

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



**KATEDRA APLIKOVANÉ GEOINFORMATIKY
A ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ**

Vyhodnocení změny mikrotopografie svahu
a půdního profilu v závislosti na zpracování půdy různými technologiemi

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Jitka Kumhálová, Ph.D.

Konzultant: Ing. Michaela Hrabalíková, Ph.D.

Vypracoval: Bc. Jan Ureš

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jan Ureš

Krajinné a pozemkové úpravy

Název práce

Vyhodnocení změny mikrotopografie svahu a půdního profilu v závislosti na zpracování půdy různými technologiemi

Název anglicky

Assessment of changes in slope topography and soil depth redistribution in relation to different soil tillage technologies

Cíle práce

- zpracování rešerše k problematice vlivu zpracování půdy na výslednou topografii zemědělského pozemku různými technologiemi
- tvorba DMT z dat naměřenými před a po pěti zpracováních půdy různými technologiemi zpracování půdy
- půdní průzkum svahů před zpracováním a po zpracování půdy
- porovnání a vyhodnocení naměřených dat

Metodika

Literární rešerše bude zaměřena na problematiku vlivu eroze zpracováním půdy na topografii zemědělského pozemku. V praktické části budou provedeny terénní měření a mapování profilu půd. Budou zaměřeny a zmapovány experimentální svahy před a po pěti přejezdech pozemku vybranými technologiemi. Na základě porovnání digitálních modelů terénu autor zjistí vliv použitých technologií na erozi způsobenou zpracováním půdy. V diskuzi autor dále zhodnotí a porovná výsledky své práce s odbornou literaturou. Řešení praktické části diplomové práce počítá s využitím geografických informačních systémů, především SW ArcGIS a jeho nadstaveb.

Doporučený rozsah práce

40-80 stran

Klíčová slova

eroze zpracováním půdy, mikrotopografie zemědělského svahu, LiDAR, půdní profil

Doporučené zdroje informací

- De Alba, S., Lindstrom, M., Schumacher, T.E. & Malo, D.D. (2004). Soil landscape evolution due to soil redistribution by tillage: a new conceptual model of soil catena evolution in agricultural landscapes. *CATENA*, 58(1), 77-100.
- Hengl T., Reuter H. I. (2009). *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. Elsevier B.V. 772 s.
- Papiernik, S.K., Schumacher, T.E., Lobb, D.A., Lindstrom, M.J., Lieser, M.L., Eynard, A. & Schumacher, J.A. (2009). Soil properties and productivity as affected by topsoil movement within an eroded landform. *Soil and Tillage Research*, 102 (1), 67-77.
- Su, Z.A., Zhang, J.H., Qin, F.C. & Nie, X.J. (2012). Landform change due to soil redistribution by intense tillage based on high-resolution DEMs. *Geomorphology*, 175–176, 190-198.
- Van Muysen, W., Govers, G. & Van Oost, K. (2002). Identification of important factors in the process of tillage erosion: the case of mouldboard tillage. *Soil and Tillage Research*, 65(1), 77-93.
- Van Oost, K., Van Muysen, W., Govers, G., Deckers, J. & Quine, T.A. (2005). From water to tillage erosion dominated landform evolution. *Geomorphology*, 72 (1–4), 193-203.
- Van Oost, K., Van Muysen, W, Govers, G., Heckrath, G., Quine, T.A. & Poesen, J. (2003). Simulation of the redistribution of soil by tillage on complex topographies. *European Journal of Soil Science*, 54(1), 63-76.
-

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Jitka Kumhálová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Konzultant

Ing. Michaela Hrabalíková

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2016

doc. Ing. Petra Šimová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Jitky Kumhálové, Ph.D. a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Tato diplomová práce je součástí projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV QJ1520028) - Kvantifikace a modelování posunu půdních částic zpracováním půdy a výmnožnou erozí v rámci hodnocení celkové ztráty půdy na intenzivně zemědělsky využívaných pozemcích (2015-2018, MZE/QJ), v programu Komplexní udržitelné systémy v zemědělství 2012-2018 „KUS“ (2012-2018) .

V Kladně dne 11. 4. 2016

.....

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především mé vedoucí diplomové práce Mgr. Jitce Kumhálové, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce. Rád bych poděkoval také mé konzultantce Ing. Michaele Hrabalíkové, Ph.D. za veškerou podporu a nezdolný optimismus (nejen) během terénních prací. Děkuji svým rodičům za podporu během celého studia a děkuji také mé přítelkyni za dodávání tolik potřebné síly k dokončení této práce. Můj dík patří rovněž kolegům z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. a všem těm, kteří napomohli vzniku této práce.

Abstrakt

Eroze může znatelně degradovat kvalitu půdy a snížit výnosy plodin ze zemědělských ploch. Doposud se výzkum ztráty půdy obvykle zaměřoval především na vodní a větrnou erozi. Ovšem v posledních dvaceti letech některé studie upozornily na důležitý a podstatný vliv metod zpracování půdy na přemístění půdy v kopcovitých zemědělských pozemcích. Mechanické zpracování půdy totiž nenarušuje půdu nejen do hloubky, ale také horizontálně ve směru orby. V této souvislosti se začala více věnovat pozornost i erozi zpracováním půdy.

Tato práce si klade za cíl určit přesun půdy v orniční vrstvě před zpracováním a po pěti zpracováních půdy různými technikami, a sice orbou radličným pluhem (A), talířovým kypřičem (B) a radličkovým kypřičem (C) na území s půdním typem černozemě u obce Šardice na Jižní Moravě v České republice.

Vliv různých typů zpracování půdy na vertikální změny ornice byl určen popisem 37 mělkými sondami. Před pokusem bylo vykopáno 10 průzkumných sond a dalších 27 sond bylo vykopáno posléze po sérii pěti zpracování půdy. Výsledky půdního průzkumu jsou založeny na určení stratigrafie půdního profilu. Případná ztráta ornice byla zjištěna (stanovena) změnou v přechodu tmavého Ac horizontu a žlutého sprašového Ck horizontu a objemem této změny. Posun ornice po provedení 5 operací zpracování půdy se pohybuje v rozmezí 9-15 cm u sond v místech konvexního sklonu svahu a 4-14 cm v místech konkávního sklonu svahu. Z výsledků pokusu jsou rovněž patrné výrazné změny napříč ke každé metodě zpracování půdy (směrem od C k A), které jsou ale více či méně způsobeny celkovým tvarem svahu.

Vytvořením a porovnáním DMT bylo zjištěno, že největší posun půdních částic způsobuje metoda zpracování půdy orbou radličným pluhem. Transport půdních částic byl výraznější ve vertikálním směru než v horizontálním a pohyboval se v rozmezí -5 až +13 cm. Při podrývání radličkovým kombinátorem došlo k výraznému horizontálnímu posunu půdních částic do stran v rozmezí -5 až +5 cm. Mělká orba talířovým podmiřákem při porovnání DMT ukázala změnu reliéfu v horizontálním směru taktéž v rozmezí -5 až +5 cm.

Klíčová slova

eroze zpracováním půdy, půdní profil, mikrotopografie zemědělského svahu, LiDAR, digitální model terénu, transport půdních částic

Abstract

Water, wind, or tillage-induced soil erosion can significantly degrade soil quality and decrease crop yield from farm fields. Traditionally, the research in soil erosion is mostly focused on water or wind erosion. Recent studies over last two decades, however, point to the importance of tillage operations as a source of soil translocation on hilly agricultural land. Tillage disturbs the soil not only vertically but also horizontally by throwing soil in the tillage direction.

This study was designed to assess the soil translocation effect in topsoil before and after 5 tillage operations by using three different practices, namely mouldboard ploughing (A), chisel plough (B), and disc harrow (C) in the Chernozems region at the Sardice (South Moravia, the Czech Republic).

The influence of different tillage practices on the changes in depth of topsoil was assessed through description of 37 shallow pits – 10 pits was dugged out before the tillage operations and then other 27 pits after five tillage operations. The results of the soil survey are based on the evaluation of the stratigraphy of the soil profile where the potential loss of topsoil was determined by a change in transition between the dark Ac horizon and yellow loess Ck horizon and by the type of the transition. Shift of topsoil after five performed operations is in the range of 9-15 cm at the top position of concave-convex slope and 4-14 cm at the top of concave slope. From the results of the experiment are also apparent significant shifts across to each tillage practice (C to A), which are, however, more or less caused by the shape of the slope.

By creating and comparing the DEM for the conducted experiment I managed to learn that the largest transport of soil particles was caused by mouldboard plough. Transport of soil particles was larger in the vertical direction than in the horizontal and moved in the range of -5 to +13 cm. When undermining by a chisel plough was a significant horizontal shift of soil particles to the sides in the range of -5 to +5 cm. The method of shallow tillage with a disc harrow showed a change of the relief in the horizontal direction also in the range of -5 to +5 cm.

Keywords

tillage erosion, soil profile, slope microtopography, LiDAR, digital elevation model, tillage translocation

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍLE PRÁCE	10
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
3.1	EROZE PŮDY	11
3.2	DRUHY EROZE	12
3.3	EROZE ZPRACOVÁNÍM PŮDY	13
3.4	ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ PŮDY	15
3.5	MĚŘENÍ TOPOGRAFIE TERÉNU	18
3.5.1	<i>LiDAR</i>	18
3.5.2	<i>DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU</i>	19
4	CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ	21
4.1	EXPERIMENTÁLNÍ PLOCHA	23
5	METODIKA	27
5.1	PŮDNÍ PRŮZKUM.....	29
5.2	ZPRACOVÁNÍ PŮDY	30
5.3	GEODETICKÉ PRÁCE	32
5.3.1	<i>VZTAŽNÁ SÍŤ</i>	32
5.3.2	<i>PODROBNÉ MĚŘENÍ TOTÁLNÍ STANICÍ</i>	33
5.3.3	<i>LASEROVÉ SKENOVÁNÍ A TVORBA DMT</i>	33
6	VÝSLEDKY	35
6.1	VÝSLEDKY PŮDNÍHO PRŮZKUMU	35
6.2	POROVNÁNÍ DMT	41
6.3	VYHODNOCENÍ RŮZNÝCH TECHNOLOGIÍ ZPRACOVÁNÍ PŮDY A JEJICH VLIVU NA TOPOGRAFII SVAHU	45
7	DISKUZE	46
8	ZÁVĚR	48
9	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	49
10	PŘÍLOHY	55

1 ÚVOD

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů na Zemi. Poškození půdního prostředí různými vnějšími vlivy zůstává zřetelné po mnoho let. Stále se setkáváme s nevhodnými technologickými systémy jejího zpracování. Podle Nováka (2015) by mělo být snahou každého zpracování půdy zajištění optimálních podmínek pro růst plodin při zachování kvality půdy a zabránění její degradace.

V této diplomové práci se zaměřuji na vyhodnocení změny mikrotopografie svahu a půdního profilu a zkoumám, jak různé technologie zpracování půdy ovlivňují. Topografie terénu, sklon svahu a jeho orientace jsou důležitými faktory při volbě ideální technologie zpracování půdy. Je obecně známo, že topografie pozemku je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících úrodnost půdy a výnosy plodin. Data o topografii v kombinaci s půdním průzkumem nám pomáhají vysvětlit kolísání ve výnosu plodin na zemědělských pozemcích. Jak naznačuje ve svých pracích Kumhálová (2011, 2014), vliv kvality půdy a topografických charakteristik pozemku můžeme sledovat, pokud tato data porovnáme s daty o výnosech plodin z těchto pozemků.

Ačkoliv eroze zpracováním půdy je považována za jednu z nejrozšířenějších forem eroze půdy na svažitých zemědělských pozemcích, musím spolu se Su et al. (2012) konstatovat, že jen málo studií se zabývá vlivem technologie zpracování půdy na změny reliéfu a topografie pozemků. Pro určení tohoto vlivu byly v rámci této diplomové práce provedeny rozsáhlé terénní práce na experimentální lokalitě u obce Šardice v okrese Hodonín v Jihomoravském kraji.

Výzkum a terénní průzkum provedený v rámci této diplomové práce je zároveň součástí projektu NAZV QJ1520028, který se zabývá kvantifikací a modelováním posunu půdních částic zpracováním půdy a výmolnou erozí v rámci hodnocení celkové ztráty půdy na intenzivně zemědělsky využívaných pozemcích. Tento projekt je součástí programu Komplexní udržitelné systémy v zemědělství 2012-2018 „KUS“ (2012-2018) a je zaměřen na *“na vyvinutí nástrojů k optimalizaci managementu zpracování půd vedoucího k zvyšování kvality půdy a výnosů v rámci hodnocení celkové ztráty půdy na intenzivně zemědělsky využívaných plochách”*.¹

¹ <http://www.isvav.cz/projectDetail.do?rowId=QJ1520028>

2 CÍLE PRÁCE

Cíle diplomové práce jsou následující:

1. Zpracovat rešerši k problematice vlivu zpracování půdy odlišnými technologiemi na výslednou topografii zemědělského pozemku.
2. Provést půdní průzkum svahů před zpracováním a po zpracování půdy.
3. Vytvořit dva digitální modely terénu vybraného zemědělského pozemku z dat naměřených před a po pěti zpracováních půdy odlišnými technologiemi.
4. Porovnat a vyhodnotit získaná data.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 EROZE PŮDY

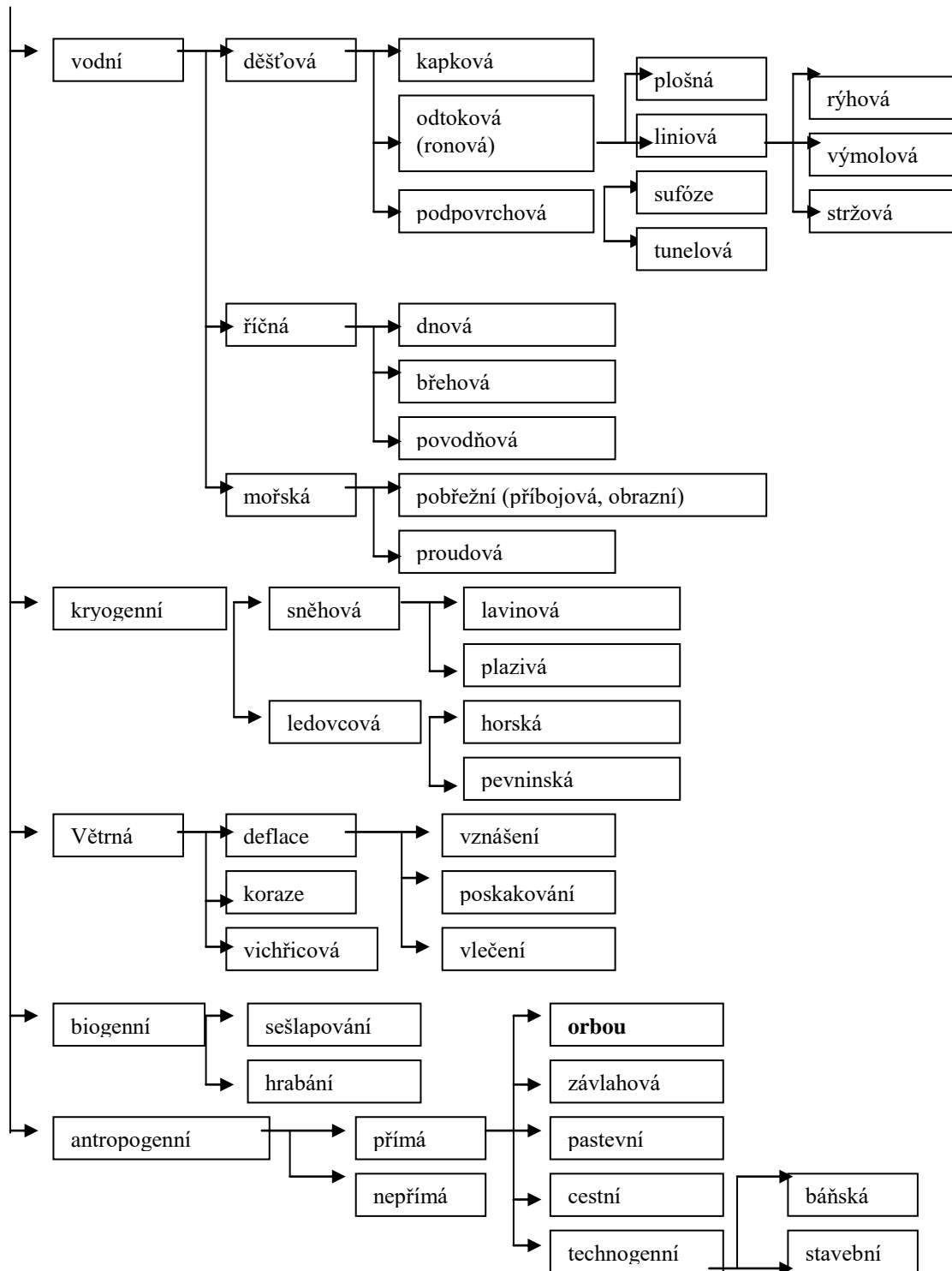
Půdní eroze je přírodní proces probíhající na všech půdách. Pojem *půdní eroze* obecně označuje ničení půdy působením vody a větru. Většina autorů, kteří se ve svých publikacích půdní erozí zabývají, rozumí půdní erozí rovněž faktory související s činností člověka. Někteří autoři pojmem půdní eroze označují pouze erozi způsobenou srážkami, zatímco jiní tento pojem používají pro označení přírodních i lidských faktorů, které působí společně. Například Zachar (1982) rozumí půdní erozí ničení půdy vodou, sněhem, ledem, větrem, zvířaty a člověkem.

Pro srovnání lze uvést, že Bennett (1939) rozlišuje normální, tj. geologickou erozi (někdy označovanou jako přírodní eroze) a zrychlenou erozi. Podle něj je pouze zrychlená eroze půdní erozí v pravém slova smyslu. Bennett zrychlenou erozi dělí na přirozeně zrychlenou a zrychlenou působením člověka. Přirozeně zrychlenou erozi způsobuje nadměrné sucho, laviny, nemoci rostlin, škůdci apod. Cílem programů na ochranu půdy je zredukovat erozi zrychlenou působením člověka na přirozenou, neboli geologickou úroveň.

Autoři píšící o erozivních procesech se shodují na tom, že při procesu půdní eroze dochází k rozrušování povrchu půdy, odnosu půdních částic a následnému usazování těchto částic na jiných místech. Jako hlavní faktory zvětrávacích procesů jsou označovány především voda, vítr a výrazné teplotní změny. Druhů erozních procesů je více, ale na zemědělských půdách se podle Morgana (2005) nejvíce projevuje právě eroze vodní a větrná. Podle Janečka et al. (2008) je na území České republiky ohroženo téměř 50 % orné půdy vodní erozí a přibližně 7,5 % větrnou erozí.

3.2 DRUHY EROZE

Rozdělení druhů eroze přejímám pro účely této práce od autorů Fulajtára et Janského (2001), viz obr. č 1.



Obr. č. 1: Rozdělení druhů eroze (Fulajtár et Janský, 2001)

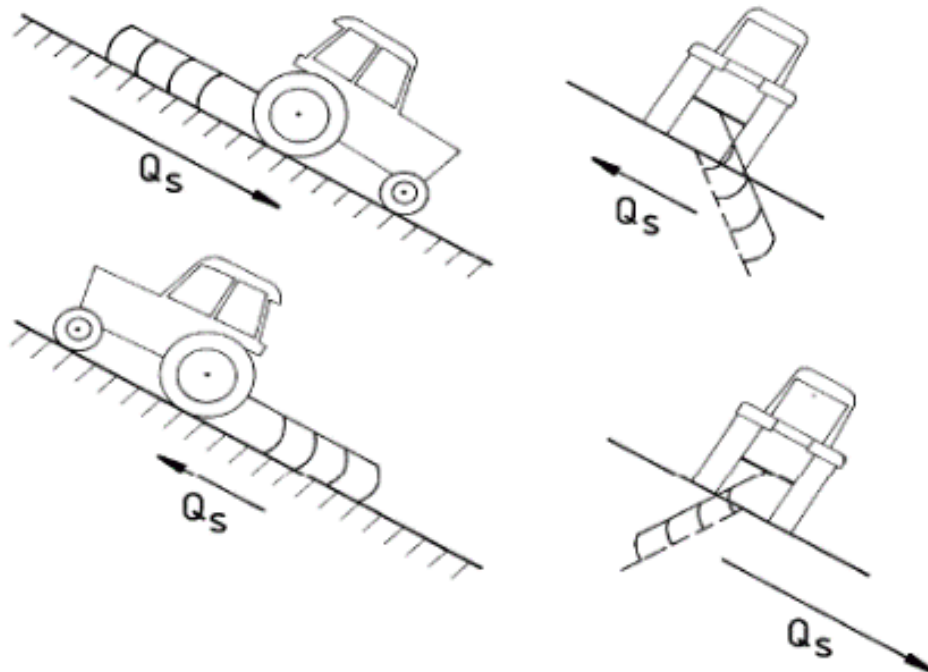
3.3 EROZE ZPRACOVÁNÍM PŮDY

Převážná většina vědeckých studií je zaměřena na kvantifikaci ztráty půdy způsobenou vodní erozí, ale zejména v poslední době se objevuje stále více vědeckých článků, v nichž se věnuje zvýšená pozornost zejména erozi zpracováním půdy. Mezi autory, kteří upozorňují na zvyšující se vliv tohoto druhu eroze, patří například Oost et al. (2005). Alba et al. (2004) dokonce diskutují některé praktické důsledky tohoto typu eroze. Za jednu z nejrozšířenějších forem půdní eroze na svažitém typu terénu považují erozi zpracováním půdy také Su et al. (2012). Podle Van Muysena et al. (2002) je nejvýznamnějším degradačním činitelem působícím na ornou půdu v morfologicky členitém prostředí eroze zapříčiněná zpracováním půdy. V tomto případě jde tedy o posun půdních částí po svahu dolů při běžné kultivaci půdy (viz obr. č. 2). Celková ztráta půdy v souvislosti s tímto druhem degradace se může podle autorů Blanco et Lal (2008) pohybovat v rozmezí 15 – 60 t.ha⁻¹rok⁻¹ v rámci podmínek pro západní Evropu.

Nejvýrazněji se projevuje eroze způsobená zpracováním půdy (viz obr. č. 3) v kopcovitém, morfologicky rozmanitém terénu se strmými svahy, přičemž nejvíce jsou ohroženy konvexní části svahu (Papiernik et al., 2005 a Papiernik et al., 2009). Blanco et Lal (2008) uvádějí, že se eroze způsobená zpracováním půdy nejvíce projevuje na vrcholcích kopců a na ramenech a hranách svahů, zatímco při vodní erozi dochází k degradaci nejvíce právě na svahu. Během orby, kdy je půda nadzvednuta a převrácena, dochází vlivem gravitace a kinetické energie vzniklé pohybem plužního tělesa k mírnému přemístění půdních částí po svahu (Fulajtár et Jánský, 2001). Například v důsledku zpracování půdy dlátovým kypřičem po spádnici dochází k obnažení orničního horizontu v rozmezí 3,6 – 5,9 mm za rok (Poesen et al., 1997).

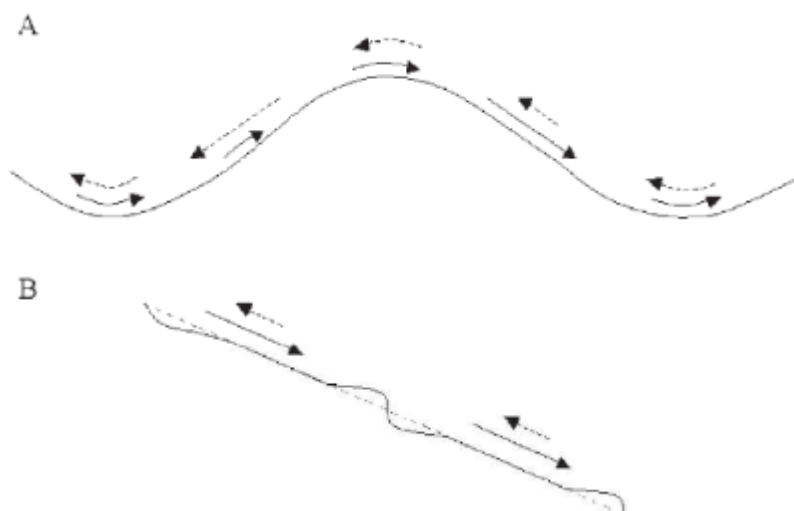
Eroze zpracováním půdy a související studium přemísťování půdních částic pracovními operacemi a stroji při zpracování půdy je podle Govers et al. (1999) poměrně novou oblastí výzkumu půdní eroze. Při studiu erozních procesů se ukazuje, že k posunu svrchní části půdního profilu ve směru odtékající vody při intenzivních dešťových srážkách nebo při tání sněhu přispívá i zpracování půdy. Lobb et al. (1995) uvádějí na základě zjištění z výzkumu (v Ontariu v Kanadě), že eroze zpracováním půdy se podílí na celkové ztrátě půdy nejméně sedmdesáti procenty na horní části svažitých pozemků. Není zatím dostatečně popsán vliv jednotlivých skupin strojů a jejich pracovních nástrojů na půdu z hlediska přemísťování

půdních částic – to platí především pro sekundární zpracování půdy a setí. Více informací o přemísťování půdních částic lze nalézt ve studiích o výzkumu vlivu strojů pro primární zpracování půdy (orba radličnými pluhy nebo kypření dlátovými kypřiči). Rovněž je nedostatek údajů o posunu půdních částic při uplatňování sledů pracovních operací zpracování půdy v pěstitelských technologiích (Tiessen et al., 2007).



Obr. č. 2: Mechanismus eroze zpracováním půdy (Q_s - transport půdy)

Rozsah eroze zpracováním půdy závisí na intenzitě působení strojů na půdu při jejím zpracování a také na vlastnostech půdy a reliéfu pozemků (Lobb et Kachanoski, 1999). Eroze zpracováním půdy je ovlivněna konstrukčním řešením pracovních nástrojů na zpracování půdy a zároveň i podmínkami uplatnění strojů, jako je četnost operací zpracování půdy, pracovní rychlost a hloubka zpracování půdy. Tiessen et al. (2007) například zjistili, že erozivní působení pneumatického secího stroje bylo srovnatelné s erozivním působením kypřiče při primárním zpracování půdy, jestliže se setí uskutečnilo krátce po předsetěvé přípravě půdy.



Obr. č. 3: Princip eroze zpracováním půdy

A - Variabilita translokace půdy v kopcovité krajině. Půda přemístění orbou bude mít za následek ztrátu půdy na konvexních svahových polohách. Naopak, depozice probíhá v konkávních svahových polohách.

B - V členité krajině (hranice polí, travnatých pásů, terasy) vede zpracování půdy ke ztrátě půdy v horních částech svahu.

3.4 ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Problematicke zpracování půdy se u nás věnují mnohé vědecké studie. Pro tuto práci byly nejzajímavější informace nalezené u Hůly et al. (2008), Nováka et al. (2012a), Nováka et al. (2012b), Frídy et Vávry (2016), Maška et al. (2012) a Muellera et al. (2014).

Za nejpodstatnější poznatky o zpracování půdy považují ty, které se nacházejí publikacích Novák (2015) a Hůla et al. (2008). Autoři zde podávají přehled o minimalizačních a půdoochranných technologiích zpracování půdy a popisují ekologické, ekonomické, technické a organizační příčiny rozšiřování těchto technologií v České republice. Zároveň upozorňují na případná související rizika snižování výnosů plodin. Publikace rovněž zachycuje charakteristiky strojů používaných při technologiích zpracování půdy.

Podle Frídy et Vávry (2016) se dříve zpracování půdy rozdělovalo na čtyři základní skupiny, a sice na zpracování půdy:

1. základní (podmítka, její ošetření a orba);
2. předseťovou přípravu před setím a sázením (smykávání, vláčení, kypření, válení) a meziřádkovou kultivaci (plečkování, hrobkování, vláčení);
3. speciální úpravy;
4. meliorace a terénní úpravy.

Frída et Vávra (2016) uvádějí i současné rozdělení způsobů zpracování půdy, v této diplomové práci ale při nastínění rozdělení způsobů zpracování půdy vycházím z dělení zachyceného u Hůly et al. (2008). Autoři rozlišují následující skupiny zpracování půdy:

1. technologie s orbou – půda je každoročně zpracovávána radličným pluhem, rostlinné zbytky předplodin, biomasa meziplodin a nadzemní části plevelů jsou zapravovány do půdy;
2. technologie bez orby (minimalizační).

Hůla et al. (2008) dále pro podmínky České republiky řadí k minimalizačním a půdoochranným technologiím zpracování půdy následující postupy:

1. minimalizace s kypřením půdy do zvolené, zpravidla malé hloubky, v případě potřeby lze ornici jednorázově hlouběji prokypřit bez obracení;
2. půdoochranné zpracování – způsoby zpracování půdy, u kterých zůstává nejméně 30 % povrchu půdy po zasetí pokryto rostlinnými zbytky předplodiny nebo meziplodiny (doplňkový údaj: hmotnost této biomasy na povrchu půdy je nejméně $1,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ v suché hmotě);
3. přímé setí (setí do nezpracované půdy) – půda se po sklizni předplodiny nezpracovává, seje se speciálními secími stroji.

Stejně rozdělení jako u Hůly et al. (2008) lze najít u Nováka (2015), který se zabývá současnými směry při zpracování půdy. I on rozlišuje dva základní druhy zpracování půdy (tj. technologii s orbou - konvenční tradiční zpracování) a technologii bez orby (tj. minimalizační).

Dále pak dělí postupy zpracování půdy podle intenzity, hloubky a způsobu kypření. Zpracování půdy charakterizuje jako mechanický zásah do půdy nebo jako promíchání půdy za účelem vytvoření co nejlepších podmínek pro růst a výživu rostlin. Pod technologii bez orby zařazuje pět následujících skupin, které jsou vzhledem k největší míře využívání v USA pojmenovány anglicky. Jde o tyto skupiny:

1. No-till (direct-drilling, zero-tillage) - zpracování půdy jen při setí, ochranu proti plevelům zajišťují herbicidy.
2. Ridge-till (zpracování půdy s vytvořením hrůbků) - širokořádkové plodiny jsou vysety do hrůbků s výškou 100 - 150 mm, které se buď každoročně obnovují, nebo se používají i několik sezon.
3. Strip-till (zpracování půdy v pásech) - osivo je uloženo do úzkých pruhů půdy, proti plevelům je půda chráněna herbicidy a kultivací.
4. Mulch-till - po tomto zpracování půdy radličkovými, talířovými a dlátovými nástroji zůstane 30 % rostlinných zbytků na nebo blízko povrchu půdy, proti plevelům je půda chráněna herbicidy a kultivací.
5. Reduced-till - jiný systém zanechávající nejméně 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy.

Novák (2015) zdůrazňuje, že zpracování půdy konvenční tradiční metodou, tj. orbou, je stále aktuální, protože orba utužuje půdu pod zoranou vrstvou, čímž zanikají povrchové kapilární póry a přibývá rostlinných zbytků utužujících povrchové vrstvy půdy. Za velmi důležitý považují poznatek, že tímto způsobem zpracovávané půdy mají tendenci zmenšovat objem pórů v ornici.

Na druhou stranu je třeba upozornit na to, že u takto konvenčně zpracovávaných půd vzniká vlivem přemístění zeminy částečným povrchovým odtokem a rozbitím půdních agregátů kinetickou energií dopadajících kapek při srážkách riziko vzniku půdní krusty. Tato vyschnutím vzniklá vrstva půdy je pak hůře propustná pro vodu a rovněž jí hůře procházejí rostliny. Jedná se o skokové snížení pórovitosti půdy. Nicméně nelze souhlasit s názorem, že orba půdu poškozuje. Důležitou roli při orbě hrají podmínky, za kterých je uskutečňována. Záleží zejména na správném řemeslném provedení orby, směru jízdy nastavení pluhu apod.

Pokud jsou zajištěny správné kvalitativní podmínky orby, nedochází k tak velkému posunu půdních částic ve směru jízdy jako u technologií minimalizačních.

3.5 MĚŘENÍ TOPOGRAFIE TERÉNU

V poslední době nové technologie dálkového průzkumu vedly k podstatnému navýšení informací o topografii terénu. Tarolli et al. (2009) a Tarolli et Fontana (2009) uvádějí, že tím byl postaven základ pro vývoj nových metod průzkumu zemského povrchu.

Podle Vinciho (2015) patří mezi dostupné technologie především bezpilotní letadlo (UAV - Unmanned Aerial Vehicle), často označované jen jako dron (z anglického drone), Time-of-Flight fotografie (ToF camera) a letecký i pozemní LiDAR (Light Detection and Ranging).

3.5.1 LiDAR

Laserové skenování, tj. LiDAR (Light Detection And Ranging), se používá od 70. let minulého století, nyní se však stává stále progresivnější metodou pro mapování topografie terénu, vegetace, historických památek, průmyslových provozů, pro tvorbu 3D modelů měst, pro sledování elektrických vedení a pro mnoho dalších mapování. Fekete et al. (2010) a Zhou et al. (2004) uvádějí, že data LiDAR kompletně reprezentují informace o topografii povrchu. Mohou obsahovat hodnoty času, odezvy, počtu a intenzity a zároveň mohou nést i 3-dimenzionální informaci o poloze (X, Y, Z). LiDAR data jsou běžně shromážděna jako tzv. mračna bodů (point cloud), nebo jako jednotlivé body v dané oblasti. Dolanský (2004) charakterizuje mračno bodů jako velkou množinu multidimenzionálních LiDAR dat, které reprezentují povrch.

LiDAR data mohou být shromažďována buď letecky, nebo z pozemního vozidla, popřípadě ze stálé pozice, kdy je obvykle skener umístěn na trojnohém stativu. Většinou se využívá spektra 1064 - 1540 nm, pro batymetrická měření pak spektra cca 530 nm. Výsledkem mapování je mračno bodů, které se po zpracování může interpolovat do podoby digitálního modelu povrchu či 3D modelů budov a jiných objektů. Jak popisuje Dušánek (2011), po aplikaci filtrů je možné z mračna bodů získat digitální model terénu.

Považuji za důležité, že LiDAR (letecký i pozemní) generuje topografické údaje s velmi vysokým rozlišením. Jeho velkou devízou je podle Cavalli et al. (2008) zejména schopnost produkovat submetrové rozlišení (pod 1 m na pixel) digitálního modelu terénu (DTM), přičemž díky této schopnosti LiDAR dokáže lépe charakterizovat a rozlišit morfologii svahů. Jak upozorňují Kumhálová et al. (2013), při LiDAR měření hustota vegetace snižuje počet bodů odražených od země vhodné pro tvorbu DTM.

Podle Dolanského (2004) je základním principem měření dálkoměrné měření pomocí laserového svazku paprsků, přičemž je nutné znát přesnou polohu skeneru a zároveň přesný směr vyslání paprsku. U pozemních měření se poloha a orientace skeneru určuje geodeticky a při leteckém snímkování se používá metoda GNSS (Global Navigation Satellite System) kombinovaná s metodou IMU (Inertial Measurement Unit), tzn. metoda GNSS-IMU.

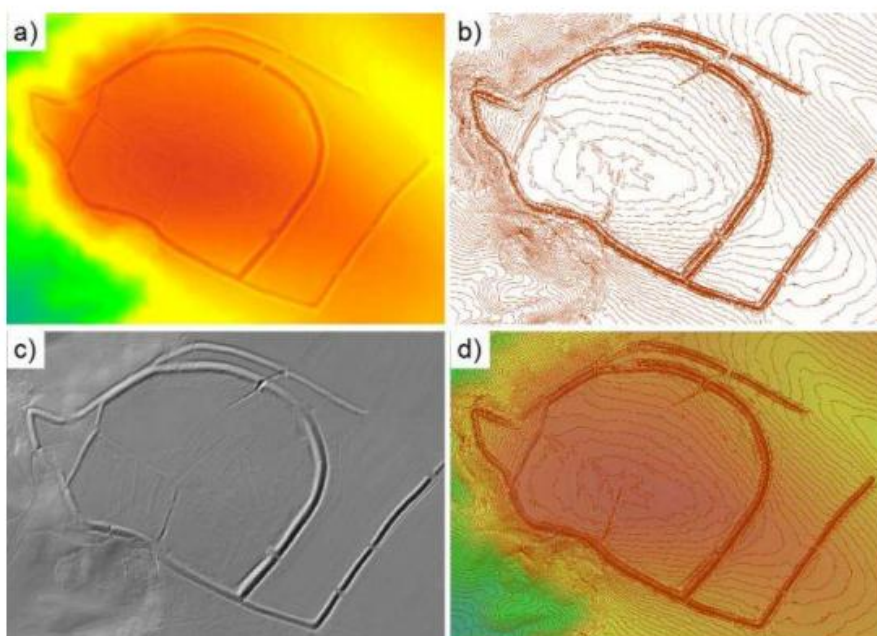
3.5.2 DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU

Kvalitu půdních vlastností může významně ovlivnit převýšení, sklon a zakřivení svahu. Funkce terénu mohou být reprezentovány pomocí digitálního modelu terénu (DMT). Podle Oršuláka (2012) se v češtině používá termín digitální model terénu a také synonymní termín *Digitální model reliéfu* (DMR).

Digitální model terénu označuje Vosselman et Mass (2010) jako matematickou reprezentaci zemského povrchu v digitální formě. Oršulák (2012) vnímá DMT jako 3-D znázornění terénu včetně přírodních struktur (kopce, údolí apod.). Zemský povrch je zde definován jako hraniční plocha mezi pevnou zemí a atmosférou. Pro různé možnosti zobrazení DMT viz obr. č. 4.

Vosselman et Maas (2010) upozorňují na to, že DMT se využívá v mnoha různých odvětvích, např. při řízení povodňových rizik, plánování infrastruktury, a je v současné době základem pro práci v mnoha geografických informačních systémech (GIS). Zákonitě se jedná o zjednodušený model nekonečně složitého reálného povrchu, a tudíž je pochopitelné, že zobrazuje tento povrch ve specifikované podrobnosti a přesnosti.

DMT hraje významnou roli v aplikacích spojených s terénem, protože tradiční metody, jako polní geodézie a fotogrammetrie, sice mohou přenést data terénu s vysokou přesností, ale jsou časově velmi náročné a pracné. Kromě toho je podle Liu (2008) v některých situacích, například v lesních oblastech, nemožné tyto metody použít pro sběr údajů o nadmořské výšce.



Obr. č. 4: Různé možnosti zobrazení DMT

4 CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ

Vybraná lokalita se nachází u obce Šardice, 9 km jihozápadně od Kyjova, v okrese Hodonín v Jihomoravském kraji. Zájmové území je součástí Kyjovské pahorkatiny. Je výrazně členité. Okolí experimentální plochy se vyznačuje střídáním kopců s táhlými hřebeny a úžlabin mezi nimi. Rovina se nachází v okolí potoka Šardice a dále v okolí řeky Kyjovky (viz obr. č. 5). Průměrná nadmořská výška je 230 m n. m., přičemž se pohybuje cca od 170 do 280 m n. m. Expozice svahů v okolí experimentální plochy je převážně jihovýchodní až jihozápadní.

Oblast Šardic spadá do oblasti teplé, okrsku teplého, suchého s mírnou zimou. Průměrný roční úhrn srážek byl naměřen 549 mm. Průměrná roční teplota vzduchu v této oblasti činí 9,3 °C. Tato oblast patří do hlavního povodí řeky Moravy, dílčího povodí řeky Dyje. Hydrografická síť je omezena jen na několik potoků (Hovoranský potok, Šardický potok) a říčku Kyjovku. Obecně lze říci, že území trpí velkým nedostatkem vody. Zamokření se vyskytuje pouze na pozemcích kolem řeky Kyjovky. Černozemě na lehčích substrátech zde trpí nedostatkem vláhy. Fluvizemě mají vodní režim rozkolísaný, závislý na výšce hladiny řeky Kyjovky.



Obr. č. 5: Letecký pohled na umístění experimentální plochy

Ačkoliv plochou v okolí Šardic (viz obr. č. 6) převažuje konvenčně obhospodařovaná orná půda, v oblasti se nalézají i několik pozemků v přechodném období ekologického zemědělství (dále „EZ“) nebo již certifikovaných EZ, ať už s kulturou typu orná půda, travní porost na orné půdě nebo jiná trvalá kultura. Jedná se o kukuřičnou výrobní oblast.



Obr. č. 6: Charakteristický reliéf okolí Šardic

Území Šardic se z pohledu geologického složení nachází na pomezí tří substrátů: (i) fluviolakustrinních prachovitých jílů, které jsou součástí vídeňské pánve, (ii) kvartérních spraší a sprašových hlín a (iii) v jižní části území oblastí navátých (křemenných) písků.

4.1 EXPERIMENTÁLNÍ PLOCHA

Experimentální plocha vybraná k provedení experimentu se nachází na pozemku Dr. Ing. Petra Marady (viz obr. č. 7 a 8). Jedná se o půdní bloky (PB) vedené ve veřejném registru půdy LPIS pod označením 0101/39, o průměrné šířce pásu 12 m, a 0101/40 s průměrnou šířkou přibližně 6 m (viz obr. 8). PB 0101/39, na kterém byl proveden terénní experiment, je veden jako orná půda v EZ a je využíván jako biopás. Druhý PB 0101/40, který byl následně využit pro vytvoření vztažné geodetické sítě, je veden v registru jako trvalá travní kultura v EZ. Na tomto pozemku jsou vysázeny ovocné stromy (viz obr. č. 7).



Obr. č. 7: Experimentální plocha (půdní typ černozemě modální vyvinuté na spraši)



Obr. č. 8: Ortofoto experimentální plochy

Na těchto dvou půdních blocích o celkové délce 469 m se vyskytují tři za sebou jdoucí svažité území. Topografický profil celého pásu je znázorněn na obrázku č. 9. Průměrná sklonitost svahů se pohybuje od 10,6 do 12,6 % a společně s dalšími topografickými charakteristikami je zahrnuta v tabulce č. 1.



Obr. č. 9: Topografický profil na základě DMT 5x5m

	Svah 3	Svah 2	Svah 1
délka (m)	161	151	120 (± 16 m)
průměrný sklon (%)	12.61	10.60	11.73
H min (m n.m.)	205.3	209.6	209.6
H max (m n.m.)	225.6	225.6	221.8
ΔH (m n.m.)	20.3	16	12.2

Tab. č. 1: Charakteristiky svahu

Oblast, která byla vytyčena k provedení terénního pokusu, je dominantně tvořena sprašovým podložím. V rámci zařazení do půdního typu se jedná o černozem modální (Němeček et al., 2011). Černozemě jsou hlubokohumózní půdy (0,4-0,6 m) s černickým horizontem Ac (tmavý horizont), který přechází do karbonátového podloží Ck (žlutě zbarvený horizont). Tyto půdy se vytvořily v sušších oblastech v podmínkách ustického vodního režimu (viz obr. č. 12). Stratigrafie profilu: Ac-Ck. Půdy tohoto typu jsou dominantně tvořeny prachovitými částicemi (velikosti 0,001-0,05mm), které je předurčují k výrazným projevům vodní i větrné eroze (viz obr. č. 10 a 11).

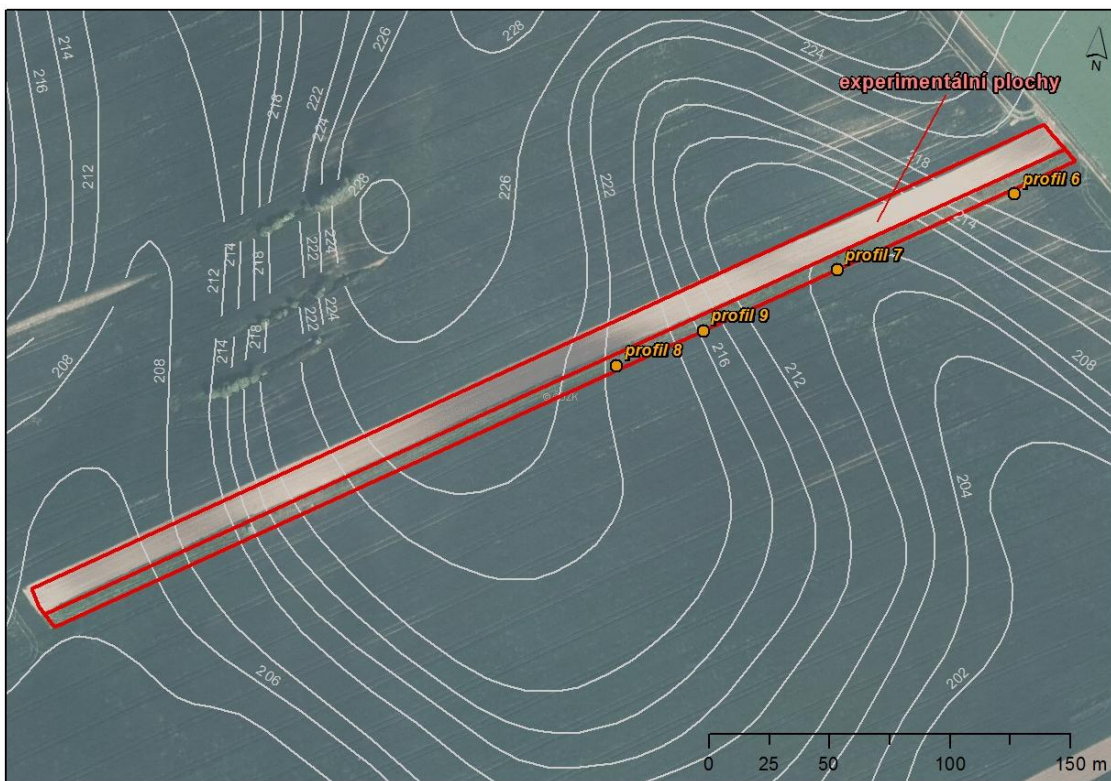
Z pohledu půdně geologických parametrů se lokalita nachází na pomezí mezi sprašovými uloženinami a výchozy navátých písků. V dolní pozici (akumulace) se nachází koluvizemě modální. V horní pozici svahu se nachází půdní typ černozemě arenické, ve svrchních erodovaných partiích se následně vyskytují až regozemě arenické (Němeček et al., 2011). Půdy jsou tvořeny dominantně jemnozrnným pískem, a jsou proto i při velmi malých sklonech (okolo 1,75 %) extrémně náchylné k vodní (výmolné) erozi.



Obr. č. 10: Vrchní část svahu (profil 6) – půdní typ černozemě degradované (organický horizont 20 cm)



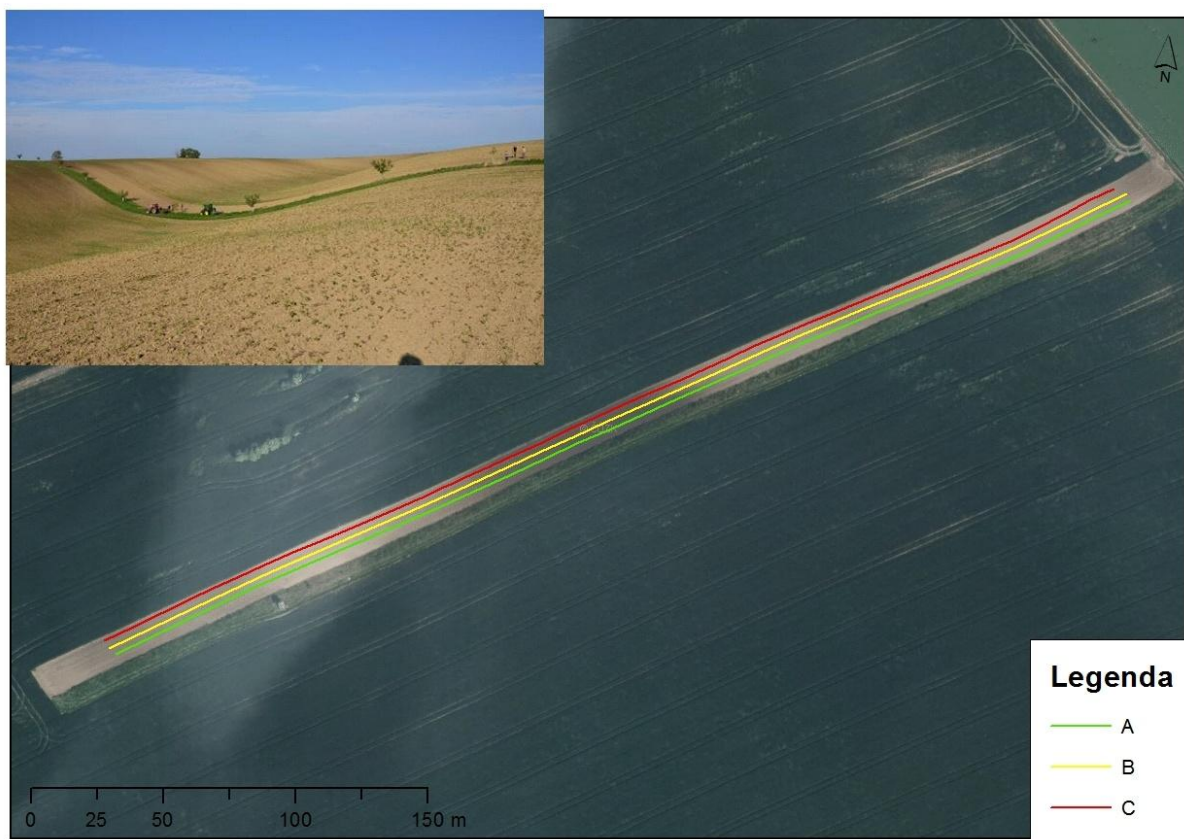
Obr. č. 11: V dolní části svahu (profil 7) akumulace ornice více než 50 cm



Obr. č. 12: Zobrazení rozmístění průzkumných profilů

5 METODIKA

Na přelomu září a října roku 2015 byl proveden terénní experiment vlivu zpracování půdy na změnu topografie a posunu půdních částic (viz obr. č. 13). Návrh polního pokusu kombinoval tři způsoby zpracování půdy s variantami: A = pluhem, B = radličkami a C = diskovým podmítačem (viz obr. č. 17 a 18). Součástí experimentu v rámci projektu bylo sledování translukace půdy na základě posunu metalických stopovačů (viz obr. č. 15, vyhodnocení není součástí této práce), sledování změny hloubky svrchního horizontu v kopaných sondách a vyhodnocení změny reliéfu na základě tvorby DMT.



Obr. č. 13: Provedení polního pokusu na lokalitě Šardice

Terénní práce se skládaly ze dvou dílčích průzkumů (půdního a geodetického) a z několika operací zpracování půdy. Terénní průzkumy proběhly ve dvou oddělených fázích před zpracováním a po zpracování půdy různými technologiemi.

Na místě tedy bylo přítomno několik operativních týmů, které souběžně pracovaly na jednotlivých průzkumech (viz obr. č. 14). Aby se tyto průzkumy navzájem negativně neovlivňovaly, byl zvolen postup pro průzkum půdy od začátku experimentální plochy a opačným směrem, tj. od konce experimentální plochy, začalo skenování LiDARem (viz obr. č. 21) a příslušné geodetické práce. Konkrétní postup jednotlivých terénních prací je popsán v následujících kapitolách.



Obr. č. 14: Souběžné provádění terénních prací - kopání půdních sond (v popředí) a skenování LiDARem (v pozadí)



Obr. č. 15: Zaměřování metalických stopovačů

5.1 PŮDNÍ PRŮZKUM

Půdní průzkum měl za cíl vyhodnotit profilaci před a po provedení pěti operací zpracování půdy. Diagnostickým měřítkem k určení potenciálního odnosu půdy byla:

1. změna profilace půdy (přechod Ac-Ck horizontu);
2. typ přechodu.

V rámci polních pokusů bylo vyhloubeno celkem 40 mělkých kopaných sond (viz obr. č. 12). Sondy byly vyhloubeny následujícím způsobem:

1. deset kontrolních sond označených S1-10 bylo vyhloubeno před polním pokusem;
2. dvacet sedm sond bylo vyhloubeno v řadách A, B, C po provedení příslušné operace zpracování půdy.



Obr. č. 12: Autor této diplomové práce při kopání půdních sond v pásu, kde se uskutečnilo zpracování půdy talířovým podmítačem (linie C)

5.2 ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Pro měření posunu půdních částic vlivem pracovních operací a technologiích zpracování půdy byly vybrány následující stroje a úkony (viz obr. č. 17 a 18):

- A. orba radličným pluhem – rychlost pojezdu 7 km.hod⁻¹, hloubka orby 20 cm;
- B. podrývání radličkovým kombinátorem - rychlost pojezdu 12 km.hod⁻¹, hloubka zpracování 25 cm;
- C. mělká orba talířovým podmítačem - rychlost pojezdu 10 km.hod⁻¹, hloubka zpracování 15 cm.

Veškeré operace, kromě zpracování půdy radličným pluhem (A), byly provedeny jednosměrně. Po každém úkonu se půda konsolidovala lučným válcem tak, aby se mohl simulovat dlouhodobější impakt zpracování půdy na translokaci půdních částic a celkovou změnu mikrotopografie. Celkem bylo u každé technologie provedeno pět operací za sebou. Vzhledem k tomu, že svahy byly dvěma technologiemi (B a C) zpracovány jednosměrně, vznikly na svahu č. 1 terasy o přibližné výšce 50 cm (viz obr. č. 20). Svah byl pro účely zaměření LiDaRem konsolidován vibračním válcem. Při válení lučným a vibračním válcem (viz obr. č. 19) byla průměrná rychlost pojezdu 10 km.hod⁻¹.



Obr. č. 17: Radličkový kypřič Kromexim 250 (vlevo), radličný pluh Kverneland PB 100-3 (vpravo)



Obr. č. 18: Talířový kypřič 2,5 m (vlevo), talířový kypřič (vpravo)



Obr. č. 19: Luční válec STS s náplní vody (vlevo), vibrační válec HAMM (vpravo)



Obr. č. 20: Terasy vzniklé při jednosměrném zpracování půdy na svahu č. 1

5.3 GEODETICKÉ PRÁCE

Veškeré geodetické práce a měření LiDaR byly provedeny zaměstnanci Katedry speciální geodezie (ČVUT), a to formou služby v rámci projektu NAZV QJ1520028. Geodetických prací se zúčastnil Ing. Tomáš Křemen, Ph.D., Doc. Ing. Martin Štroner, Ph.D. a Ing. Rudolf Urban, Ph.D.

5.3.1 VZTAŽNÁ SÍŤ

Vztažná síť byla vytvořena dne 22. 9. 2015. V tento den bylo slunečno, teplota byla 15 °C. Na delším okraji experimentální plochy bylo trvale stabilizováno 9 betonových mezníků. Souřadnice mezníků (v systémech S-JTSK a Bpv) byly nejprve určeny metodou GNSS přístrojem Trimble GeoXR, který byl připojen k síti referenčních stanic CZEPOS pro zajištění korekcí. Pro výzkum byla využita metoda měření RTK (Real Time Kinematic), přičemž observace trvala 15 sekund. Poloha mezníků byla určena dvakrát v rozmezí dvou hodin a výsledky byly zprůměrovány. Souřadnice mezníků byly dále zpřesněny prostřednictvím totální stanice Trimble S8 (směrodatná odchylka pro měření směrů 0,3 mgon a pro měření délek 0,8 mm + 1 ppm).

Z prvních šesti mezníků bylo určeno volné stanovisko podle metody nejmenších čtverců a posléze byly všechny mezníky přeurčeny tak, aby byla dodržena relativní přesnost celé sítě pod 5 mm v prostorové poloze. Vzhledem ke členitému terénu byly využity další tři dřevěným kolíkem dočasně stabilizované body pro zajištění přesnosti v celé vztažné síti. Vzhledem k použité metodě připojení lze absolutní přesnost určení souřadnic odhadovat do 5 cm.

5.3.2 PODROBNÉ MĚŘENÍ TOTÁLNÍ STANICÍ

Veškerá podrobná měření byla prováděna ve dnech 22. až 24. 9. 2015 prostorovou polární metodou, vždy s využitím volného stanoviska s připojením na minimálně tři betonové mezníky. K měření byl použit přístroj Trimble S8. Relativní prostorovou přesnost zaměřovaných bodů lze odhadovat okolo 1 cm. Délky zaměřovaných bodů nepřesahovaly 200 m, a proto vzhledem k uvedené přesnosti nebyla zaváděna oprava ze zakřivení Země. V rámci podrobného měření byly určeny identické body pro laserové skenování, polohy experimentálních plíšků, hranice pásů technologií pro orbu a poloha hloubkových sond.

5.3.3 LASEROVÉ SKENOVÁNÍ A TVORBA DMT

Byly zaměřeny dvě etapy určení tvaru povrchu pole 3D skenovacím systémem HDS3000 (viz obr. č. 21). 22. 9. 2015 byla zaměřena 0. etapa a 24. 9. 2015 byla zaměřena 1. etapa. Obě etapy byly měřeny ze šesti stanovisk.

Spojení měření z jednotlivých stanovisek do výsledného celku a umístění do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv bylo provedeno přes dočasně umístěné identické body. V 1. etapě bylo použito 16 identických bodů a ve 2. etapě bylo použito 14 identických bodů. Pro umístění měření do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv byly identické body zaměřeny totální stanicí Trimble S8 (viz podrobné měření totální stanicí v kap. 5.3.2).

Absolutní průměrná odchylka transformace měření v 1. etapě byla 6,8 mm a ve 2. etapě byla 6,6 mm. Výsledná mračna bodů v obou etapách byla redukována na průměrnou hustotu 50 mm. Polohové souřadnice obou mračen byly redukovány o $x = -570000$ m a o $y = -1191000$ m. Dále z nich byly vytvořeny nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN sítě). Porovnáním TIN sítí obou etap byl určen a vytvořen jejich rozdílový model (také ve formě TIN).

Vizualizace DMT (viz kap. 6.2) byla provedena v prostředí software ArcScene a ArcMap.



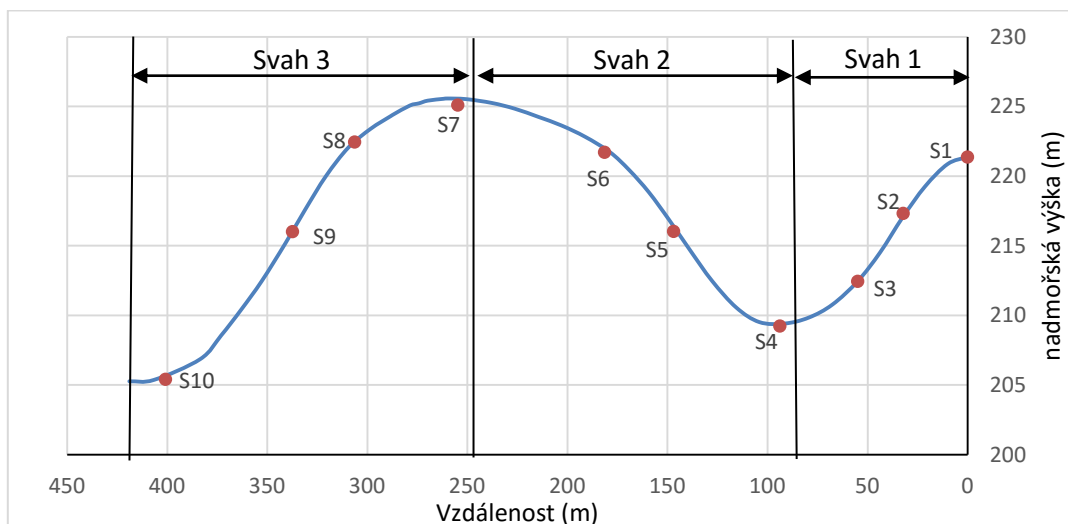
Obr. č. 21: Skenování LiDaRem

Cloudová data z terénního měření, jejich úprava a následná tvorba DMT byly zpracovány v programu Leica Cyclone 3D Point Cloud Processing Software. Program byl využit i na výpočet tzv. rozdílového DMT, kdy se vyhodnocoval rozdíl mezi DMT z první etapy měření (tj. před zpracováním půdy) a DMT z druhé etapy měření (tj. po pěti operacích zpracování půdy).

6 VÝSLEDKY

6.1 VÝSLEDKY PŮDNÍHO PRŮZKUMU

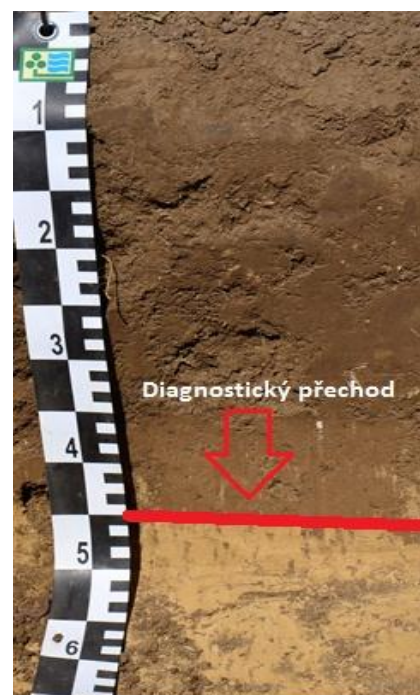
V rámci půdního průzkumu, který doprovázel spektrum měření na lokalitě Šardice, došlo k popisu půdních profilů vlastností a změn utváření půdních horizontů před a po realizaci polních aktivit. Zaměřené kontrolní sondy jsou znázorněny na obrázku č. 22.



Obr. č. 22: Umístění kontrolních sond na experimentálních svazích z geodetického zaměření

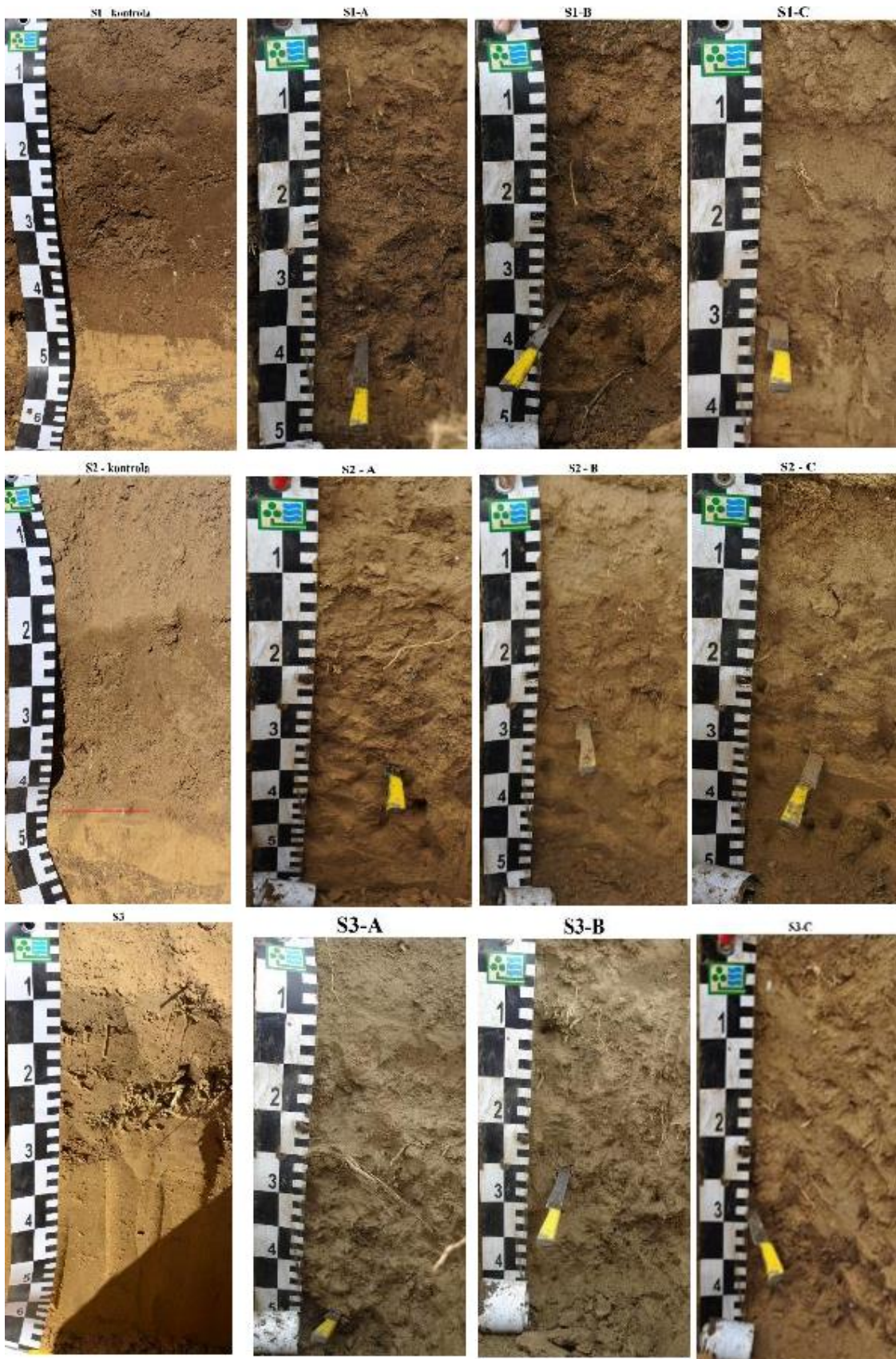
Výsledky půdního průzkumu jsou založeny na subjektivním vyhodnocení profilace půdy před a po zpracování půdy. Stratigrafie půdního profilu je u černozemí modálních z pohledu diagnostického horizontu příznivá (viz obr. č. 23). Hodnocen je přechod mezi tmavým černickým horizontem Ac a plavým horizontem spraší Ck.

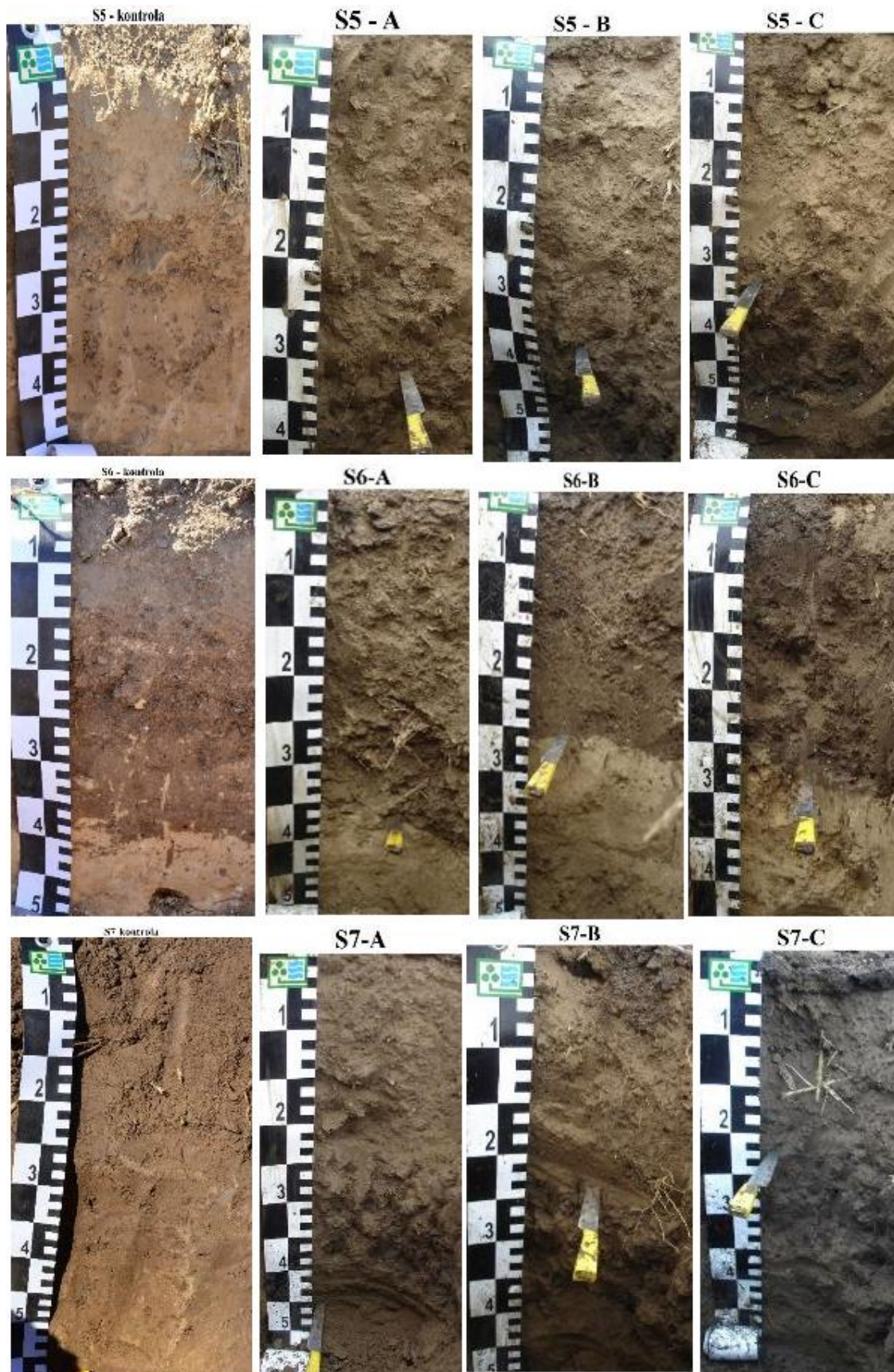
Hodnoceno bylo celkem 37 půdních sond (viz obr. č. 24). Stanoviště S4 v akumulaci svahu nebylo hodnoceno, protože diagnostický horizont nebyl ani náznakově nalezen.

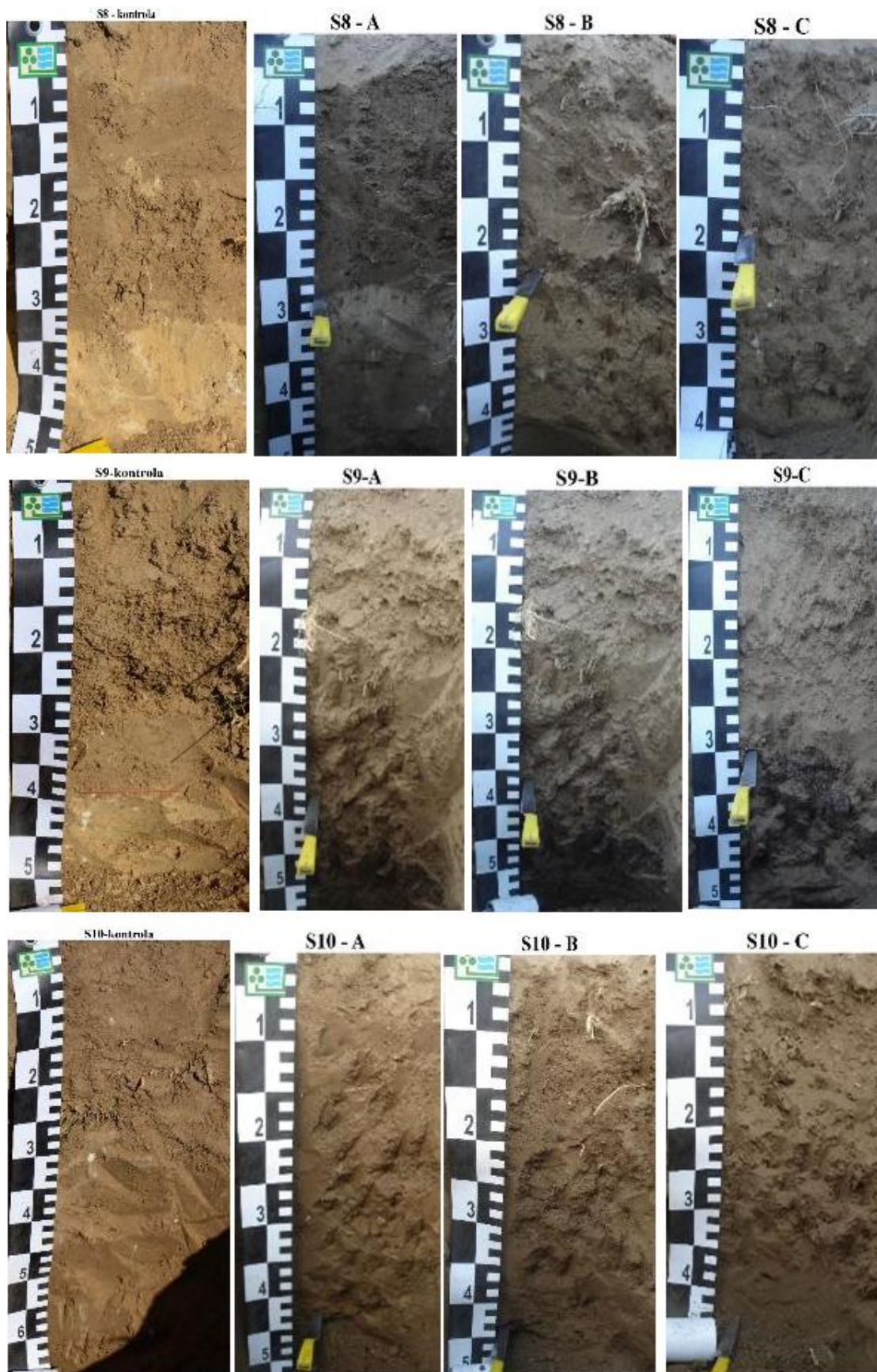


Obr. č. 23: Diagnost. přechod Ac-Ck

Obr. č. 24: Galerie půdních sond







Výsledky hodnocení změny profilace půdního profilu, které shrnuje tab. č. 2, ukazují na poměrně zřetelné snížení mocnosti orničního profilu v pozicích 1 – vrch a 2 - vrch svahu (sondy S1, S2, S6, S7, S8) a zároveň ukazují na výraznou akumulaci půdy v pozici 4 – v úpatí svahu (sondy S3, S4, S5, S9, S10). Posun půdy se po pěti provedených operacích pohybuje v rozmezí 9-15 cm na pozici S1 a S2 a 4-14 cm na pozicích S6, S7 a S8. Z výsledkové řady jsou patrné rovněž posuny napříč variantami, které jsou však více než samotným zpracováním půdy způsobeny spíše tvarem plochy svažující se od varianty C k A (porovnání v tab. č. 2).

Odhady posunu půdy je vhodné hodnotit pouze z profilů na vrchu svahu. Nárůst hmoty níže ve svahu a v akumulaci je do značné míry pouze kvalifikovaným odhadem. Skutečně diagnostickými sondami jsou proto pozice S1, S3, S6 a S8, kde je hodnocený přechod ostrý, popř. zvlněný. Výsledky těchto sond lze považovat za směrodatné. Lze odhadovat, že ztráta půdy (cca 10cm) z horních partií svahu po pěti provedených operacích představuje (při OHR 1,25 g.cm⁻³) přibližně 125 kg.m⁻² ornice.

Tab. č. 2: Výsledky půdního průzkumu lokality Šardice

Sonda	Pozice v řadě	Pozice na svahu	Stav	Mocnost diagnostického horizontu [cm]	Posun [cm] (Rozdíl)	Popis diagnostického přechodu
S1	kontrola	1	1	45		ostrý
S1	A	1	2	36	-9	
S1	B	1	2	34	-11	
S1	C	1	2	30	-15	
S2	kontrola	2	1	45		pozvolný
S2	A	2	2	34	-11	
S2	B	2	2	30	-15	
S2	C	2	2	32	-13	
S3	kontrola	3	1	33		zřetelný (zvlněný)
S3	A	3	2	45	12	
S3	B	3	2	45	12	
S3	C	3	2	45	12	
S4	kontrola	4	1	60		difúzní
S4	A	4	2	80	20	
S4	B	4	2	80	20	
S4	C	4	2	80	20	

Sonda	Pozice v řadě	Pozice na svahu	Stav	Mocnost diagnostického horizontu [cm]	Posun [cm] (Rozdíl)	Popis diagnostického přechodu
S5	kontrola	3	1	40		difúzní
S5	A	3	2	44	4	
S5	B	3	2	53	13	
S5	C	3	2	53	13	
S6	kontrola	2	1	40		zřetelný (zvlněný)
S6	A	2	2	36	-4	
S6	B	2	2	26	-14	
S6	C	2	2	28	-12	
S7	kontrola	1	1	45		difúzní
S7	A	1	2	41	-4	
S7	B	1	2	40	-5	
S7	C	1	2	34	-11	
S8	kontrola	2	1	33		ostrý
S8	A	2	2	28	-5	
S8	B	2	2	25	-8	
S8	C	2	2	19	-14	
S9	kontrola	3	1	38		pozvolný
S9	A	3	2	55	17	
S9	B	3	2	55	17	
S9	C	3	2	55	17	
S10	kontrola	4	1	60		difúzní
S10	A	4	2	80	20	
S10	B	4	2	80	20	
S10	C	4	2	80	20	

Legenda:

pozice na svahu: 1 - vrch, 2 - vrch svahu, 3 - uprostřed svahu, 4 - pata svahu;

stav: 1 - před zpracováním půdy, 2 - po zpracování půdy;

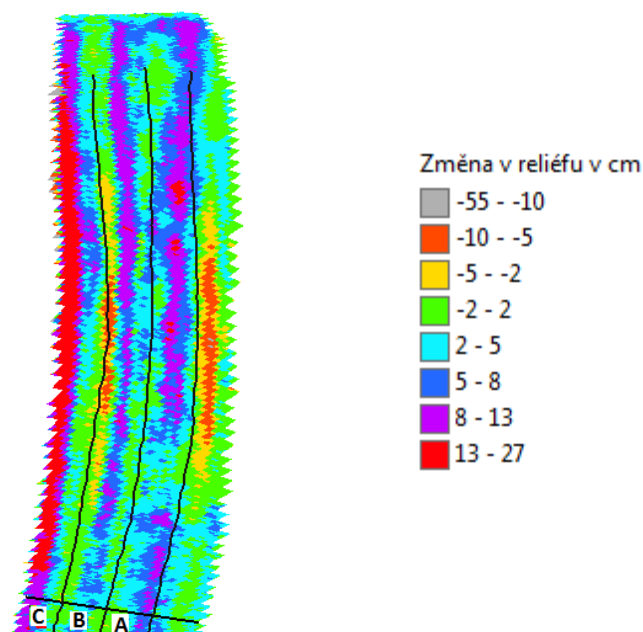
pozice v řadě: A - vpravo (pluh), B - uprostřed (radličky), C - vlevo (disky);

červeně zbarvené - odhadovaná hloubka přesně nelze určit

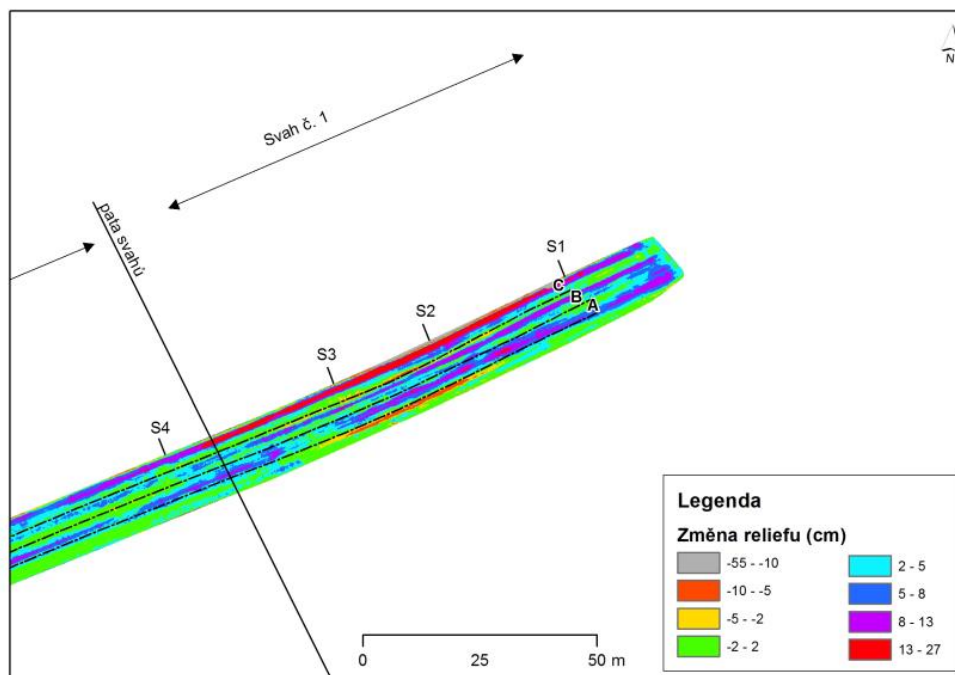
6.2 POROVNÁNÍ DMT

K vyhodnocení změny v topografii na experimentální ploše slouží vizualizace DMT. Písmena A, B a C označují technologii zpracování půdy (viz kap. 5.2), která na daném pásu proběhla.

Na svahu č.1 (viz obr. č. 25 a 26) byl odhalen největší posun půdy. Je třeba zmínit, že při zpracování půdy zde vznikly výrazné terasy, stále zřetelné na DMT (viz obr. č. 25), a následné válení lučným a vibračním válcem mělo na tento posun nezanedbatelný vliv. Největší nárůst reliéfu byl u technologie C - mělká orba talířovým podmítačem. V těchto místech byla na začátku experimentu zřetelná brázda a při válení lučným a vibračním válcem došlo k jejímu zahlazení. Tyto souvislosti je třeba vzít v potaz v konečném hodnocení.

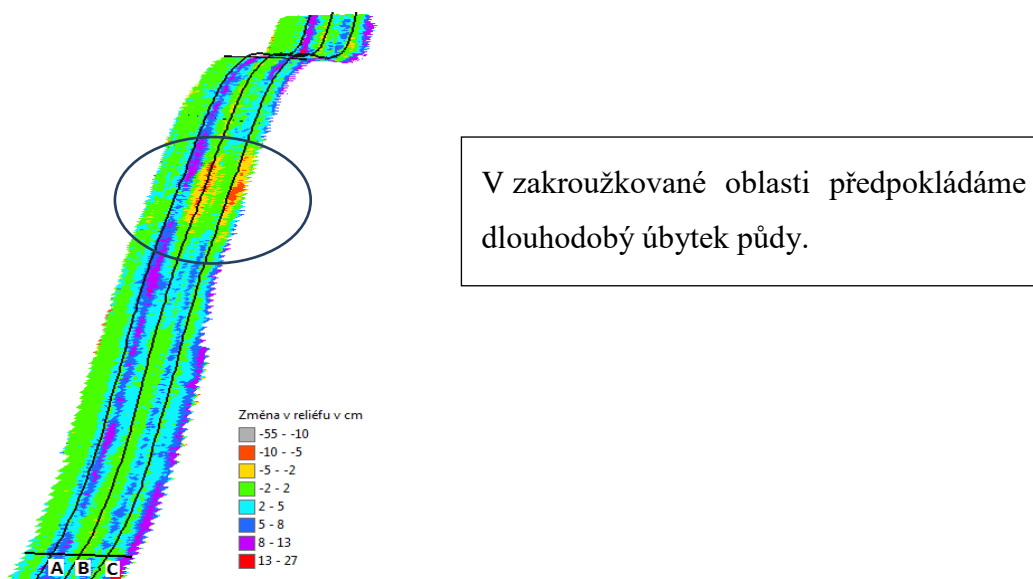


Obr. č. 25: Zobrazení změny v reliéfu na svahu č. 1

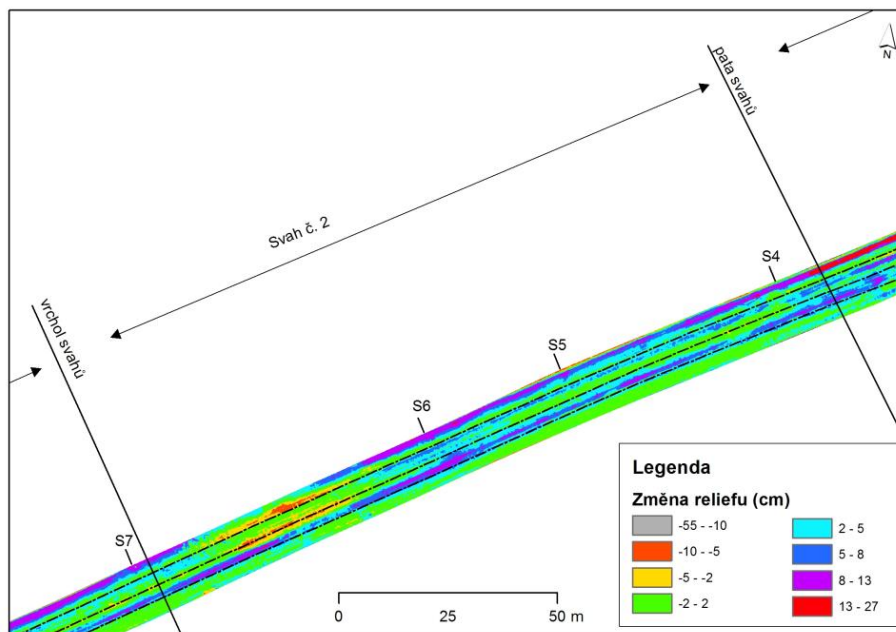


Obr. č. 26: Lokalizace půdních sond na svahu č. 1

Na svahu č. 2 (viz obr. č. 27 a 28) je zřejmý úbytek půdy v místech s největším sklonem. Ke zvýšení reliéfu došlo vždy po hranách pásů. Je také patrný posun půdy směrem od paty svahu ve směru pojezdu strojů (tedy do kopce). U varianty A byl pojezd pluhu oběma směry, což se projevilo především v menším úbytku půdy v nejstrmějším místě svahu. V průměru došlo na svahu č. 2. ke změně reliéfu v rozmezí ± 2 cm.

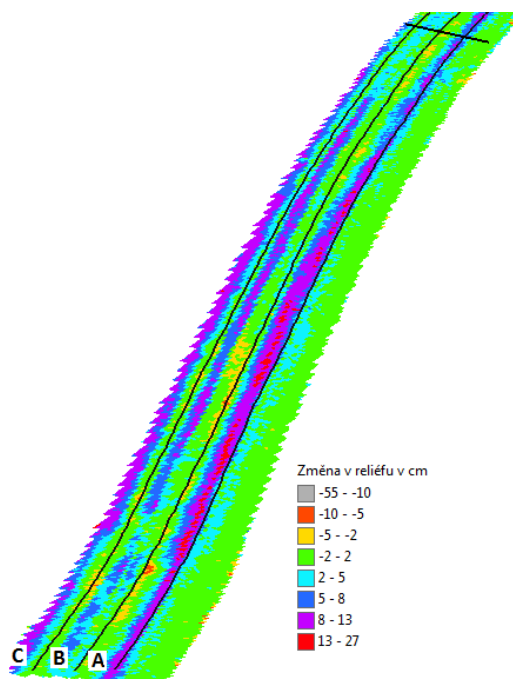


Obr. č. 27: Zobrazení změny v reliéfu na svahu č. 2

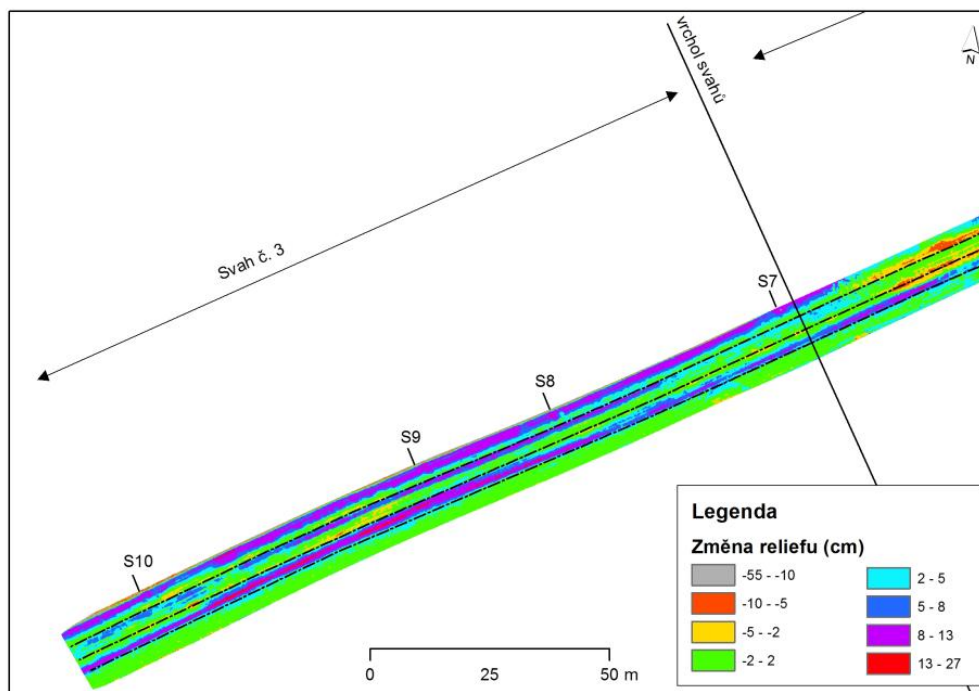


Obr. č. 28: Lokalizace půdních sond na svahu č. 2

Na svahu č. 3 (viz obr. č. 29 a 30) došlo k největšímu nárůstu reliéfu po stranách jednotlivých pásů. Ve střední části svahu naopak došlo k úbytku v rozmezí 2 - 5 cm.

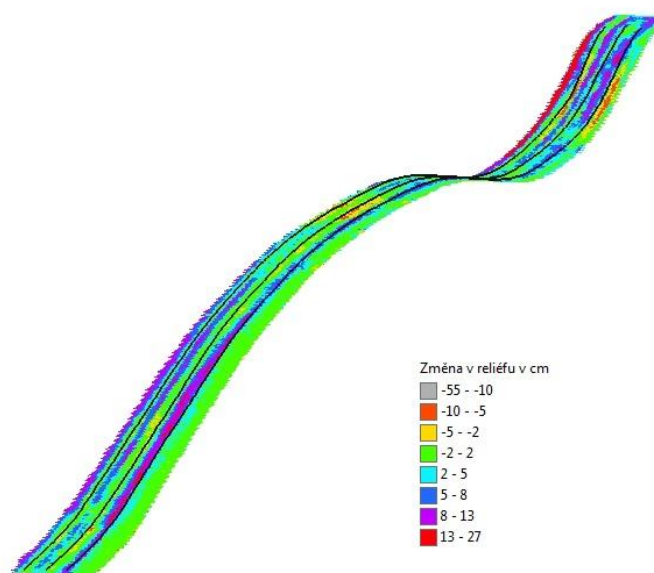


Obr. č. 29: Zobrazení změny v reliéfu na svahu č. 3

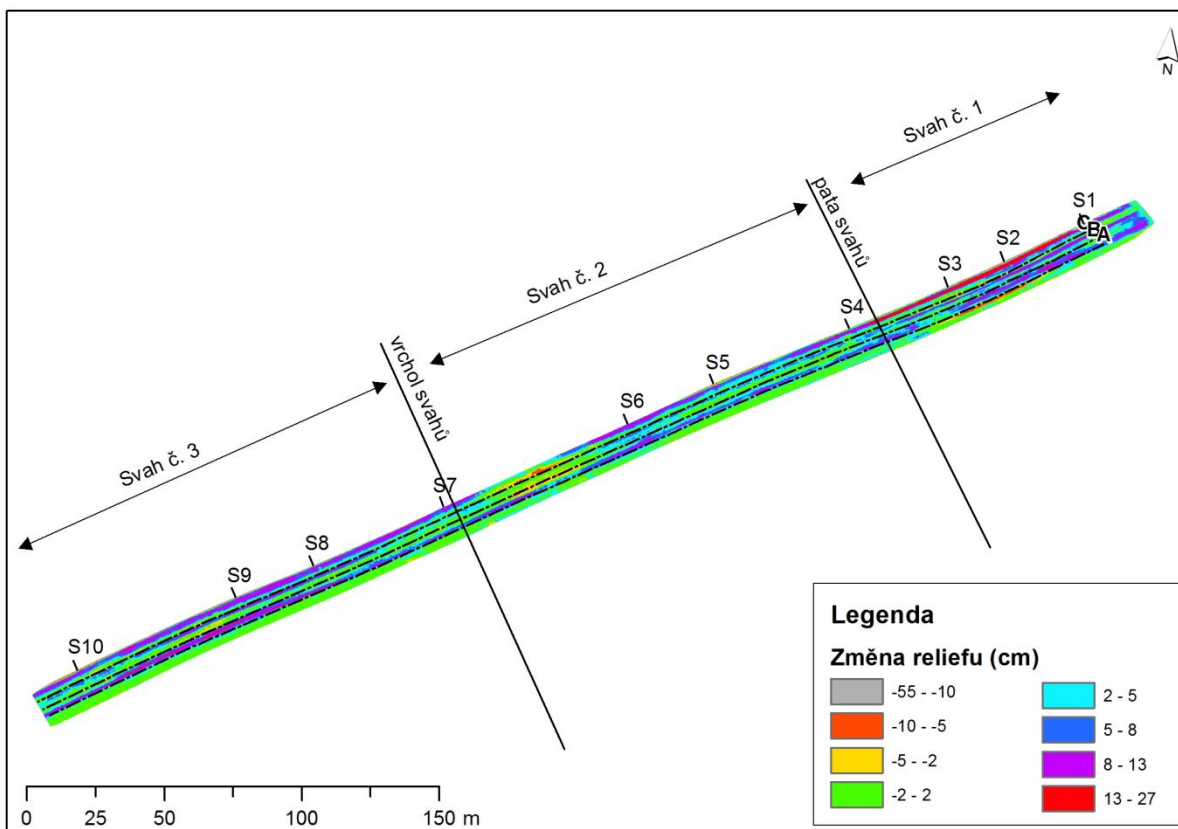


Obr. č. 30: Lokalizace půdních sond na svahu č. 3

Z celkového porovnání DMT před zpracováním a po zpracování půdy (viz obr. č. 31 a 32) vychází obecně největší úbytek půdy na hranách vrcholů svahu, odkud se půda ve většině případů přesunula do střední části svahu.



Obr. č. 31: Zobrazení topografie celé experimentální plochy



Obr. č. 32: Celkový pohled na rozložení svahů a rozmístění půdních sond

6.3 VYHODNOCENÍ RŮZNÝCH TECHNOLOGIÍ ZPRACOVÁNÍ PŮDY A JEJICH VLIVU NA TOPOGRAFII SVAHU

Z provedeného pokusu vyplývá, že největší posun půdních částic způsobuje metoda zpracování půdy orbou radličným pluhem (A). Výraznější změna je ve vertikálním směru, ale ke změně reliéfu dochází také horizontálně. Posun půdních částic se pohyboval v rozmezí -5 až +13 cm.

Z porovnání výsledných DMT dále vyplývá, že při podryvání radličkovým kombinátorem (B) došlo k výraznému horizontálnímu posunu půdních částic (do stran), a to v rozmezí -5 až +5 cm. Tato změna byla méně výrazná na svahu č. 2, kde jel stroj do kopce.

Mělká orba talířovým podmítačem (C) při porovnání DMT ukázala změnu reliéfu v horizontálním směru v rozmezí -5 až +5 cm.

7 DISKUZE

Porozumění přesunům a přemísťování půdy je podle Nováka (2012a) důležitý krok vpřed, směřující k vývoji takových metod zpracování půdy, které nebudou degradovat zemědělský půdní fond.

Z výsledků provedených terénních průzkumů vyplývá, že odlišné technologie zpracování půdy mají různě velký vliv na změny v topologii svahu. Toto zjištění je ve shodě s tím, co zjistili Su et al. (2002), podle kterých je zpracování půdy důležitým procesem při přesunu půdních částic a hraje dominantní roli při změně topografických charakteristik.

Stejně jako Papiernik et al. (2005) jsem došel k závěru, že vliv technologie zpracování půdy na mikrotopografii svahu se nejvíce projevuje v konvexních částech svahu. Výsledky provedeného terénního průzkumu potvrzují také tvrzení Fulajtára a Jánského (2001) o tom, že dochází k nadzvednutí a převrácení půdy, která je po svahu mírně posouvána v horizontálním i vertikálním směru.

Zaměření a vyhodnocení transportu půdních částic je velmi obtížné stanovit právě z důvodu náročnosti monitoringu vlivu technologie zpracování půdy, nehledě na zvolenou metodiku experimentu (porovnání digitálních modelů terénu, porovnání půdních profilů, sledování translokace půdy na základě posunu metalických nebo jiných stopovačů). Pro účely této práce byly zvoleny metody porovnání DMT a půdního průzkumu.

Změny v topografii svahu translokací půdních částic jsem pro potřebu této práce určoval porovnáním digitálních modelů terénu před zpracováním a po zpracování půdy, jak doporučují Su et al. (2012). Tito autoři navrhují pro stanovení střednědobého efektu zpracování půdy orbou na morfologii svahu provést patnáct operací zpracování půdy. Já jsem provedl pět operací zpracování půdy třemi různými technologiemi. Celkové množství transportované půdy se vypočítá podle publikací Govers et al., 1999 a Zhang et al., (2009) na základě distribuce metalických stopovačů. Množství transportovaných půdních částic má přímo korelovat s nástrojem použitým pro její zpracování (Blanco a Lal, 2008). Rovněž i podle Morgana (2005) je vzdálenost redistribuce půdních částic ovlivněna nástroji, jakými je půda zpracována a hloubkou samotného zpracování. Oprávněnost těchto tvrzení zatím nejsem v této práci schopen zhodnotit, neboť součástí této diplomové práce byl pouze terénní průzkum, který bude teprve vyhodnocen.

Při porovnání výsledků půdního průzkumu a výsledků z měření laserovým skenováním jsem narazil na několik drobných odlišností. Ty byly způsobeny rozdílnými metodikami obou průzkumů. Při laserovém skenování dochází ke komplexní analýze celého experimentálního území, oproti tomu při půdním průzkumu je signifikantním faktorem zvolené místo kopané půdní sondy. Odhady translokace půdy je výhodné hodnotit pouze z profilů na vrchu svahu. Nárůst půdní hmoty níže ve svahu a u paty svahu je do značné míry pouze kvalifikovaným odhadem.

Z provedeného pokusu vyplývá, že největší posun půdních částic způsobuje metoda zpracování půdy orbou radličným pluhem, a to jak ve vertikálním, tak v horizontálním směru. U ostatních dvou sledovaných metod zpracování půdy došlo k posunu především ve směru horizontálním. Různé technologie zpracování půdy hrnou půdu trochu odlišným způsobem (horizontálně nebo vertikálně), a nacházíme tak vždy místa, kde došlo k úbytku půdy. Důležitým faktorem je také vyznačení místa přechodu svahu subjektivně a nikoli přesným zaměřením.

Překvapivými se ukázaly být výsledky transportu půdních částic v páse zpracovávaném technologií podryváním radličkovým kombinátorem, kde navzdory tvaru pracovního nástroje a faktu, že se jedná o hlubokou orbu, došlo k transportu půdy především v horizontálním směru.

Během terénních prací došlo k menšímu sesuvu půdy na prvním experimentálním svahu, a proto nepovažuji výsledky měření na tomto svahu na rozdíl od měření na druhém a třetím svahu za průkazné. V tomto případě se totiž nejednalo o transport půdních částic zapříčiněný zvolenou metodou zpracování půdy, ale šlo o náhodný a s konkrétní technologií zpracování půdy nesouvisející jev.

8 ZÁVĚR

Tématem této diplomové práce je vyhodnocení změny mikrotopografie svahu a půdního profilu v závislosti na zpracování půdy různými technologiemi. Určení rozdílného vlivu odlišných metod zpracování půdy na změnu topografie povrchu je v současnosti považováno za jedno z aktuálních témat současného výzkumu půd a projekty zaměřené na tuto tematiku jsou podporovány Národní agenturou pro zemědělský výzkum.

V úvodních kapitolách této práce jsem se zaměřil na splnění prvního cíle práce, zpracování rešerše k problematice vlivu zpracování půdy odlišnými technologiemi na výslednou topografii zemědělského pozemku. Nejprve jsem podal přehled o relevantní zpracovávané problematice (kap. 3), tj. o erozi půdy (kap. 3.1 až 3.3), způsobech zpracování půdy (kap. 3.4) a o měření topografie terénu (kap. 3.5). Dále jsem se zabýval druhým cílem této diplomové práce, kterým bylo provést půdní průzkum svahů před zpracováním a po zpracování půdy, a třetím cílem, jímž bylo vytvořit dva digitální modely terénu vybraného zemědělského pozemku z dat naměřených před zpracováním a po pěti zpracováních půdy odlišnými technologiemi. Podal jsem charakteristiku studijního území (kap. 4) a věnoval se vlastnímu průzkumu (kap. 5.1 a 5.2) a geodetickým pracím (kap. 5.3). Posledním cílem této diplomové práce bylo porovnat a vyhodnotit výsledky terénních prací (kap. 6 a 7).

Všechny vytyčené cíle diplomové práce se povedlo úspěšně splnit. Výzkum provedený v této diplomové práci bude dále pokračovat porovnáním s výsledky experimentu sledování translokace půdy na základě posunu metalických stopovačů, které budou vyhodnoceny později v tomto roce.

9 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

DE ALBA, S., LINDSTROM M., SCHUMACHER T. E. et MALO D. D., 2004: Soil landscape evolution due to soil redistribution by tillage: a new conceptual model of soil catena evolution in agricultural landscapes. *CATENA*, 58(1): 77-100, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S034181620400017>, cit. 27. 7. 2015

BLANCO H. et LAL R., 2008: Principles of Soil Conservation and Management. Springer, Heidelberg, Germany, 620 s.

BENNETT H. H., 1939: Soil Conservation. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc: 406 s.

CAVALLI M., TAROLLI P., MARCHI L. et FONTANA G. D, 2008: The effectiveness of airborne LiDAR data in the recognition of channel bed morphology. *Catena*, 73: 249–260.

DE ALBA, S., LINDSTROM M., SCHUMACHER T. E. et MALO D. D., 2004: Soil landscape evolution due to soil redistribution by tillage: a new conceptual model of soil catena evolution in agricultural landscapes. *Catena*, 58(1): 77-100, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S034181620400017>, cit. 27. 7. 2015

DOLANSKÝ T., 2004: Lidary a letecké laserové skenování. *Acta Universitatis Purkynianae Ústí nad Labem, UJEP FŽP*, 99: 100 s.

DUŠÁNEK, P., 2011: Exploitation of countrywide airborne LIDAR dataset for documentation of historical human activities in countryside. *Geoinformatics*, 6: 97-108, online: <http://geoinformatics.fsv.cvut.cz/pdf/geoinformatics-fce-ctu-2011-06.pdf>, cit. 15. 4. 2016

FEKETE S., DIEDERICHS M. et LATO M., 2010: Geotechnical and operational applications for 3-dimensional laser scanning in drill and blast tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 25 (5): 614-628, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779810000763>, cit. 15. 4. 2016

FRÍD M. et VÁVRA V., 2016: Zpracování půdy. Interní učební text, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, online: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf, cit. 15. 4. 2016

FULAJTÁR E. et JANSKÝ L., 2001: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. VÚPOP, Bratislava: 310 s.

GOVERS G., LOBB D. A. et QUINE, T. A., 1999: Tillage erosion and translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research. *Soil & Tillage Research*, 51: 167-174.

HŮLA J., PROCHÁZKOVÁ B. et al., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press, Praha: 248 s.

HUGENHOLTZ C. H., WHITEHEAD K., BROWN O. W., BARCHYN T. E., MOORMAN B. J., LeCLAIR A., RIDELL K. et HAMILTON T., 2013: Geomorphological mapping with a small unmanned aircraft system (sUAS): feature detection and accuracy assessment of a photogrammetrically-derived digital terrain model. *Geomorphology*, 194: 16–24.

JANEČEK M., 2008: Základy erodologie. ČZU v Praze, Praha: 172 s.

JANEČEK M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí – metodika. 1. vyd., Praha, Powerprint: 117 s.

KUMHÁLOVÁ J., KUMHÁLA F., KROULÍK M. et MATĚJKOVÁ, Š., 2011: The impact of topography on soil properties and yield and the effects of weather conditions. *Precision Agriculture*, 12(6): 813–830, online: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-011-9221-x>, cit. 15. 4. 2016

KUMHÁLOVÁ J., KUMHÁLA F., NOVÁK P. et MATĚJKOVÁ, Š., 2013: Airborne laser scanning data as a source of field topographical characteristics. *Plant Soil Environ.* 59(9): 423–431, online: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/100271.pdf>, cit. 15. 4. 2016

KUMHÁLOVÁ J. et MOUDRÝ V., 2014: Topographical characteristics for precision agriculture in conditions of the Czech Republic. *Applied Geography*, 50: 90–98, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622814000435>, cit. 15. 4. 2016

LI, Z., ZHU Q. et GOLD C., 2005: *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology*. CRC Press, USA: 323 s.

LIU X., 2008: Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. *Progress in Physical Geography*, 32(1), 31–49, online: <http://doi.org/10.1177/0309133308089496>, cit. 15. 4. 2016

LOBB D. A., KACHANOSKI R. G. et MILLER M. H., 1995: Tillage translocation and tillage erosion on shoulder slope landscape positions measured using ¹³⁷Cs as a tracer. *Canadian Journal of Soil Science*, 75: 211-218.

LOBB D.A. et KACHANOSKI R. G., 1999: Modelling tillage erosion in the topographically complex landscapes of southwestern Ontario, Canada, *Soil & Tillage Research*, 51 :261-277.

MAŠEK J., NOVÁK P., PETRÁSEK S. et KROULÍK M., 2012: Technologie zpracování půdy a jejich vliv na půdní vlastnosti. *Mechanizace zemědělství*, 62 (8): 82-86.

MORGAN R. P. C., 2005: *Soil erosion and conservation*. 3rd edition, Blackwell Publishing, Oxford: 304 s.

MÜLLER M., NOVÁK P. et HRABĚ P., 2014: Inovace materiálově konstrukčních řešení plužní čepele v oblasti konvenčního zpracování půdy při pěstování cukrové řepy. *Listy cukrovarnické a řepářské*, 130 (3): 94-99.

MUYSEN W. Van, GOVERS G., OOST K. Van, 2002: Identification of important factors in the process of tillage erosion: the case of mouldboard tillage. *Soil & Tillage Research*, 65(1): 77-93, online: https://www.researchgate.net/publication/233426049_Identification_of_important_factors_in_the_process_of_tillage_erosion_The_case_of_mouldboard_tillage, cit. 27. 7. 2015.

NĚMEČEK J., MUHLHANSELOVÁ M., MACKŮ J., VOKOUN J., VAVŘÍČEK D. et NOVÁK P., 2011: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. uprav. vyd., Česká zemědělská univerzita, Praha: 94 s.

NOVÁK P., 2015: Současné směry při zpracování půdy, *Zemědělec*, 36: 1-7.

NOVÁK P., HŮLA J. et MAŠEK J., 2012: Propustnost půdy pro vodu v období po sklizni plodin. *Mechanizace zemědělství*, 62 (8): 62-65.

NOVÁK P., KOVAŘÍČEK P., HŮLA J. et VLÁŠKOVÁ M., 2012: Zpracování půdy z hlediska povrchového odtoku vody. *Komunální technika*, 6 (5): 337-340.

ORŠULÁK T. et PACINA J., 2012: 3D modelování a virtuální realita. Ústí nad Labem: 63 s.

PAPIERNIK S. K., LINDSTROM M. J., SCHUMACHER J. A., FARENHORST A., STEPHENS K. D., SCHUMACHER T. E. et LOBB D. A., 2005: Variation in soil properties and crop yield across an eroded prairie landscape. *Journal of Soil and Water Conservation*, 60: 388–395.

PAPIERNIK S. K., SCHUMACHER T. E., LOBB D. A., LINDSTROM M. J., LIESER M. L., EYNARD A. et SCHUMACHER J. A., 2009: Soil properties and productivity as affected by topsoil movement within an eroded landform. *Soil & Tillage Research*, 102(1): 67-77, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198708001232>, cit. 27. 7. 2015.

POESEN J., VAN WESEMAEL B., GOVERS G., MARTINEZ-FERNANDEZ J., DESMET P., VANDAELE K., QUINE T. et DEGRAER G., 1997: Patterns of rock fragment cover generated by tillage erosion. *Geomorphology*, 18: 183–197.

SU Z. A., ZHANG J. H., QIN F. C. et NIE X. J., 2012: Landform change due to soil redistribution by intense tillage based on high-resolution DEMs. *Geomorphology*, 175-176: 190-198, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X12003339>, cit. 27. 7. 2015.

TAROLLI P., ARROWSMITH J. R. et VIVONI E. R., 2009: Understanding earth surface processes from remotely sensed digital terrain models. *Geomorphology*, 113 (1–2): 1-3, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X09002888>, cit. 15. 4. 2016

TAROLLI P. et FONTANA G. D., 2009: Hillslope-to-valley transition morphology: new opportunities from high resolution DTMs. *Geomorphology*, 113 (1-2): 47–56, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X09000646>, cit. 15. 4. 2016

TIESSEN K. H. D., LOBB D. A., MEHUYS G. R. et REES H. W., 2007: Tillage erosion within potato production in Atlantic Canada: II. Erosivity of primary and secondary tillage operations. *Soil & Tillage Research*, 95 (1-2): 320-331.

VAN OOST K., Van MUYSEN W., GOVERS G., DECKERS J. et QUINE T. A., 2005: From water to tillage erosion dominated landform evolution. *Geomorphology*, 72(1-4): 193-203, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X05001728>, cit. 27. 7. 2015.

VINCI A., BRIGANTE R., TODISCO F., Mannocchi, F. et RADICIONI F., 2015: Measuring rill erosion by laser scanning. *Catena*, 124: 97–108, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816214002525>, cit. 15. 4. 2016

VOSSelman G. et MAAS, H. G., 2010: *Airborne and Terrestrial Laser Scanning*. Dunbeath, Scotland, UK, Whittles Publishing: 318 s.

ZACHAR D., 1982: *Soil Erosion*. Developments in soil science. Amsterdam: 547 s.

ZHANG J. H, SU Z. A., NIE X. J., 2009: An investigation of soil translocation and erosion by conservation hoeing tillage on steep lands using a magnetic tracer. *Soil Tillage & Research*, 105: 177-183

ZHOU G., SONG C., SIMMERS J. et Cheng P., 2004: Urban 3D GIS from LiDAR and digital images. *Computers & Geosciences*, 30 (4): 345–353, online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300404000147>, cit. 15. 4. 2016

10 PŘÍLOHY

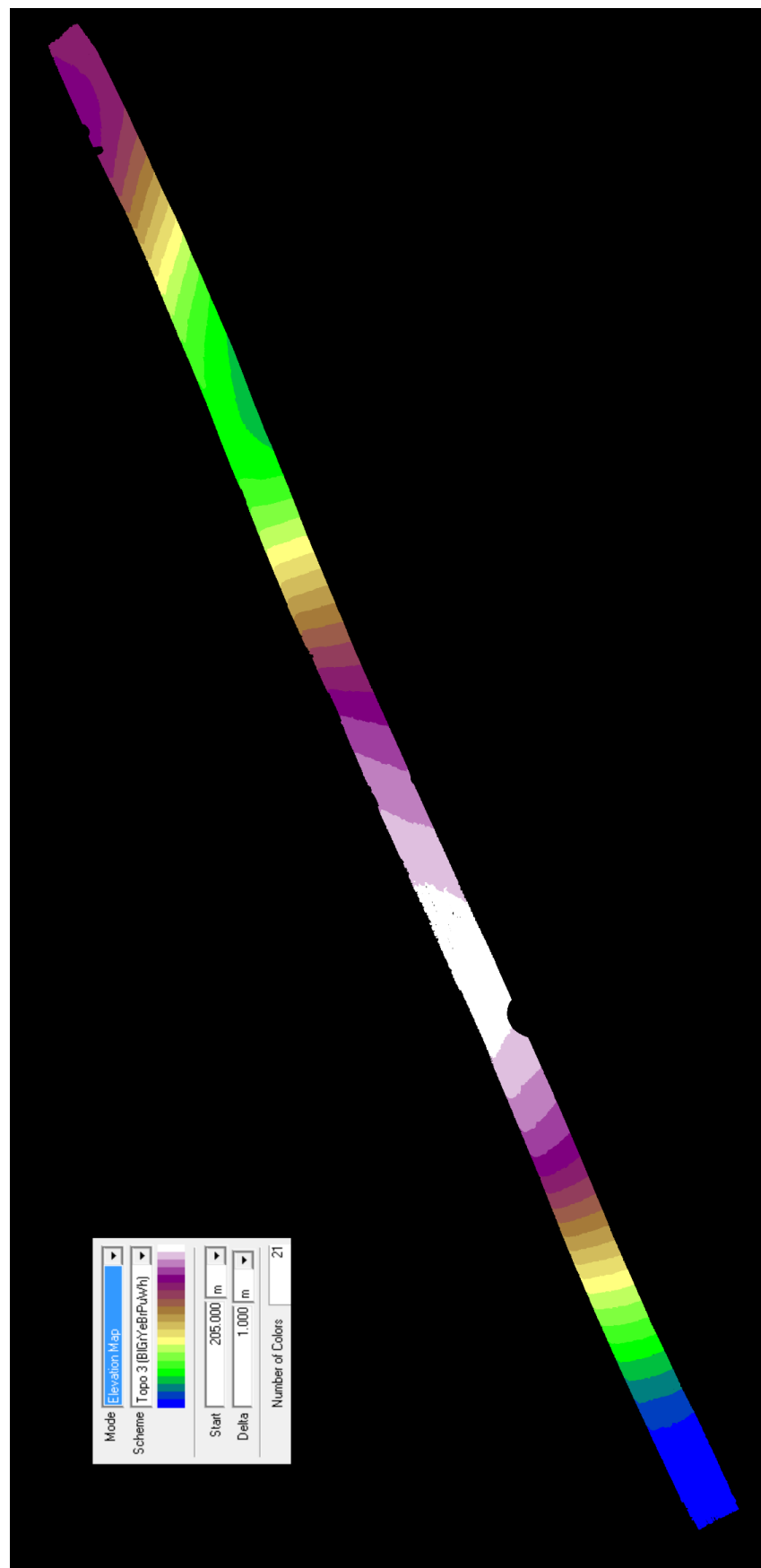
Příloha č. 1: Hypsometrické výšky DMT z 0. etapy měření

Příloha č. 2: Hypsometrické výšky DMT z 1. etapy měření

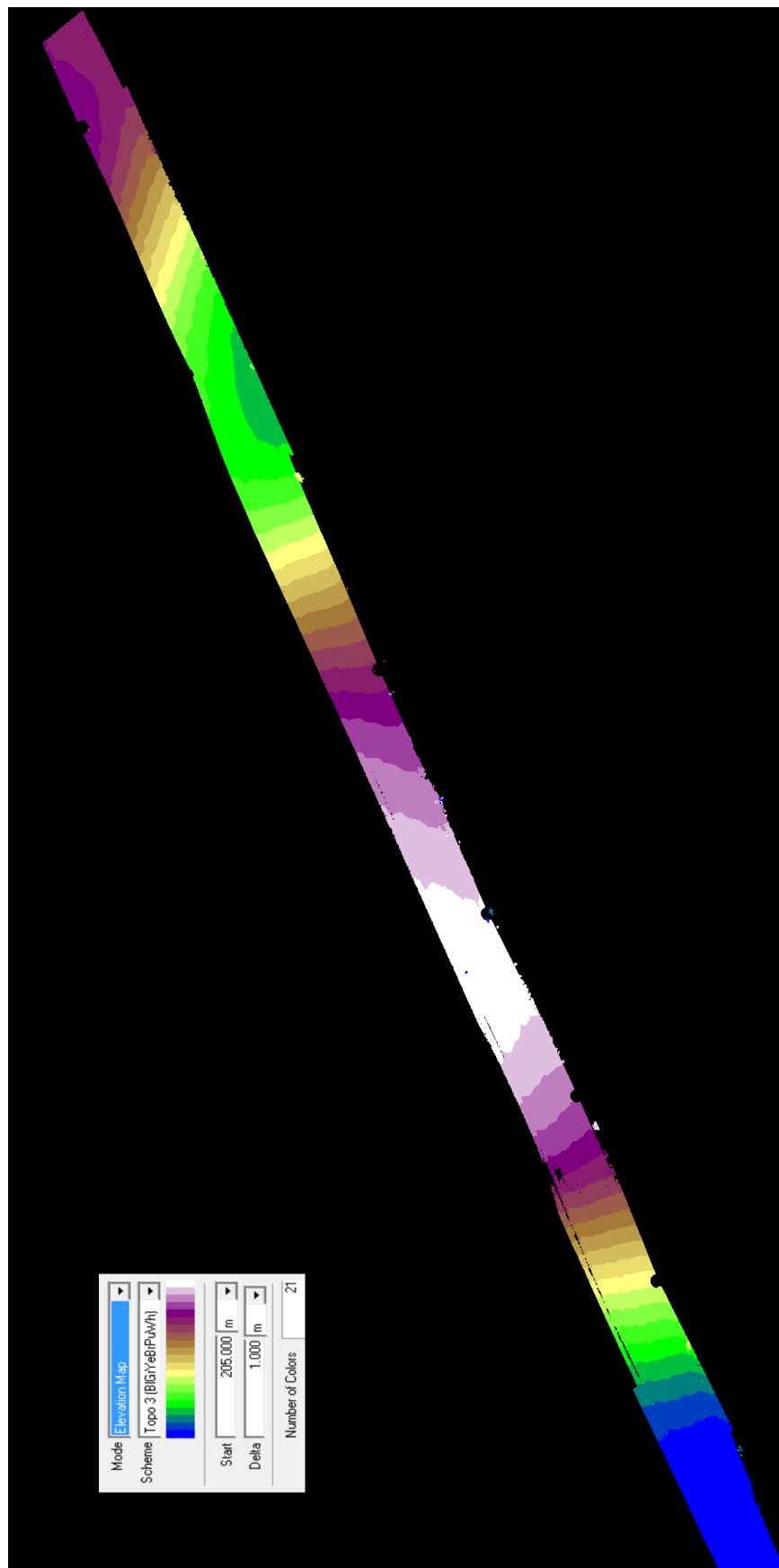
Příloha č. 3: Překryv cloudových dat z měření 0. a 1. etapy, 0. etapa je vyznačena azurovou, 1. etapa modrou barvou

Příloha č. 4: Rozdílový model DMT z 0. a 1. etapy měření

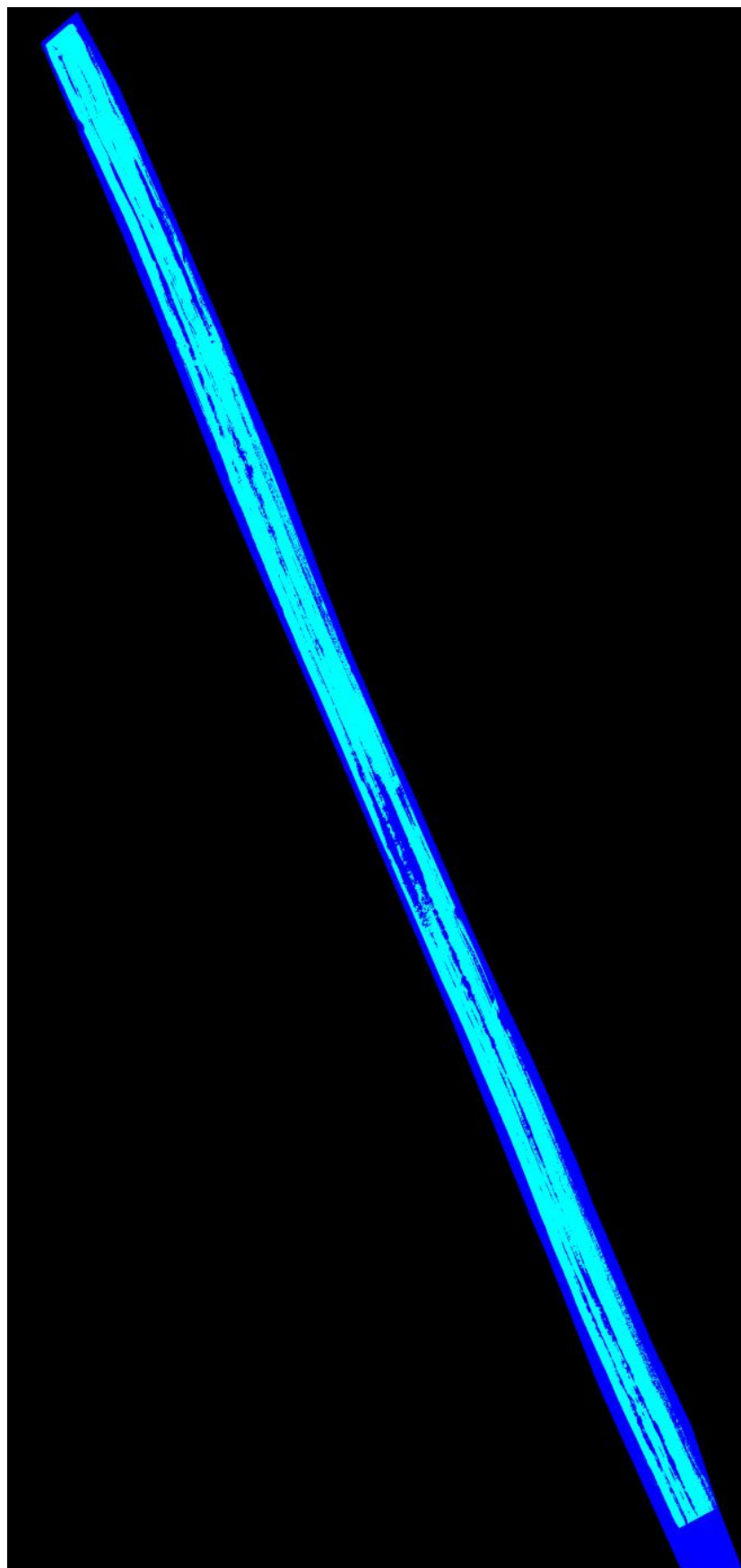
Příloha č. 1: Hypsometrické výšky DMT z 0. etapy měření



Příloha č. 2: Hypsometrické výšky DMT z 1. etapy měření



Příloha č. 3: Překryv cloudových dat z měření 0. a 1. etapy, 0. etapa je vyznačena azurovou a 1. etapa modrou barvou



Příloha č. 4: Rozdílový model DMT z 0. a 1. etapy měření

