženého traktoru).



Obrázek 4: Mapa znázornění tahových sil (N) měřených měřícím rámem pokusného pozemku ve Slovčí.

6 Závěr

Na základě výsledků prezentovaných v této práci lze konstatovat, že námi použitou tahovou tyčí i nově vyvinutým rámem pro měření tahových sil strojů pro zpracování půdy lze měřit tahové síly až do 200 kN s tím, že jednoduchou úpravou obou zařízení lze tuto maximální hodnotu nadále zvyšovat až na hodnotu, která je dána pevností konstrukce těchto zařízení.

Hodnoty tahové síly měřené měřicím rámem byly z praktického hlediska srovnatelné s hodnotami měřenými tahovou tyčí. Velkou výhodou měřicího rámu je to, že pro měření není nutné použít druhý, tažený traktor, který slouží pouze k připojení a ovládání měřeného stroje na zpracování půdy. Také jednodušší manipulace s měřicí soupravou při měření je výhodou.

Byl prokázán značný vliv měnící se vlhkosti půdy v řádu jednotek procent na měření penetračního odporu půdy. Výsledky měření rovněž naznačily podobnost práce vertikálních a horizontálních penetrometrů. Měření penetračního odporu půdy proti vnikání horizontálního penetrometru je slibnou možností rychlé charakteristiky fyzikálních vlastností půdy. Musí však být doplněno přesnými údaji o vlhkosti půdy, což je námětem pro další výzkum.

Dalším námětem pak je přesné kontinuální měření hloubky zpracování půdy.

7 Seznam použité literatury

ARVIDSSON, J., KELLER, T., GUSTAFSSON, K. 2004. Specific draught for mouldboardplough, chisel plough and disc harrow at different water contents. *Soil and Tillage Research*, vol. 79, No. 12, s. 221–231.

ASAE Standard EP542 Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Cone Penetrometer. 2013. St. Joseph, Michigan, ASAE.

ASAE Standard S313.3 Soil cone penetrometer. 2004. St. Joseph, Michigan: ASAE, 49th Ed.

HALL, E., RAPER, R. 2005. Development and concept evaluation of an on-the-go soil strength measurement system. *Transaction of ASAE*, vol. 48, No. 2, s. 469–477.

NADERI-BOLDAJI, M., SHARIFI, A., JAMSHIDI, B., YOUNESI-ALAMOUTI, M., MINAEE, S. 2011. A dielectric-based combined sensor for on-the-go measurement of soil water content and mechanical resistance. *Sensor and Actuators A: Physical*, vol. 171, No. 2, 131–137.

PODPĚRA, V., SYROVÝ, Z., VOTÍPKA, F. 2009. Zařízení pro měření sil. Užité vzor č. CZ 19926 U1. Úřad průmyslového vlastnictví ČR, přihlášeno 27. 4. 2009, zapsáno 17. 8. 2009.

PODPĚRA, V., SYROVÝ, Z., VOTÍPKA, F. 2013. Zařízení pro měření sil. Patent č. CZ 304 215 U6. Úřad průmyslového vlastnictví ČR, přihlášeno 27. 4. 2009, uděleno 27. 11. 2013.

PRAŽAN, R., PODPĚRA, V. 2011. Vliv tahového odporu pluhu na zatížení pneumatik hnacích kol traktoru. *Mechanizace zemědělství*, vol. 61, No. 6, s. 80-83.

PREČ, M., SEDLÁK, P., BAUER, F., ČUPERA, J., ŠMERDA, T. 2008. Porovnání tahových vlastností traktorů s různou konstrukcí podvozku. In: Sborník z konference Mendelnet 08 Agro, Mendelova univerzita v Brně, 15 s.

SCHULZE LAMMERS, P., SUN, Y., MA, D. 2007. Using a combined sensor for mapping soil resistance force and soil water content. *Landtechnik*, vol. 62, No. 5, s. 330- 331.

SCHUTTE, B., KUTZBACH, H.D. 2003. *Evaluierung von ortsspezifischen Zugkraftmessungen bei der Bodenbearbeitung*. In: Agricultural Engineering 2003, Tagng Landtechnik, Hannover, s. 299–304.

VALLA, M., KOZÁK, J., NĚMEČEK, J., MATULA, S., BORŮVKA, L., DRÁBEK, O. 2000. *Pedologicke praktikum*. Praha: Česka Zemědělská Univerzita v Praze, 2011. – ISBN 978-80-213-0914-2.

VARGA, F., ABRAHÁM, R., JABLONICKÝ, J., BOĎO, T., CHRASTINA, J. 2010. Measurement of soil compaction with horizontal and vertical cone penetrometer. *Savremena poljoprivrednatehnika*, vol. 36, No. 3, s. 247–255.

VARGA, F., JABLONICKÝ, J., MÜLLEROVÁ, D., ŽIKLA, A. 2009. Influence of soil resistance on ploughing depth. *Traktori i pogonske mašine*, vol. 14, No. 1, s. 49–58.

VARGA, F., TKÁČ, Z., ŠIMA, T., HUJO, L., KOSIBA, J., UHRINOVÁ, D. 2014. Measurement of soil resistance by using a horizontal penetrometer working with the two-argument comparative method. *Agronomy Research*, vol. 12, No. 1, s. 187–196.

8 Seznam publikací a konferencí

Článek scopus

NOVÁK, P. – CHYBA, J. – KUMHÁLA, F. – PROCHÁZKA, P. The measurement of stubble cultivator draught force under different soil conditions. *Agronomy Research*, 2014, roč. 12, č. 1, s. 135-142. ISSN: 1406-894X.

PROCHÁZKA, P. – NOVÁK, P. – CHYBA, J. – KUMHÁLA, F. Evaluation of measuring frame for soil tillage machines draught force measurement. *Agronomy Research*, 2015, roč. 13, č. 1, s. 186-191. ISSN: 1406-894X.

Příspěvky konference

PROCHÁZKA, P. – KUMHÁLA, F. – CHYBA, J. – PETRÁSEK, S. *The measurement of Ecoland 400 pulling force.*, In: Agricultural Education and Science in XXI Century, Moskva, Rusko, 11.-13. 11. 2015, s. 8.

PROCHÁZKA, P. – KUMHÁLA, F. – CHYBA, J. *Měření tahové síly radličkového kypřiče.* 2015, In: Biopaliva z pohledu energetiky a vlivu na životní prostředí. Praha – Ruzyně, ČR, 5. 11. 2015. 8 s. ISBN 978-80-86884-91-2.

PROCHÁZKA, P. - NOVÁK, P. - CHYBA, J.- KUMHÁLA, F. *Rám pro měření tahových sil moderních strojů pro zpracování půdy.* In: Sborník z konference ICTKI 2016, Litoměřice, ČR, 3.-4. 2. 2016, s. 29.

9 Summary

This Ph.D. thesis is focused on tensile forces measurement process of modern tillage machines for bigger working width. There is a limited amount of measuring devices for tensile forces higher than 100 kN. To eliminate tensile rod disadvantages (need of use of two tractors is complicated for measuring operation during the headlands turns) the new measuring frame was developed to measure the tensile forces.

To characterize the physical attributes of the soil, before the new developed measurement, the samples of unbroken soil were taken (Kopecky's cylinders). The penetration resistance of soil was measured in a horizontal and vertical profile by use of penetrometer.

The measuring made on specific lands proven the new developed measuring device to be able to measure the tensile force up to 200 kN and more. The practical use of the measuring device was comparable to the measuring by a tensile rod during the measuring process.

The considerable influence of the soil moisture was proven by the penetration measurements of the soil. The vertical and horizontal penetrometer measurements showed a similarity of the measuring method. The horizontal penetrometer might be a useful measuring method for a quick analysis of soil physical character considering accurate soil moisture measuring.

Accurate instant soil moisture measuring and precise measurement of chisel plough working depth is a current theme for a future research

Key words: tensile force, tensile rod, measuring frame, horizontal penetrometer, vertical penetrometer

