

Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2017 – úkol 3702

MONITORING EROZE A PŮDNÍCH PROCESŮ

Řešitelský tým ČVUT v Praze:

Doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.,

Ing. Václav David, Ph.D.,

Ing. David Zumr, Ph.D.,

Doc. Ing. Dr. Tomáš Dostál,

Ing. Tomáš Laburda,

Ing. Adam Tejkl,

Ing. Jakub Stašek

Obsah

1	Monitoring eroze a půdních procesů	4
1.1	Přehled realizovaných činností.....	7
1.1.1	Terénní průzkum a pozemní monitoring současného stavu a erozních projevů	7
1.1.2	Stanovení základních hydropedologických charakteristik sledovaných lokalit.....	10
1.1.3	Iniciální a opakovaný RPAS monitoring	24
1.1.4	Zajištění a primární analýza vhodných družicových dat.....	28
1.1.5	Zřízení dlouhodobého monitoringu hydrologického režimu půdy.....	33
1.2	závěr	35

Seznam obrázků

Obrázek 1	Umístění zájmových lokalit v rámci ČR.	5
Obrázek 2	Půdní blok zvolený pro podrobný monitoring v lokalitě Oráčov.	6
Obrázek 3	Půdní bloky zvolené pro podrobný monitoring v lokalitě Lišany.	6
Obrázek 4	Půdní bloky zvolené pro monitoring v lokalitě Bulhary.	7
Obrázek 5:	Erozní rýha a sedimentační kužel v DSO na lokalitě Oráčov (listopad 2017).	8
Obrázek 6:	Erozní rýha v predisponované dráze kolejového řádku na lokalitě Oráčov (listopad 2017).	9
Obrázek 7:	Hlavní trajektorie DSO a body měření rozsahu erozních rýh na lokalitě Oráčov.	9
Obrázek 8:	Bilance eroze/depozice podle modelu WaTEM/SEDEM a výběr bodů pro pedologický průzkum (Bulhary).	10
Obrázek 9:	Trajektorie potenciálního transportu sedimentu po pozemku a body odběru vzorků (Bulhary).	11
Obrázek 10:	Základní geneze půdních typů a detekované DSO na lokalitě Oráčov.	12
Obrázek 11	Větší množství jílovitých částic je v rovinatých částech pozemku pod svahem a v horní části u lesa. Méně jílu je ve sklonitých částech pozemku.	13
Obrázek 12	Prachovité částice se vyskytují převážně v rovinatých částech pozemku pod svahem a v horní svažité části u lesa.	13
Obrázek 13	Nejvíce fosforu se nachází v rovinaté oblasti pod svahem a v horní části pozemku, méně ve svažitých částech pozemku.	14
Obrázek 14	Nejvíce TOC se nachází v rovinaté oblasti pod svahem, méně ve svažitých částech pozemku.	14
Obrázek 15	Mocnosti A horizontu jsou po celém pozemku nepravidelné.	15
Obrázek 16	Největší vrstvy ornice jsou ve sklonitých oblastech v severní části pozemku u lesa. Pod svahem bylo více ornice zjištěno jen u jedné sondy.	15
Obrázek 17:	Základní geneze půdních typů a detekované DSO na lokalitě Lišany.	16
Obrázek 18	Větší množství jílovitých částic je v málo sklonité oblasti u lesa. Pod svahem před kolejí je jílu minimum.	17
Obrázek 19	Prachovité částice se vyskytují převážně v rovinatých částech pozemku. Pod svahem je prachovitých částic minimum.	17

Obrázek 20 Vyšší koncentrace fosforu jsou v části pozemku pod tratí. V oblasti pod svahem je fosforu minimum.	18
Obrázek 21 Hodnoty celkového organického uhlíku (TOC) jsou v ploše pozemku nepravidelné. Nejméně TOC je pod svahem nad kolejí.	18
Obrázek 22 Nejvyšší mocnost svrchního horizontu je v nejnižších částech pozemku a těsně nad tratí. Nejméně A horizontu je ve sklonitých oblastech pod tratí.	19
Obrázek 23 Největší vrstvy ornice jsou ve sklonitých oblastech v části pozemku u lesa. Pod svahem nad kolejí ornice chybí.	19
Obrázek 24 Jílovité částice se vyskytují převážně v rovinatých částech pozemku. V údolnici a na sklonitých pasážích je jílovitých částic minimum.	21
Obrázek 25 Nejvyšší výskyt prachových částic je v údolnici.	21
Obrázek 26 Fosfor se nekonzcentruje v určité oblasti na pozemku. Mírně více fosforu je ve střední části údolnice a na některých rovinatých částech pozemku.	22
Obrázek 27 Hodnoty celkového organického uhlíku (TOC) jsou v ploše pozemku nepravidelné. Méně TOC je v oblastech s vysokým sklonem.	22
Obrázek 28 Nejvyšší mocnost svrchního horizontu je ve spodní části údolnice, následují rovinaté pasáže na okrajích pozemku. Převážně na svažitých oblastech je mocnost A horizontu nízká.	23
Obrázek 29 Největší vrstvy ornice jsou na rovinatých, některých sklonitých částech pozemku a v horní části údolnice.	23
Obrázek 30 Část území zájmové lokality Bulhary s viditelnou významnou heterogenitou povrchu svědčící o intenzivních erozních procesech.	24
Obrázek 31: RPAS monitoringem objemově zachycená erozní rýha na lokalitě Oráčov (digitální model povrchu).	24
Obrázek 32: Kompletní ortofoto iniciálního RPAS monitoringu – Oráčov.	25
Obrázek 33: Pozice a překryv snímků iniciálního RPAS monitoringu – Oráčov.	26
Obrázek 34 Kompletní ortofoto iniciálního RPAS monitoringu – Bulhary.	26
Obrázek 35: Pozice a překryv snímků iniciálního RPAS monitoringu – Bulhary.	27
Obrázek 36: Kompletní ortofoto iniciálního RPAS monitoringu – Lišany.	27
Obrázek 37: Pozice a překryv snímků iniciálního RPAS monitoringu – Lišany.	28
Obrázek 38: Příklad satelitního snímku Landsat 8 v RGB viditelném spektru, pixel 30 m, lokalita Lišany.	29
Obrázek 39: Bodová vrstva s hodnotami NDVI.	30
Obrázek 40: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2016 v lokalitě Oráčov.	31
Obrázek 41: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2017 v lokalitě Oráčov.	32
Obrázek 42: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2016 v lokalitě Lišany.	32
Obrázek 43: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2017 v lokalitě Lišany.	32
Obrázek 44: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2016 v lokalitě Bulhary.	33
Obrázek 45: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2016 v lokalitě Bulhary.	33
Obrázek 46: Instalované vlhkostní sondy CS655 v půdním profilu v hloubkách 10 cm, 35 cm a 60 cm pod povrchem, experimentální lokalita Lišany (vlevo); Hydro Logger H40G s GSM/GPRS modemem pro dálkový přenos dat (vpravo).	34
Obrázek 47: Konečná povrchová úprava v terénu po instalaci vlhkostního hnízda v Lišanech (vlevo); zákaloměrná sonda ESZK11 (vpravo)	34
Obrázek 48: Náhled monitorované vlhkosti (vlevo) a teploty (vpravo) na experimentální lokalitě Lišany.	35

1 Monitoring eroze a půdních procesů

Půda je jednou ze složek životního prostředí, které jsou suchem postihovány nejvíce. Na druhou stranu je půdní prostředí díky své schopnosti zadržovat vodu velmi významné s ohledem na možnosti tlumení nežádoucích dopadů sucha, a to v řadě různých aspektů. Schopnost zemědělské půdy zadržovat vodu je determinována přírodními podmínkami, významnou měrou je však ovlivněná způsobem hospodaření na ní i na typech opatření, která jsou na ní z různých důvodů aplikována. Kvantifikace vlivu jednotlivých opatření na hydrologický režim půd je do značné míry nejistá a je zpravidla založena na převážně empirických přístupech a metodách. Míra nejistoty takového posuzování je navíc vyšší v případě uvažování změn klimatických podmínek.

Jednou ze součástí výkonu státní správy v problematice sucha je podpora opatření na zemědělských pozemcích s cílem zlepšení vodního režimu půdy. Mimo to jsou v rámci výkonu státní správy podporována i další opatření, která nejsou primárně realizována v souvislosti s prevencí negativních dopadů sucha, ale která zpravidla mají na zlepšení vodního režimu půdy a prevenci sucha pozitivní vliv nebo se u nich takovýto vliv předpokládá. Jedná se především o opatření související s ochranou půdy jako takové spočívající v aplikaci protierozních opatření a o opatření k zadržení vody s ohledem na prevenci povodní jakožto součásti přírodě blízkých protipovodňových opatření, byť je jejich účinnost pravděpodobně často nadhodnocována.

Pro potřeby kvalifikovaného vlivu jednotlivých opatření s uvažovaným pozitivním dopadem ve vztahu k půdnímu suchu, je v podstatě nezbytné, aby byl zaveden a provozován dlouhodobý monitoring sledující projevy sucha v půdě a celkově zahrnující jednotlivé půdní charakteristiky. Jelikož tento monitoring má za cíl především zhodnotit dopady jednotlivých opatření, je nutné jej zavést ještě před aplikací opatření, aby byla k dispozici referenční data. Vzhledem k tomu, že půdní sucho není izolovaným jevem, ale spadá do hydrologického režimu půd jako celku, je i v případě experimentálního ověřování účinnosti jednotlivých opatření zapotřebí, aby byl monitorován vodní režim v celé šíři včetně monitoringu průvodních jevů spočívajících zejména ve změnách vlastností půdního povrchu či ve změnách obsahu různých látek v půdě. Z těchto důvodů bylo iniciováno zavedení dlouhodobého monitoringu půdních vlastností a procesů na vybraných lokalitách. Pro potřeby tohoto výzkumu byly zvoleny tytéž lokality, jako v případě monitoringu hydrologického režimu v hydrografické síti, a to především z toho důvodu, že vodní režim půd a vodní režim vodních toků jsou úzce provázány. Ke komplexnímu posouzení dopadů aplikovaných opatření na vodní režim půd je tedy důležité znát i dopady na režim vodních toků a naopak. Pro zřízení monitoringu v dostatečné šíři jak s ohledem na prostorové pokrytí, tak s ohledem na pokrytí monitorovaných veličin a jevů, je zapotřebí, aby tento byl realizován na pozemcích, které obhospodařuje subjekt, jenž je těmito aktivitám nakloněn a jenž současně má vůli k tomu, aby na jím obhospodařovaných pozemcích byla aplikována posuzovaná opatření.

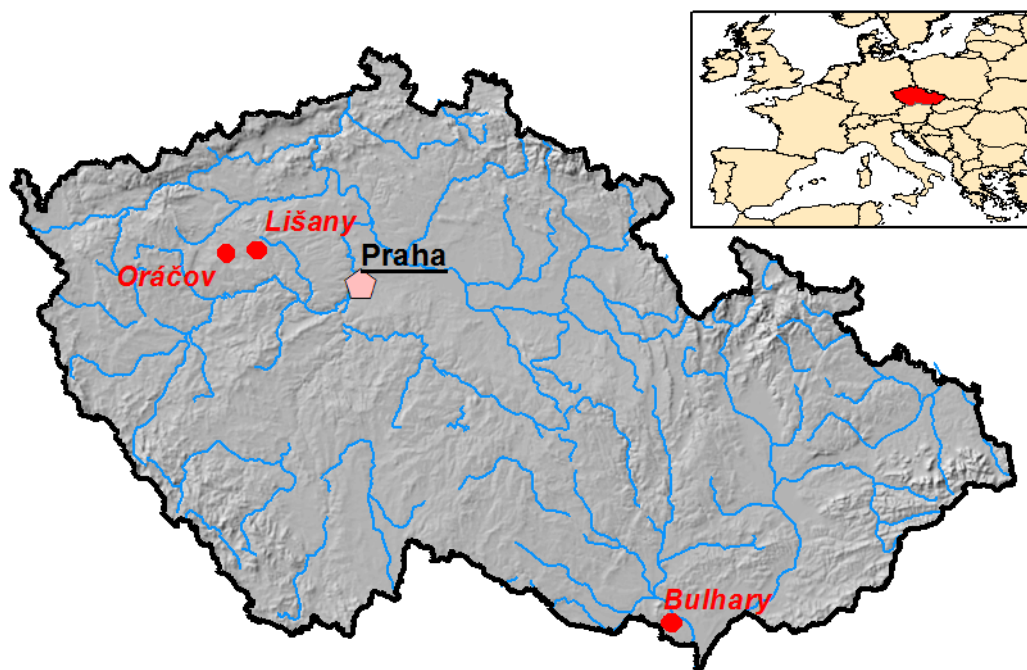
Stejně jako v případě monitoringu hydrologických jevů byly i v případě monitoringu eroze a půdních procesů vybrány plochy obhospodařované těmito subjekty:

- Lupofyt s.r.o. (se sídlem v Chrástanech, okr. Rakovník; IČ: 46348824)
- Zemědělské družstvo Bulhary (se sídlem v Bulharech, okr. Břeclav; IČ:15527531)

S ohledem na předmět monitoringu však bylo zapotřebí na rozdíl od monitoringu hydrologického provést výběr konkrétních pozemků či půdních bloků, které budou dlouhodobě sledovány. Konkrétně tedy byly pro dlouhodobé sledování zvoleny plochy v lokalitách:

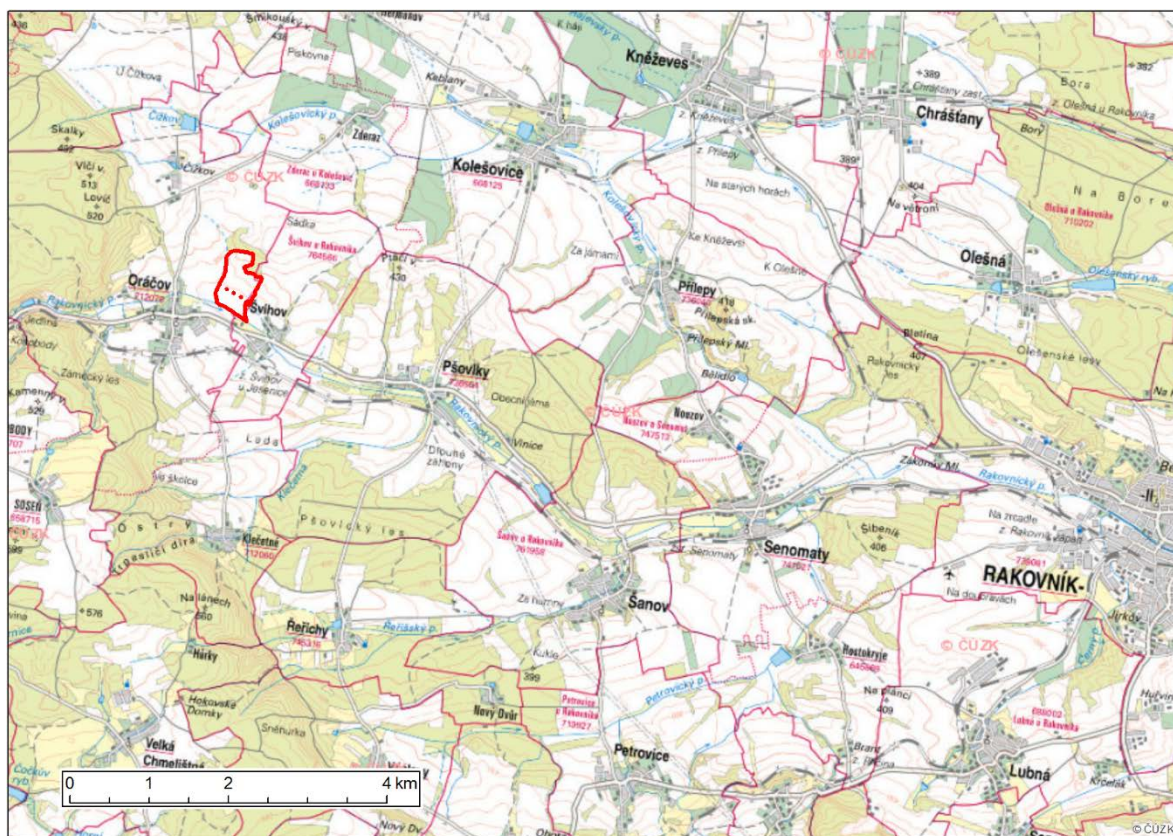
- Oráčov (Lupfyt s.r.o.)
- Lišany (Lupofyt s.r.o.)
- Bulhary (Zemědělské družstvo Bulhary)

Umístění jednotlivých lokalit v rámci území České republiky je znázorněno na přehledné mapě (Obrázek 1).

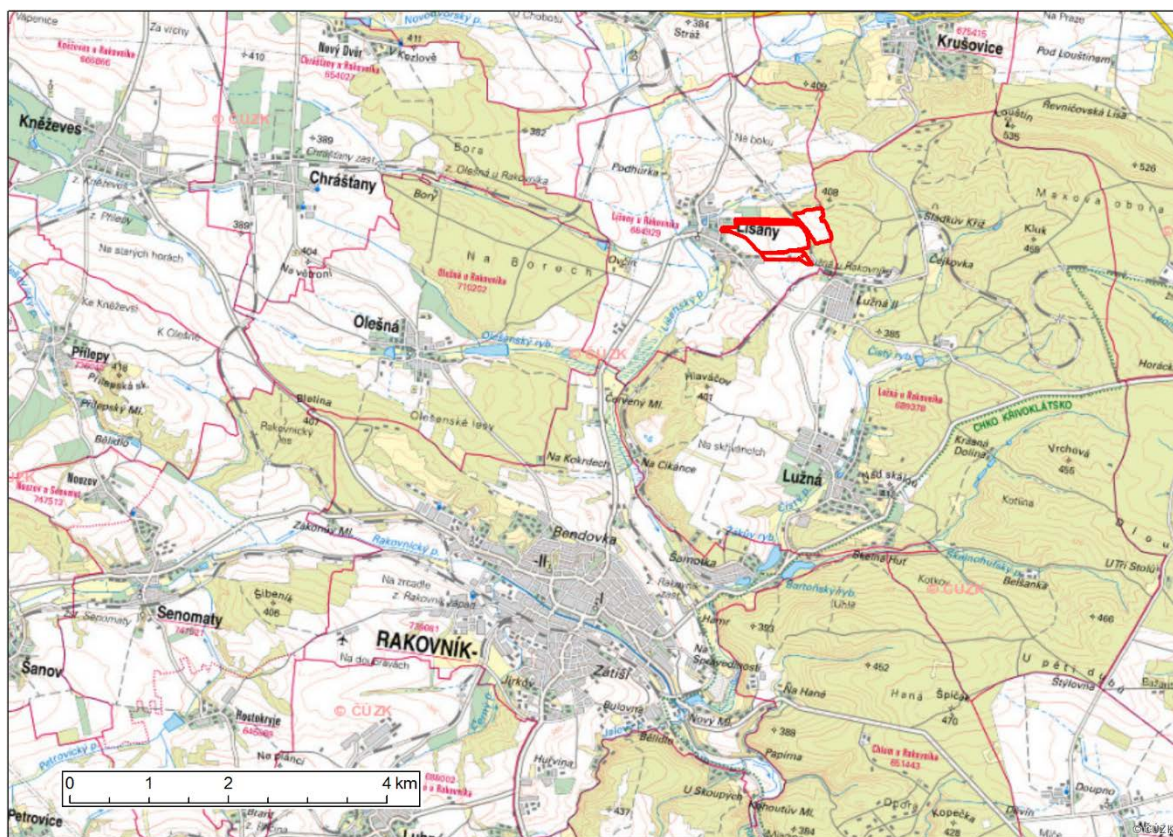


Obrázek 1 Umístění zájmových lokalit v rámci ČR.

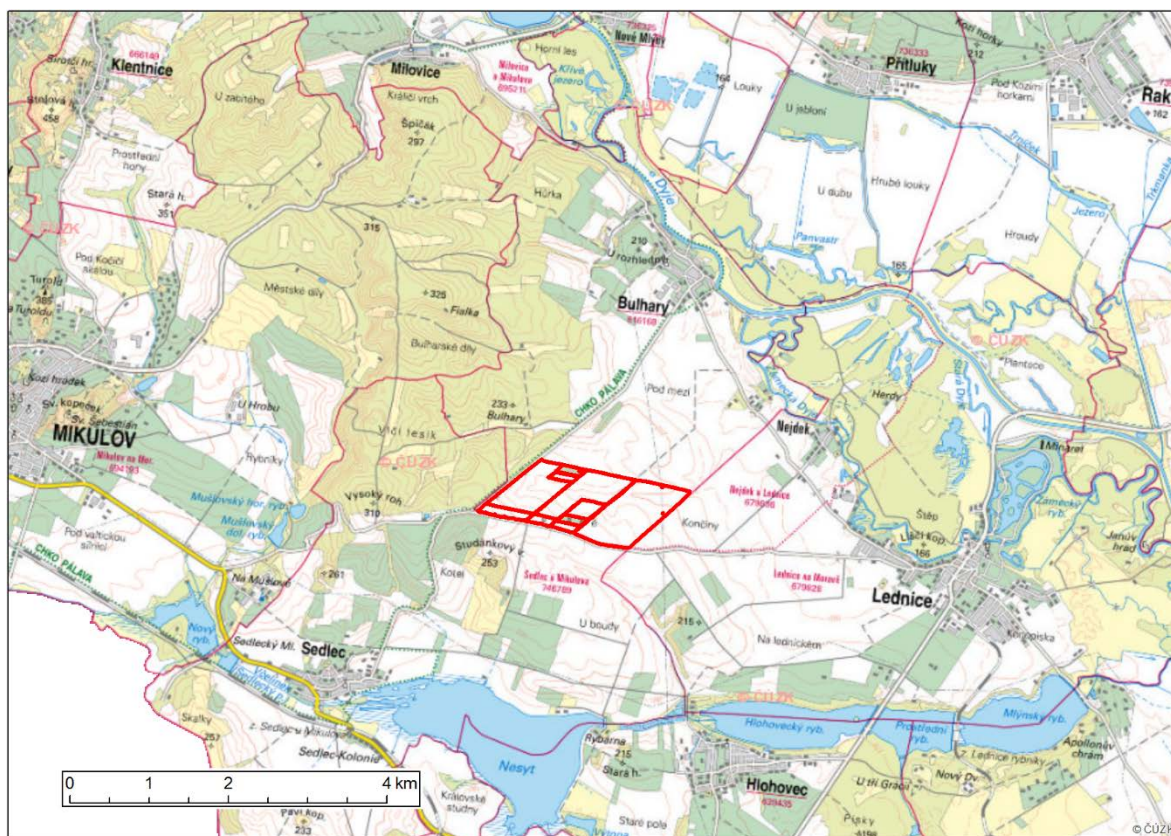
S ohledem na výše uvedené, bylo zapotřebí v rámci jednotlivých lokalit zvolit konkrétní půdní bloky, které budou podrobeny monitoringu. Volba těchto bloků byla založena jednak na výsledcích předběžného terénního průzkumu a jednak na základě zjednodušené analýzy prostorových dat v prostředí GIS s cílem výběru pozemků, kde jsou patrné projevy erozních procesů, jelikož u takovýchto pozemků lze předpokládat alespoň lokální problémy s hydrologickým režimem půdy. Vybrané půdní bloky pro jednotlivé lokality jsou znázorněny na následujících obrázcích (Obrázek 2, Obrázek 3, Obrázek 4). Pro výběr pozemků byla použita vrstva půdních bloků evidovaných v databázi LPIS. Mimo to byla k dlouhodobému pozorování vybrána i vodní nádrž v obci Lišany. Periodický monitoring bude sloužit pro hodnocení transportu sedimentu z pozemků sledovaných v této zájmové lokalitě.



Obrázek 2 Půdní blok zvolený pro podrobný monitoring v lokalitě Oráčov.



Obrázek 3 Půdní bloky zvolené pro podrobný monitoring v lokalitě Lišany.



Obrázek 4 Půdní bloky zvolené pro monitoring v lokalitě Bulhary.

Monitoring eroze a půdních procesů je dílčím úkolem v rámci komplexního řešení problematiky sucha v České republice, a to zejména s ohledem na hodnocení vlivu konkrétních opatření realizovaných na zemědělské půdě a na formulaci doporučení pro jejich aplikaci v širším měřítku. Metodika řešení byla popsána v dílčí zprávě za rok 2017. V následujících kapitolách jsou shrnuty dosud vykonané činnosti.

1.1 PŘEHLED REALIZOVANÝCH ČINNOSTÍ

Dosud byly kompletně provedeny následující činnosti:

- terénní průzkum a pozemní monitoring současného stavu a erozních projevů;
- stanovení základních hydropedologických charakteristik sledovaných lokalit;
- vytipování vhodných profilů pro dlouhodobý erozní monitoring;
- iniciální RGB RPAS monitoring;
- zajištění a primární analýza vhodných družicových dat;
- zřízení dlouhodobého monitoringu hydrologického režimu půdy;
- opakovaný RGB RPAS monitoring.

V následujících podkapitolách jsou dosud vykonané aktivity praktického charakteru popsány podrobněji.

1.1.1 Terénní průzkum a pozemní monitoring současného stavu a erozních projevů

Terénní průzkumy byly provedeny v počáteční fázi realizace plánovaných aktivit. Důležité byly zejména v případě volby zájmových území na Rakovnicku, tedy v oblasti, kde se nachází pozemky obhospodařované společností Lupofyt s.r.o. Terénním průzkumům předcházela podrobná analýza mapových podkladů, na jejímž základě byla provedena předběžná volba konkrétních lokalit pro další

výzkum. Na základě konzultace přímo ve společnosti Lupofyt s.r.o. a terénních průzkumů však byly předběžně vybrané lokality částečně upraveny. Z původně vybraných území byla ponechána lokalita Oráčov, nově k ní však byla vybrána lokalita Lišany. Na základě terénního průzkumu byly v obou lokalitách identifikovány projevy erozních procesů, které byly markantní zejména v lokalitě Oráčov.

V lokalitě Bulhary byl na základě průzkumu mapových podkladů identifikován pro potřeby řešení v podstatě jediný vyhovující ucelený soubor půdních bloků. Jeho vhodnost byla následně potvrzena na základě terénního průzkumu i během odběru vzorků.

Na všech 3 lokalitách byly identifikovány erozní projevy již během iniciálního terénního monitoringu během listopadu 2017. Na lokalitě Bulhary byly pozorovány pouze projevy dlouhodobého plošného odnosu projevující se barevnou změnou orničního horizontu. Plošný rozsah uvedených změn byl přesně identifikován bezkontaktním UAV monitoringem (viz dále). Na lokalitě Lišany byly zaměřeny i rozsahy vyšších erozních forem, konkrétně rýhová eroze, nicméně nejednalo se o následek konkrétní epizody s identifikovatelnou odezvou. Nejvýraznější projevy rýhové eroze byly při pozemním monitoringu zaznamenány na lokalitě Oráčov v profilech drah soustředěného odtoku, kde bylo možno tyto projevy očekávat (Obrázek 7). Lze předpokládat, že tyto projevy v porostu ozimé řepky byly iniciovány intenzivními srážkami v letním období ihned po zasetí. Důsledkem smyvu je i nerovnoměrný vegetační pokryv a zapojení porostu (Obrázek 5). Lze konstatovat, že ozimá řepka je pro tuto erozně náchylnou lokalitu nevhodnou plodinou. Rovněž zde byly zaznamenány projevy odnosu v predisponovaných drahách kolejových řádků, což je obvyklý urychlující činitel, pokud není zajištěn pohyb zemědělských strojů po vrstevnici.



Obrázek 5: Erozní rýha a sedimentační kužel v DSO na lokalitě Oráčov (listopad 2017).



Obrázek 6: Erozní rýha v predisponované dráze kolejového řádku na lokalitě Oráčov (listopad 2017).



Obrázek 7: Hlavní trajektorie DSO a body měření rozsahu erozních rýh na lokalitě Oráčov.

Pozemní monitoring byl dále konfrontován s daty UAV pořízenými během periodických náletů, opět se zde projevil význam bezkontaktního snímkování, včetně šikmých snímků povrchu, kdy lze jevy pozemního monitoringu zasadit do kontextu celého pozemku a upřesnit jejich plošný rozsah. Na všech lokalitách byly projevy pozemního a bezkontaktního monitoringu ve vzájemné shodě.

Během jarního pozemního monitoringu 2018 (březen, duben) již nebyly zaznamenány nové projevy povrchového odtoku a erozních odnosů, odlišné od lokalit zaznamenaných na podzim 2017. K významným srážkoodtokovým epizodám v tomto jarním období nedošlo. Lokalita Bulhary je navíc nově zpracována a oseta. Součástí pozemního monitoringu byly i odběry vzorků pro pedologický průzkum popsany dále.

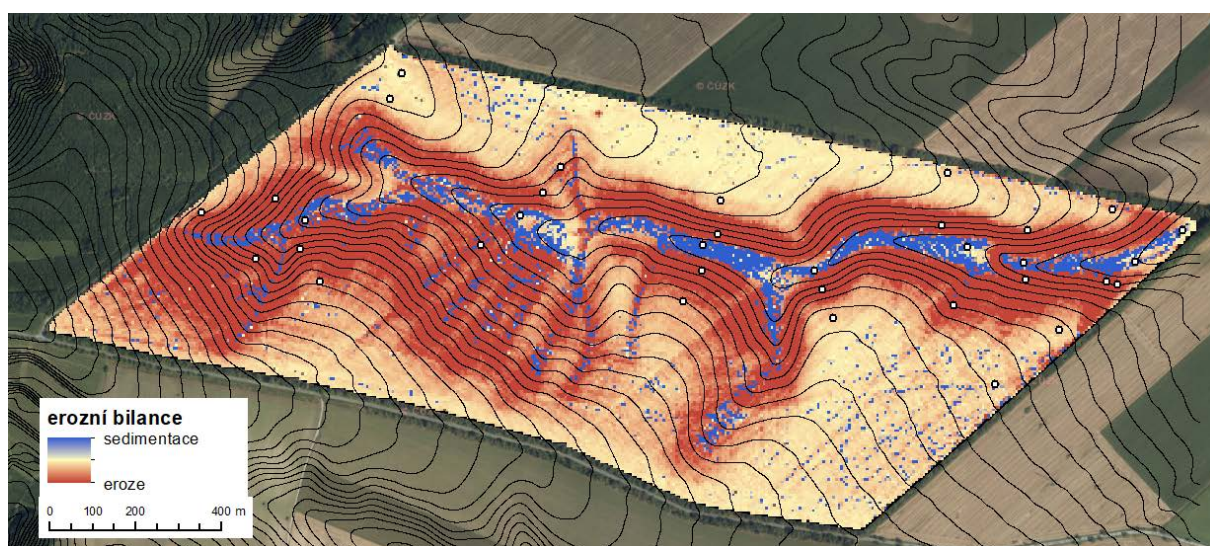
1.1.2 Stanovení základních hydropedologických charakteristik sledovaných lokalit

Sledování změn půdních charakteristik je zásadní pro potřeby posouzení jednak vývoje půdy s ohledem na změnu klimatických podmínek a jednak ve vztahu k hodnocení efektivity opatření aplikovaných na sledovaných pozemcích. Zásadním je v tomto vztahu pedologický popis půd včetně jejich zařazení k půdním typům. Průzkum orientovaný na popis půdních typů v daných lokalitách odpovídá postupu používanému při bonitaci půd a zahrnuje tedy určení jednotlivých diagnostických půdních horizontů a jejich popis a následně zatřídění každého profilu k půdnímu typu a subtypu. Určení půdních typů je poměrně náročné, a proto je vhodné volit body, v nichž jsou prováděny sondy, velmi pečlivě. V tomto případě byl zvolen postup výběru bodů pro sondáž tak, aby byly pokryty jak lokality, kde dochází k odnosu půdních částic, tak lokality, kde dochází k jejich ukládání. Současně byla definována potřeba provedení sond i přímo ve výrazných údolnicích, kde dochází k soustředění povrchového odtoku.

Další důležitou charakteristikou, která byla vybrána ke dlouhodobému sledování, je zrnitostní složení půd. To se určuje pomocí zrnitostního rozboru prováděného v laboratorních podmínkách na porušených vzorcích odebraných v jednotlivých bodech. V případě zrnitostního složení je vhodné sledovat jak zrnitost povrchové vrstvy půdy, tak nižších půdních horizontů. V rámci tohoto výzkumu byla zvolena kombinace vzorkování z povrchu ve všech bodech se vzorkováním v hloubce cca 40 cm pod povrchem ve vybraných bodech. Umístění vzorků je žádoucí koordinovat s místy provádění sond pro stanovení půdních typů, avšak v tomto případě bylo rozhodnuto o zhuštění sítě vzorků tak, aby lépe pokrývaly celá zájmová území.

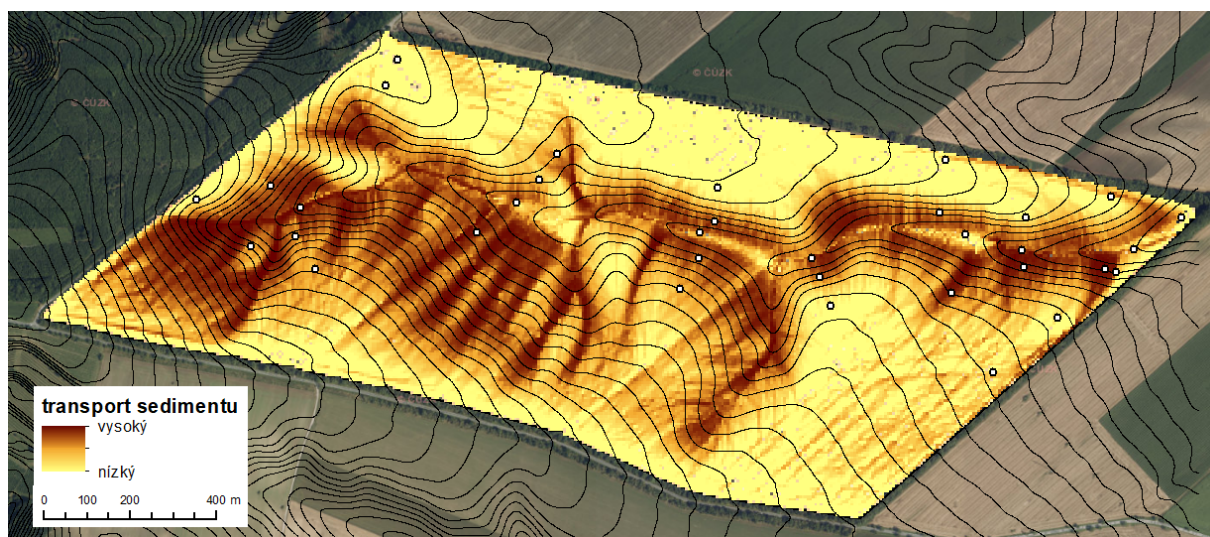
Třetím typem rozborů, které byly vybrány jako potřebné pro komplexní popis stavu půdy v zájmových lokalitách, je stanovení vybraných chemických ukazatelů. Zvoleny byly následující ukazatele:

- celkový fosfor (P_{celk})
- biologicky dostupný fosfor dle Mehlich III (PM3)
- celkový organický uhlík (TOC)



Obrázek 8: Bilance eroze/depozice podle modelu WaTEM/SEDEM a výběr bodů pro pedologický průzkum (Bulhary).

Pro vhodný výběr bodů k monitoringu byly nejprve provedeny základní GIS analýzy morfologických a půdních poměrů, tedy sklonitostní rozbor, analýza drah soustředěného odtoku, rozbor BPEJ. Dále byly všechny tři lokality vyhodnoceny erozním modelem WaTEM/SEDEM, při nastavení dlouhodobých průměrů hodnot současného klimatu a běžných osevních postupů používaných zemědělskými subjekty v daných lokalitách. Cílem modelování bylo popsat prostorové rozložení dlouhodobé eroze a depozice v ploše pozemků, aby bylo možno odebrat vzorky v reprezentativních profilech a následně výsledky interpolovat optimálně do plochy pozemku (Obrázek 8). Rovněž tak byly vytipovány převládající trajektorie a potenciální intenzita transportu sedimentu na pozemcích (Obrázek 9).



Obrázek 9: Trajektorie potenciálního transportu sedimentu po pozemku a body odběru vzorků (Bulhary).

Body pro odběry byly předběžně vybrány s využitím mapových podkladů a v průběhu terénních prací byly upřesněny s ohledem na místní podmínky tak, aby co nejlépe pokryly variabilitu jednotlivých území.

Součástí průzkumu byly následující činnosti:

- Rekognoskace území a výběr umístění půdních sond za účelem posouzení intenzity
- erozních procesů na lokalitě,
- pro získání dostatečného množství informací bylo navrženo provedení ručních pedologických vrtů pro ověření mocnosti akumulace transportovaných půdních horizontů, a odpovídající počet sond půdní jehlou pro zjištění mocností humózních horizontů postižených i nepostižených erozními procesy,
- klasifikace a zatřídění půd dle platných norem (Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, Němeček a kol., 2008; Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek, Novotný, Vopravil a kol., 2013),
- stanovení mocnosti orniční vrstvy a humózních horizontů, posouzení hydromorfismu půd, ověření přítomnosti karbonátů v půdním profilu, určení půdotvorného substrátu,
- posouzení pedologických poměrů.

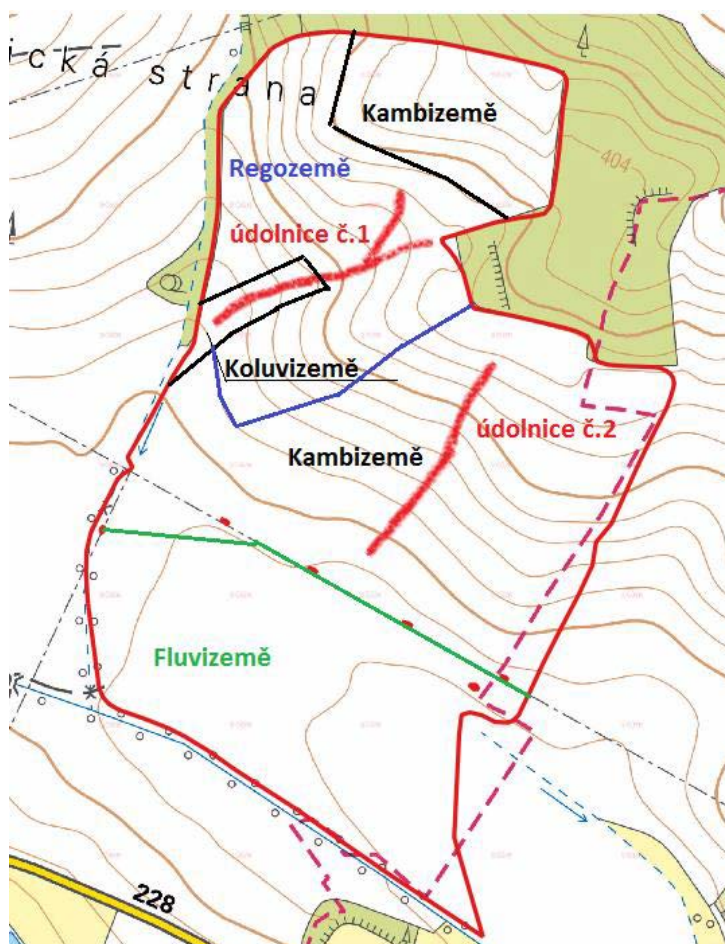
Základní výsledky průzkumu na lokalitě Oráčov:

Půdní profil zájmového území byl ověřen 12 vpichovými sondami do hloubky 1 m. V zájmovém území byly ověřeny půdní typy čtyř druhů geneze (Obrázek 10). V horní části bloku a na hřbetnicích v okolí údolnice č. 1 byl ověřen výskyt regozemí vzniklých na neogenních terasových štěrkopiscích. Na rovině a přilehlých mírných svazích v okolí remízu byl ověřen výskyt kambizemí s dobře vyvinutou humózní

ornicí v mocnosti cca 30 – 35 cm, písčitohlinité až jílovitopísčité zrnitosti. Kambizemě vznikly na substrátu zvětralin permokarbonu Českého masivu.

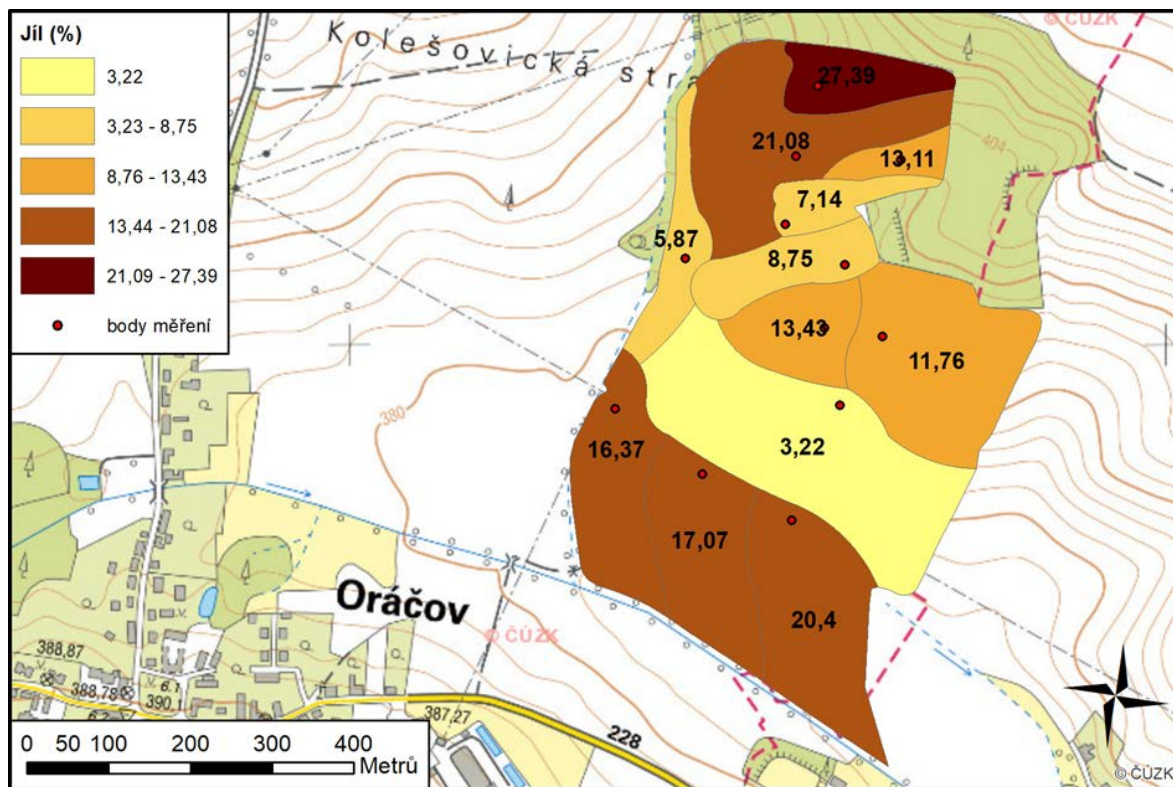
Ve spodní části údolnice č. 1 byl ověřen vznik koluvizemí tvořených transportovaným materiálem z okolních svahů. Původní kambizemní horizonty jsou přepraveny erodovanými humózními horizonty a ty jsou uloženy pod vrstvou půdotvorného substrátu regozemí, převážně písčitého charakteru. Ve východní a střední části půdního bloku byl ověřen výskyt kambizemí na substrátu zvětralin permokarbonu Českého masivu, místy se znaky hydromorfismu.

Po délce údolnice č. 2 byl na povrchu pozorován málo mocný pokryv písčitého sedimentu. Transportovaná písková zrna se vyskytují pouze v erozní rýze v údolnici č. 2. a výskyt souvislejší vrstvy nebyl průzkumnými pracemi ověřen. V jižní části půdního bloku, v rovinaté nivě kolem Rakovnického potoka byl ověřen vznik fluvizemí se silnými znaky hydromorfismu. V tomto případě se jedná o převážně o působení podzemní vody, kdy hladina podzemní vody po většinu roku dosahuje úrovně cca 1,5 – 1 m p.t. a spodina půdního profilu se nachází ve vodou nasycené zóně. Půdotvorný substrát v této části pozemku je tvořen nivními sedimenty fluviálního původu a jemným půdním sedimentem transportovaným z přilehlých svahů.

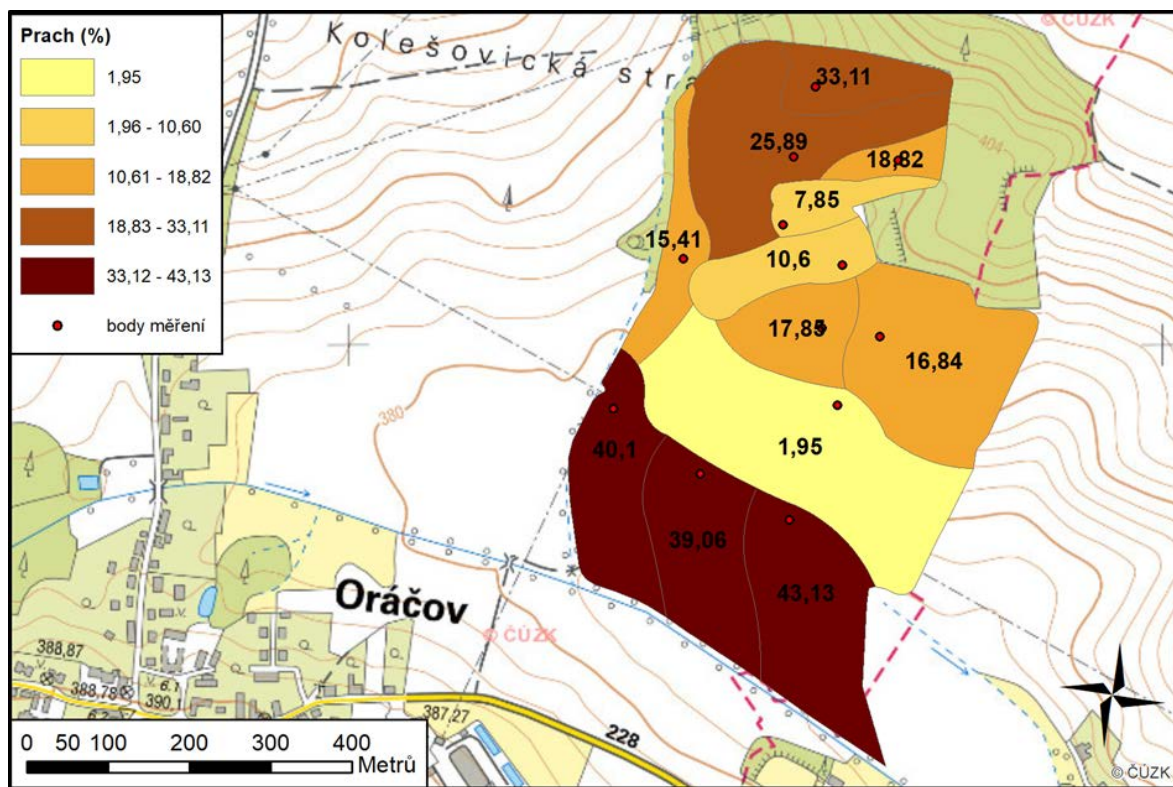


Obrázek 10: Základní geneze půdních typů a detekované DSO na lokalitě Oráčov.

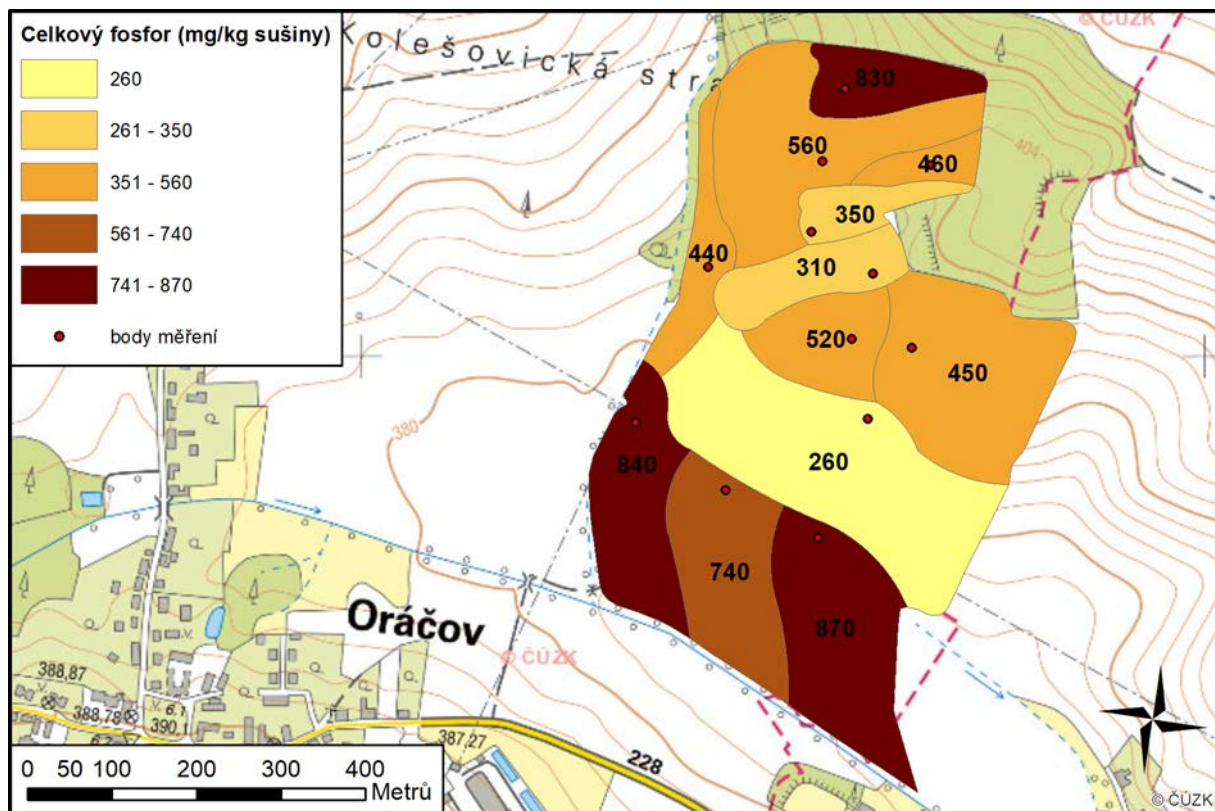
Stanovené charakteristiky základních parametrů textury, mocnosti orničního horizontu, obsahu fosforu a celkového organického uhlíku byly následně s ohledem na morfologii pozemků a predispozici erozně signifikantních ploch zpracovány do kartodiagramů pro další monitoring změn podmíněných erozí a režimem vlhkosti půd.



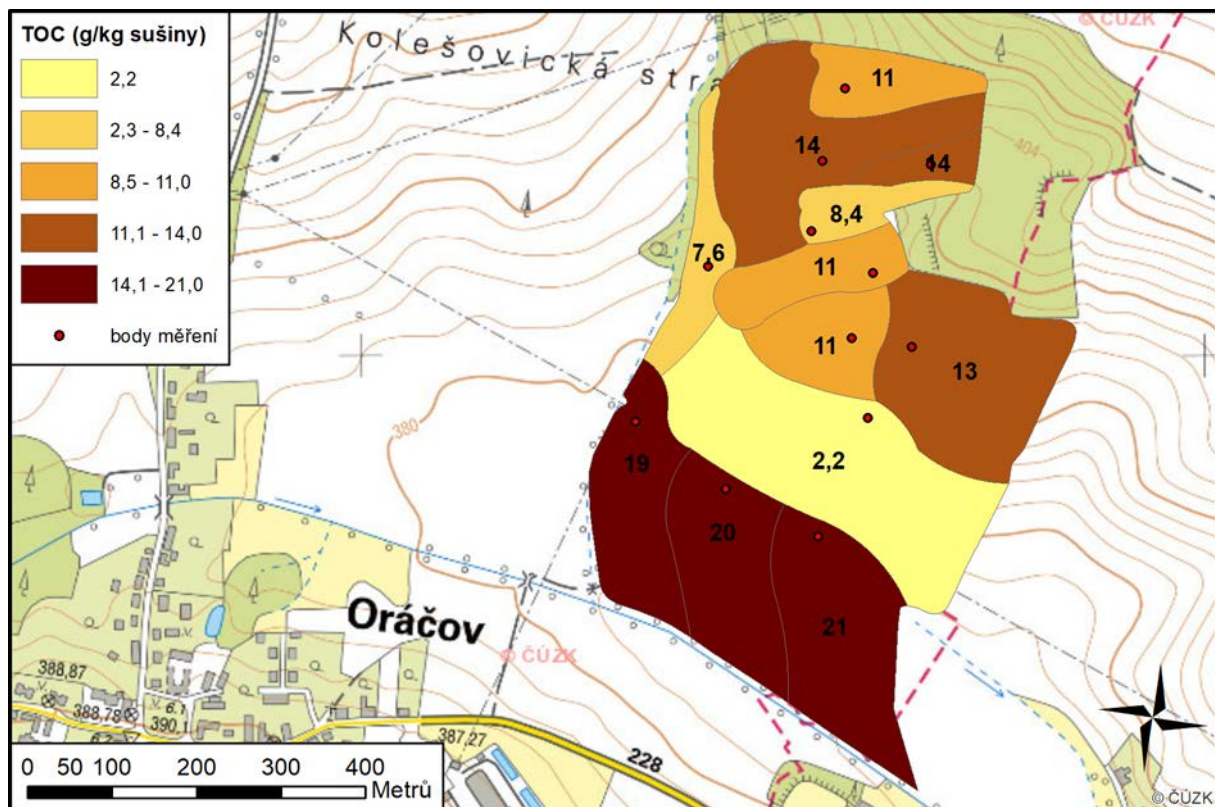
Obrázek 11 Větší množství jílovitých částic je v rovinatých částech pozemku pod svahem a v horní části u lesa. Méně jílu je ve sklonitých částech pozemku.



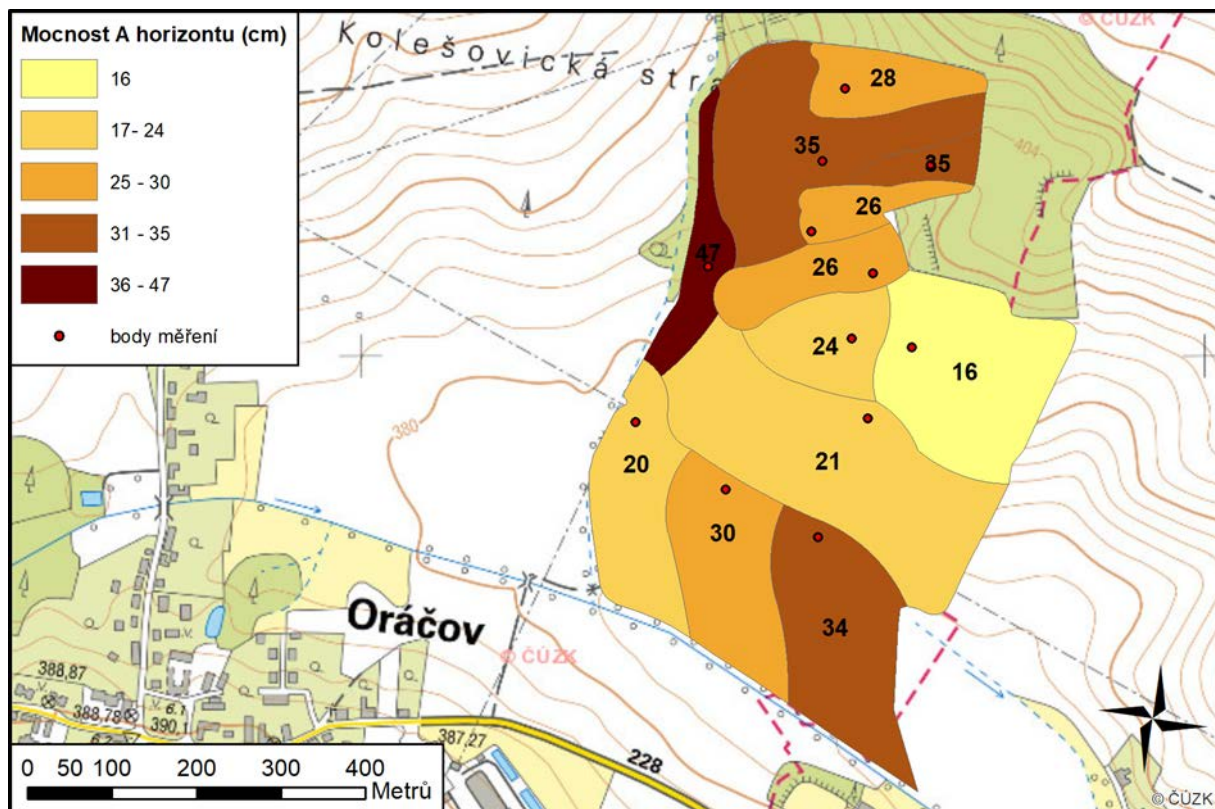
Obrázek 12 Prachovité částice se vyskytují převážně v rovinatých částech pozemku pod svahem a v horní svažité části u lesa.



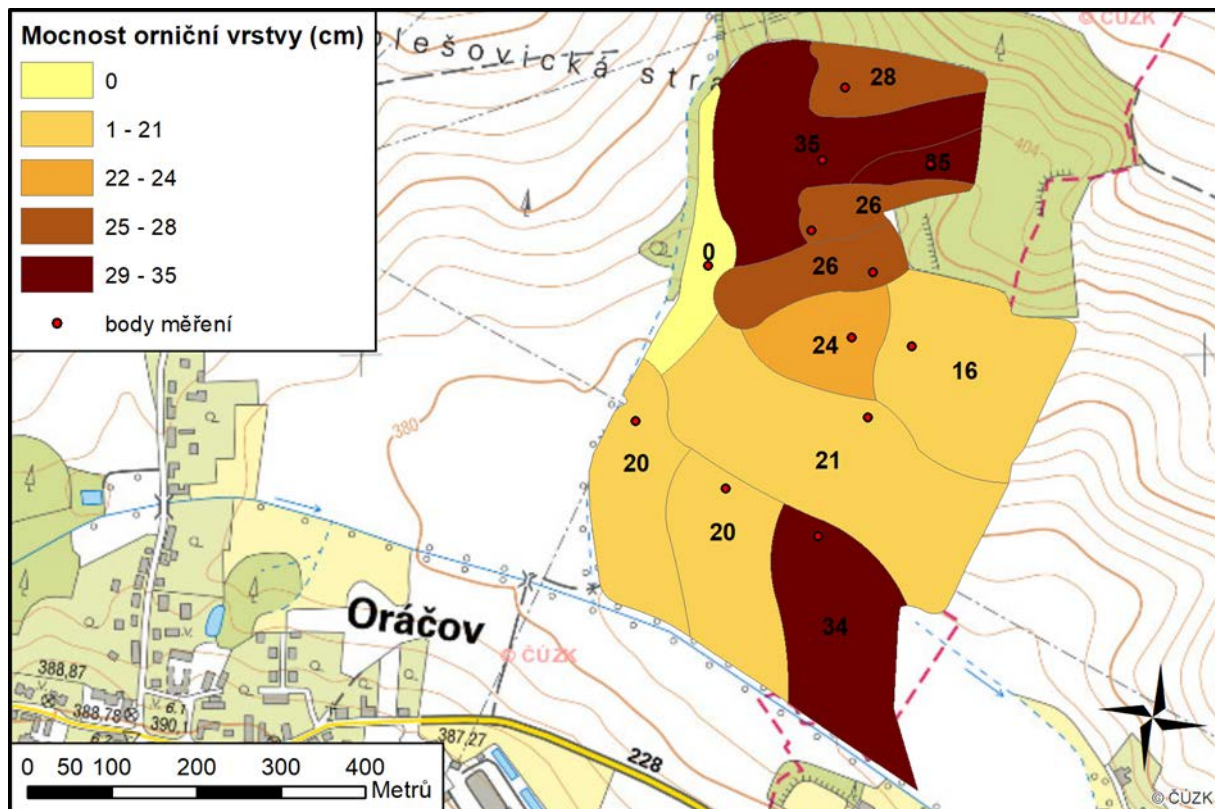
Obrázek 13 Nejvíce fosforu se nachází v rovinaté oblasti pod svahem a v horní části pozemku, méně ve svažitých částech pozemku.



Obrázek 14 Nejvíce TOC se nachází v rovinaté oblasti pod svahem, méně ve svažitých částech pozemku.



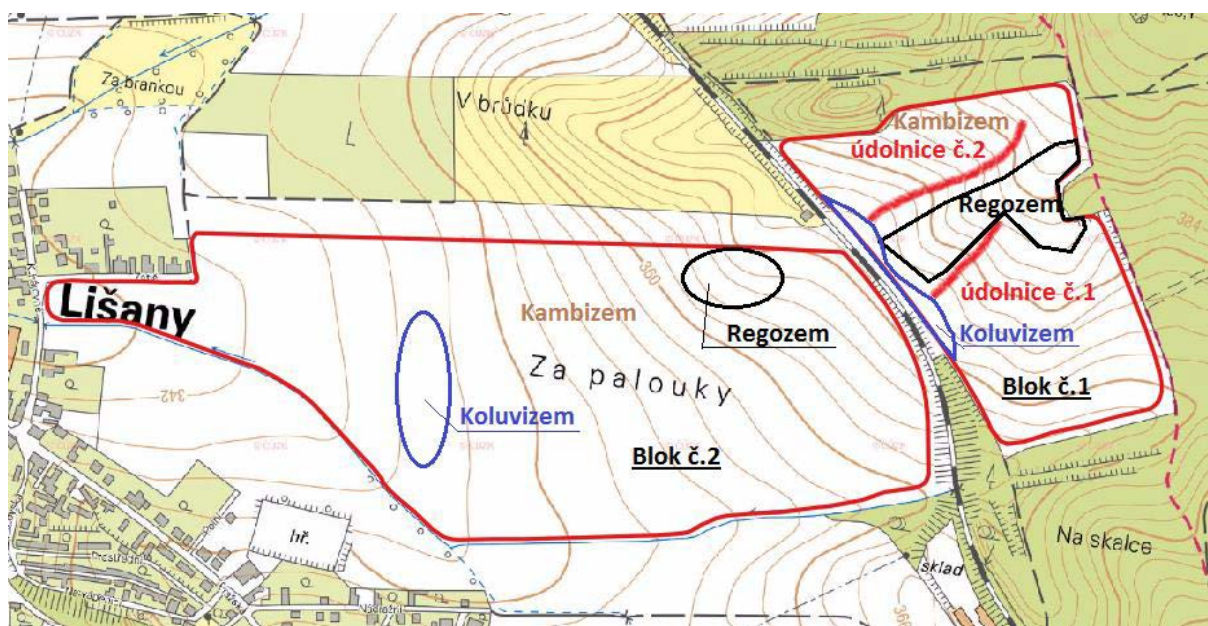
Obrázek 15 Mocnosti A horizontu jsou po celém pozemku nepravidelné.



Obrázek 16 Největší vrstvy ornice jsou ve sklonitých oblastech v severní části pozemku u lesa. Pod svahem bylo více ornice zjištěno jen u jedné sondy.

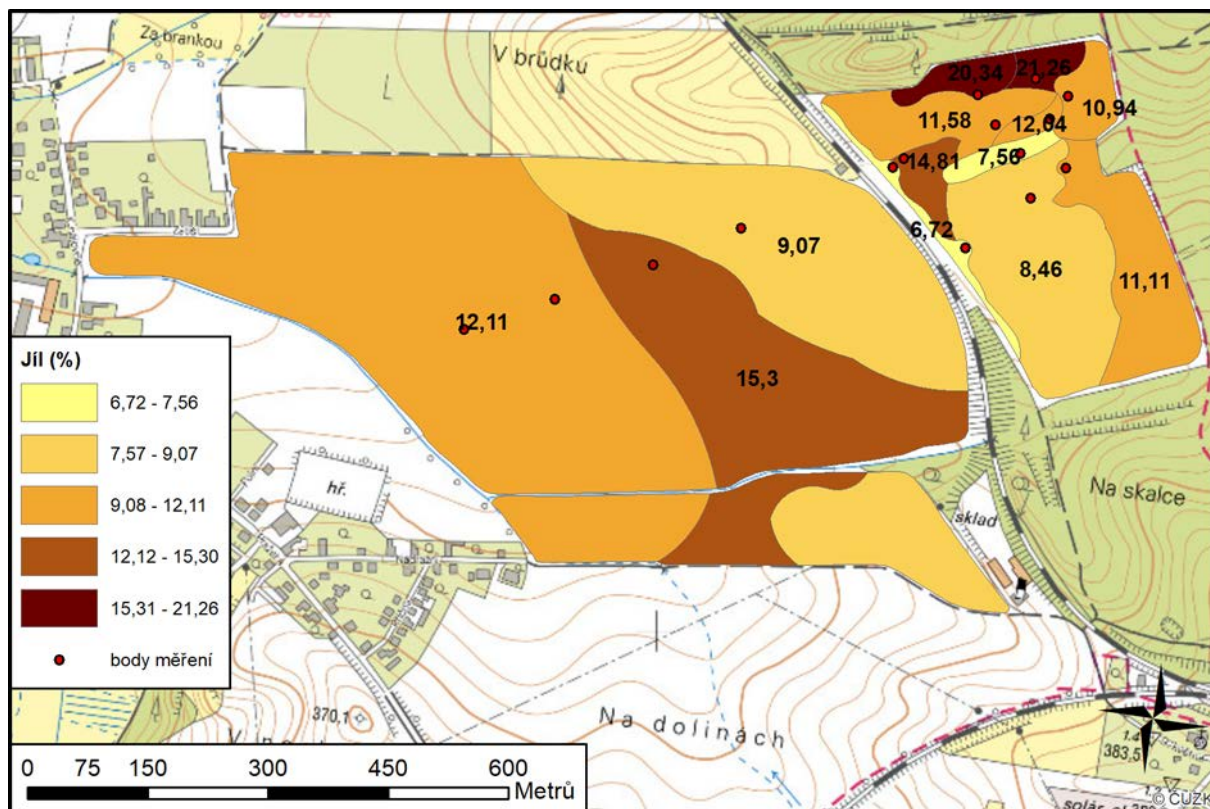
Základní výsledky průzkumu na lokalitě Lišany:

Půdní profil zájmového území byl ověřen 15 vpichovými sondami do hloubky cca 0,9 m. Půdní bloky, na kterých byl proveden pedologický průzkum, mají výměru cca 11,5 a 28,3 hektarů zemědělské půdy a jsou využívány jako orná půda. Svahy jsou orientovány od východu k západu k náspu železniční trati, respektive do údolí bezejmenné vodoteče. Ve střední a severní části bloku č. 1 se nachází dvě údolnice, které jsou odděleny hřbetnicí. V zájmovém území byly ověřeny půdní typy třech druhů geneze. Na hřbetnicích (černě ohraničené polygony na obrázku) byl ověřen výskyt regozemí vzniklých na neogenních terasových štěrkopískách. V úzkém pásu roviny v západní části bloku č. 1 byl ověřen vznik koluvizemí tvořených transportovaným materiálem z okolních svahů. Původní kambizemní horizonty jsou přepraveny erodovanými humózními horizonty a ty jsou uloženy pod vrstvou půdotvorného substrátu regozemí, převážně písčitého charakteru. Na bloku č. 2 byly koluvizemě ověřeny v rovinaté partii pozemku, kde dochází k ukládání smytých humózních horizontů z výše položeného svahu. S výjimkou 2 lokalit, kde byl ověřen výskyt koluvizemí, byl na zbytku zájmového území ověřen výskyt kambizemí s dobře vyvinutou humózní ornicí v mocnosti cca 22 – 38 cm, převážně písčitohlinité až hlinité zrnitosti. Kambizemě vznikly na substrátu zvětralin permokarbonu Českého masivu.

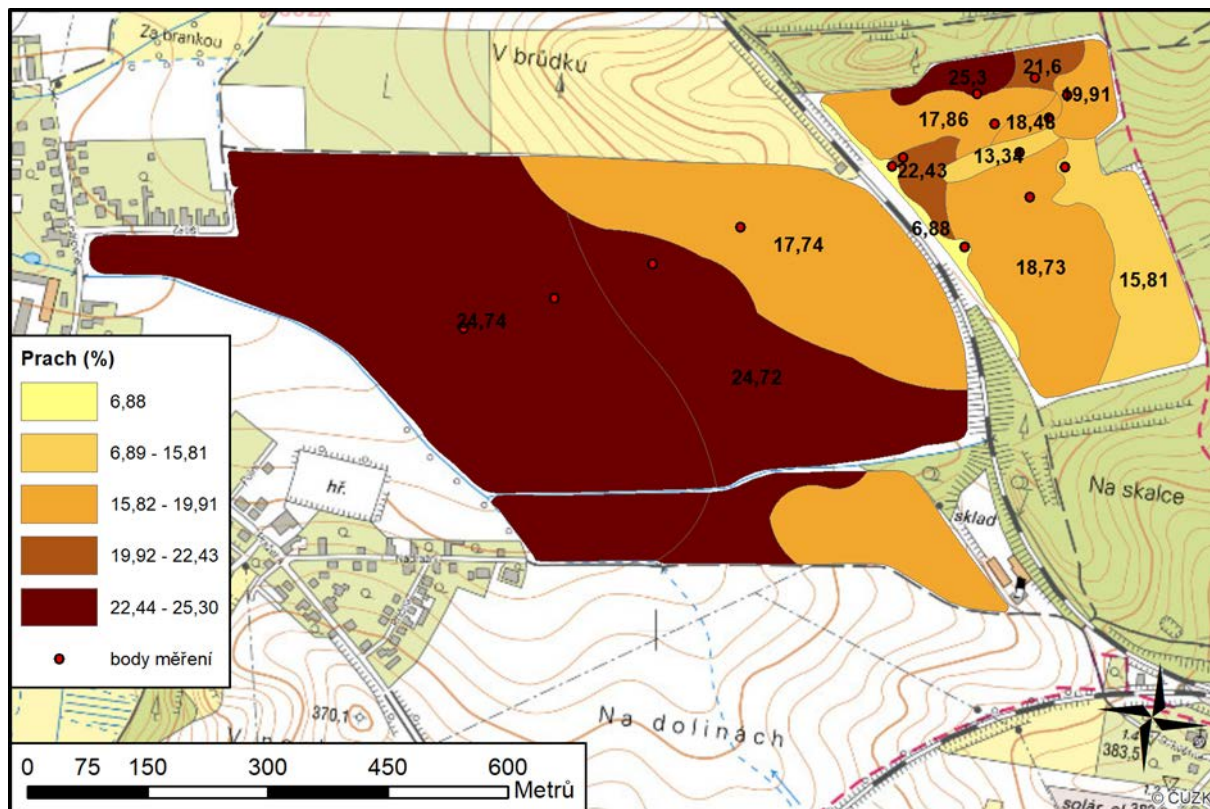


Obrázek 17: Základní geneze půdních typů a detekované DSO na lokalitě Lišany.

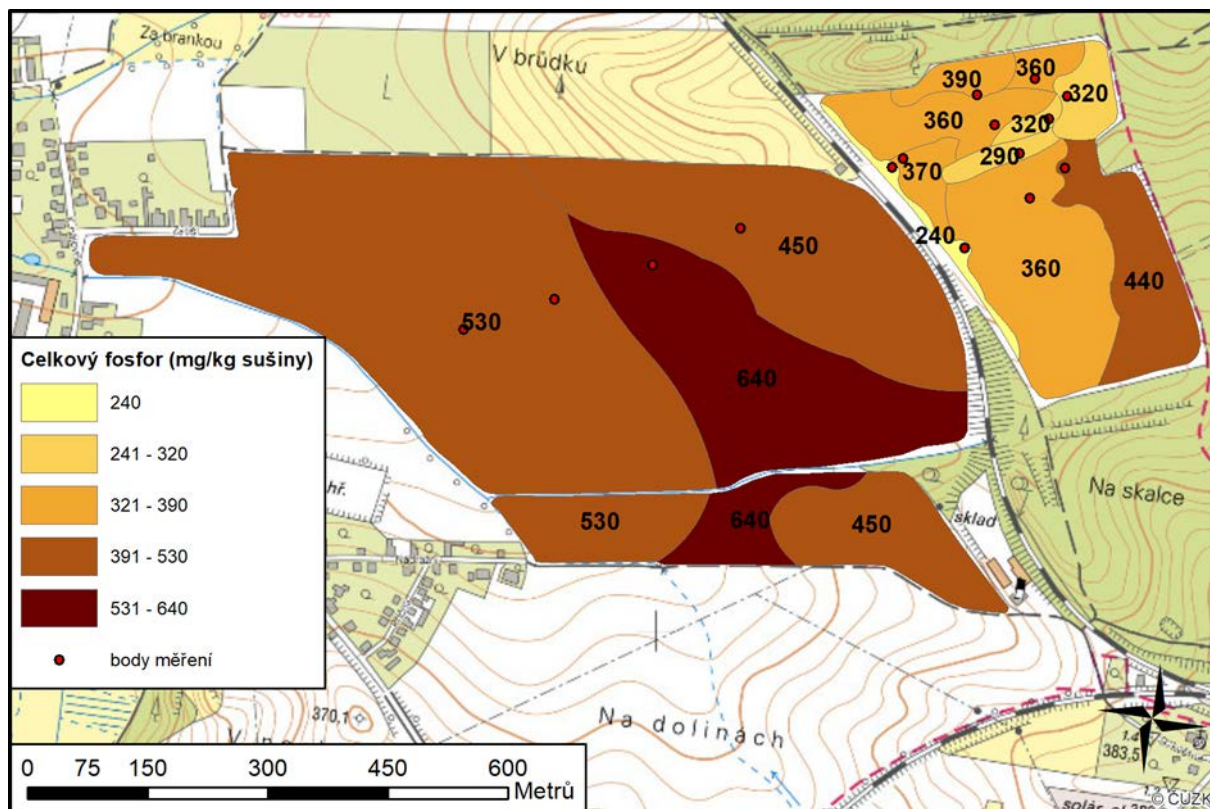
Stanovené charakteristiky základních parametrů textury, mocnosti orničního horizontu, obsahu fosforu a celkového organického uhlíku byly následně s ohledem na morfologii pozemků a predispozici erozně signifikantních ploch zpracovány do kartodiagramů pro další monitoring změn podmíněných erozí a režimem vlhkosti půd.



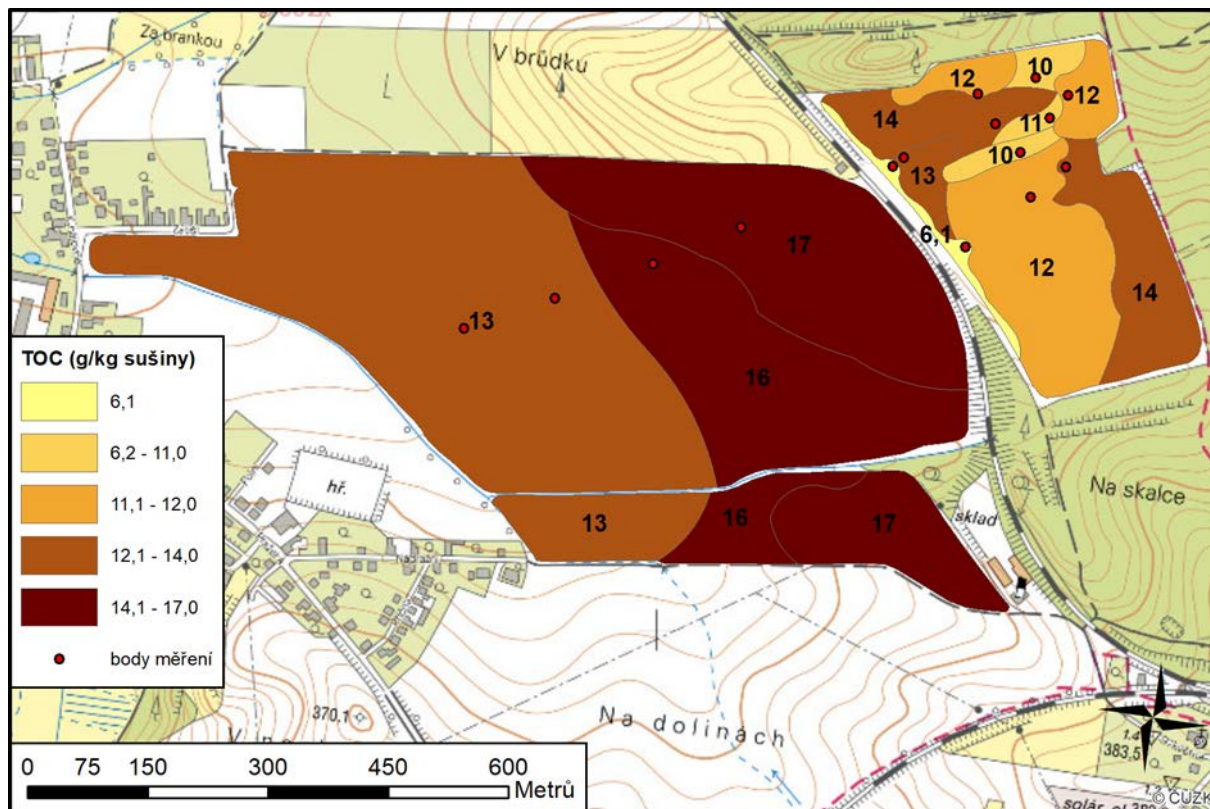
Obrázek 18 Větší množství jílovitých částic je v málo sklonité oblasti u lesa. Pod svahem před kolejí je jílu minimum.



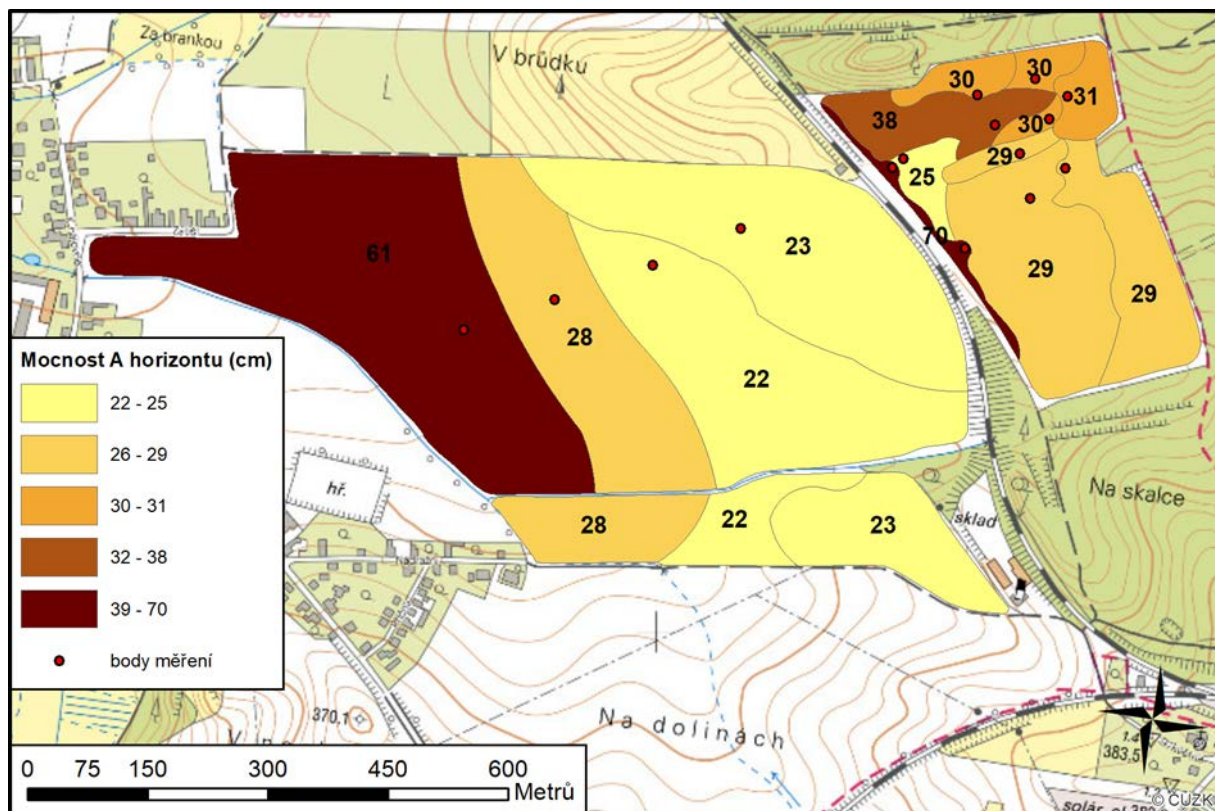
Obrázek 19 Prachovité částice se vyskytují převážně v rovinatých částech pozemku. Pod svahem je prachovitých částic minimum.



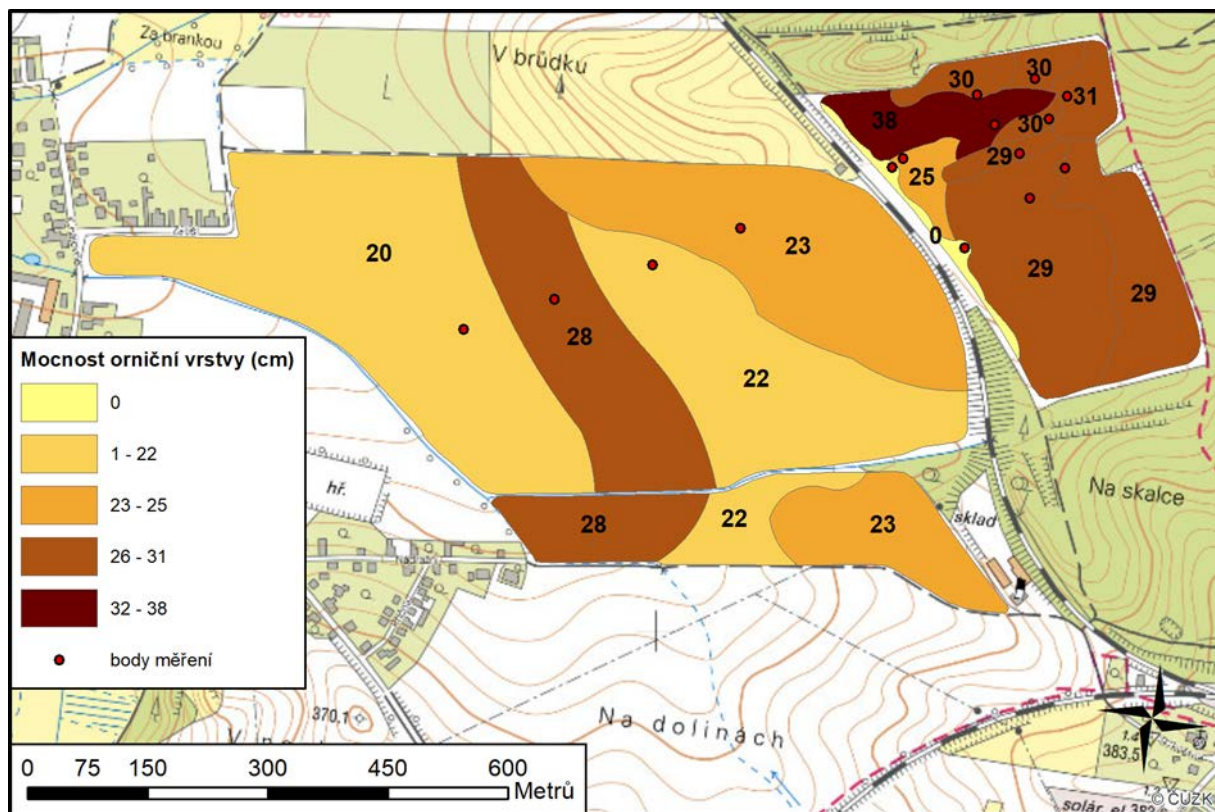
Obrázek 20 Vyšší koncentrace fosforu jsou v části pozemku pod tratí. V oblasti pod svahem je fosforu minimum.



Obrázek 21 Hodnoty celkového organického uhlíku (TOC) jsou v ploše pozemku nepravidelné. Nejméně TOC je pod svahem nad kolejí.



Obrázek 22 Nejvyšší mocnost svrchního horizontu je v nejnižších částech pozemku a těsně nad tratí. Nejméně A horizontu je ve sklonitých oblastech pod tratí.



Obrázek 23 Největší vrstvy ornice jsou ve sklonitých oblastech v části pozemku u lesa. Pod svahem nad kolejí ornice chybí.

Základní výsledky průzkumu na lokalitě Bulhary:

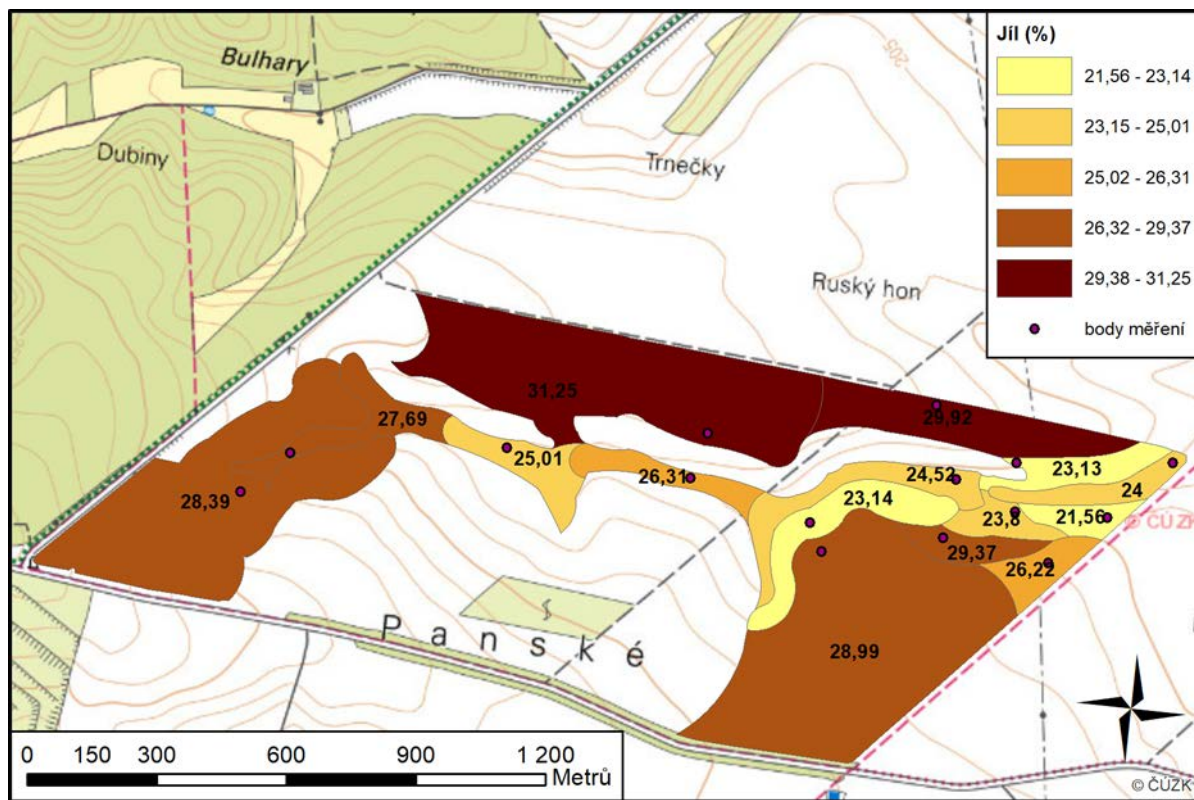
Půdní profil zájmového území byl ověřen 7 vrty hloubky 4 m a 24 vpichovými sondami do hloubky 1 m. Půdní bloky, na kterých byl proveden pedologický průzkum, mají jako celek tvar lichoběžníku o výměře cca 170 hektarů zemědělské půdy. Převážná většina půdy je využívána jako orná půda, na části území se vyskytují vinice. Z hlediska svažitosti má celistvý půdní blok tvar lavouru, kde se v okrajových partiích nachází roviny či velmi mírně ukloněné svahy. Diagonálně od JZ pod SV prochází blokem hluboká údolnice, do které směřuje mnoho zdrojnic povrchového odtoku.

V místech přirozeného vývoje (na rovinách při okraji bloku), kde nejsou půdy ohroženy zrychlenou vodní erozí, se mocnost humusového horizontu pohybuje v rozmezí 30 – 70 cm a jejich půdní profil odpovídá přirozenému vývoji. V západní 2/3 části bloku dochází ke zrychlenému odnosu půdních částí vlivem vodní eroze, avšak intenzita tohoto procesu není velká (s výjimkou několika míst na největších svazích). Podélný sklon v údolnici je malý, a proto zde dochází k přirozené akumulaci půdních částic humózních horizontů a infiltraci srážek, což způsobuje vznik luvického horizontu a hlubkové vyluhování půdotvorného substrátu, kdy se karbonáty posouvají více do hloubky, a nad sprašemi vzniká vrstva sprašových hlín. Pouze při extrémních přívalových srážkách dochází k odnosu půdních částic blíže k uzávěrovému profilu bloku. Mocnost humusového horizontu na svažitých partiích této části bloku se pohybuje v rozmezí 10 – 30 cm a půdní profil je postupně ochuzován o humusový horizont.

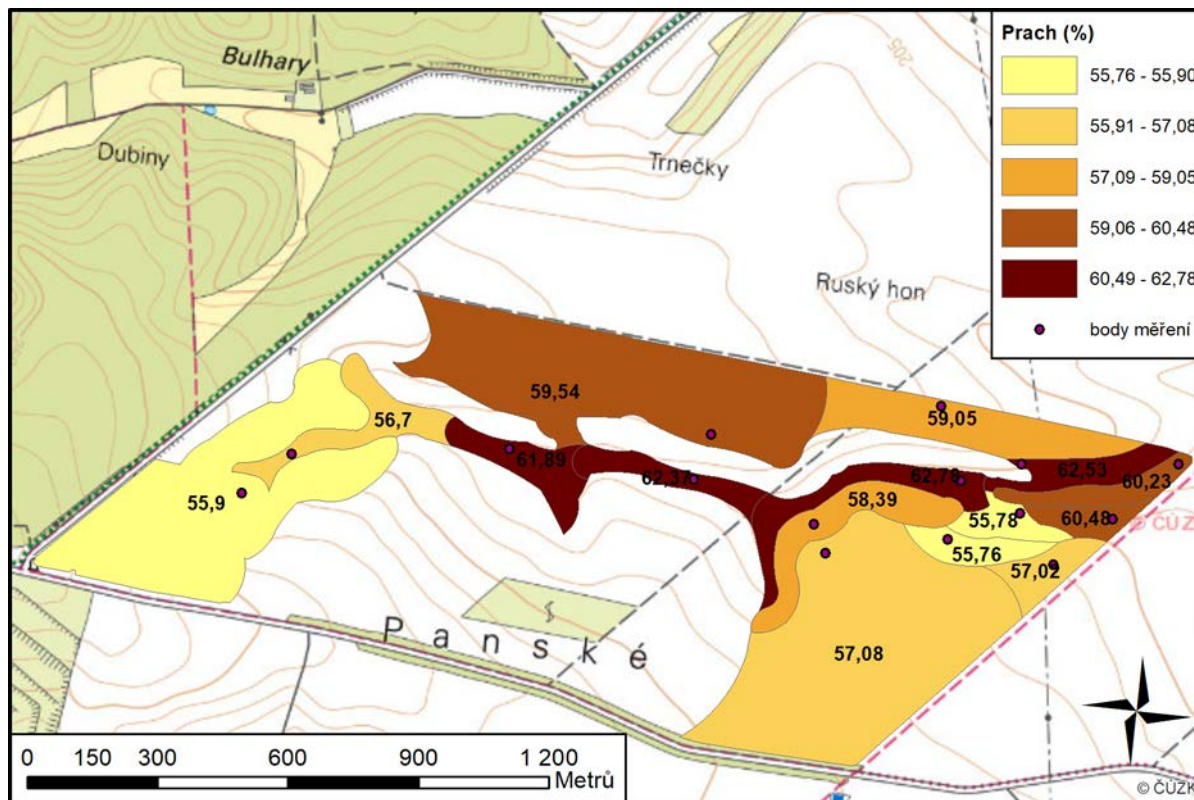
Ve východní 1/3 části bloku dochází na svažitých partiích k velmi intenzivním erozním procesům, což způsobuje velkou až úplnou ztrátu humózních horizontů z půdního profilu. S narůstajícím podélným sklonem údolnice dochází při erozních jevech k transportu půdních částic až do uzávěrového profilu (UP) celého bloku, kde jsou ukládány v mnohametrových nánosech a dochází ke vzniku koluvizemí. Mocnost humusového horizontu na svažitých partiích této části bloku se pohybuje v rozmezí 0 – 15 cm a půdní profil je částečně nebo úplně ochuzen o humusový horizont a dále dochází k obnažení a odnosu půdotvorného substrátu – spraší.

Rovněž na lokalitě Bulhary byly stanovené charakteristiky základních parametrů textury, mocnosti orničního horizontu, obsahu fosforu a celkového organického uhlíku následně s ohledem na morfologii pozemků a predispozici erozně signifikantních ploch zpracovány do kartodiagramů pro další monitoring změn podmíněných erozí a režimem vlhkosti půd.

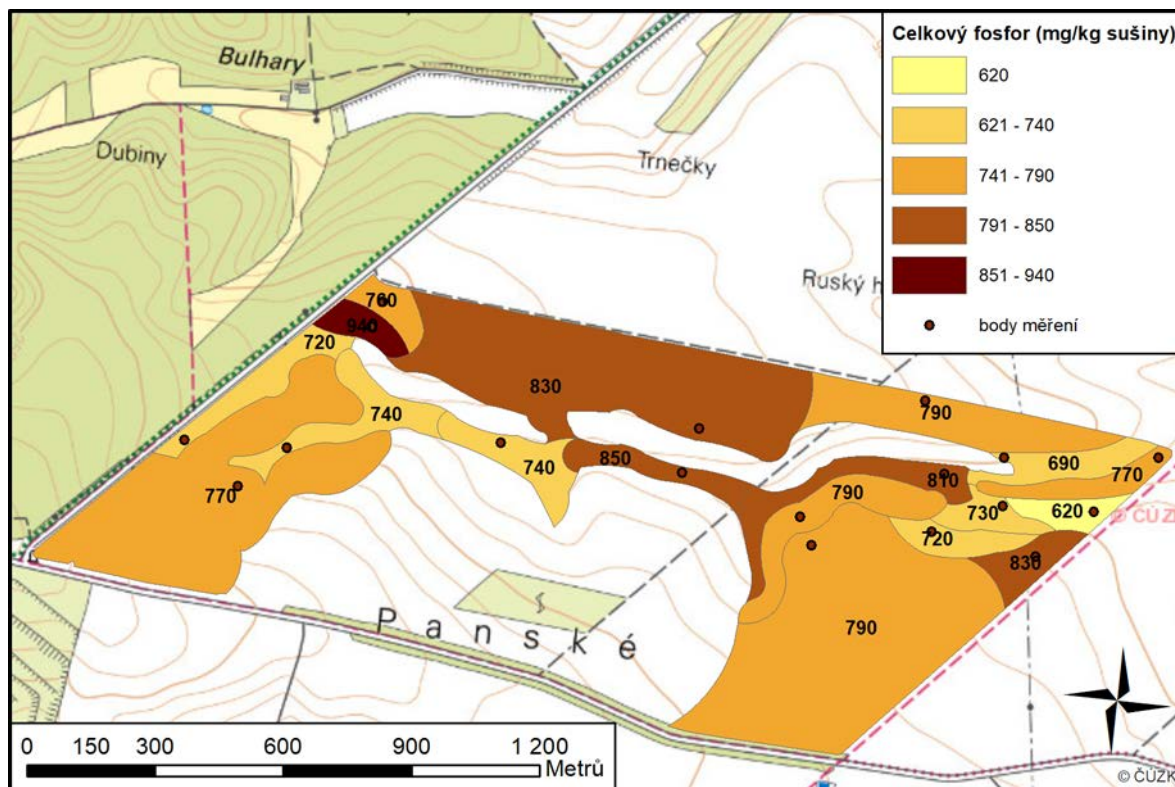
Kompletní výsledky hydropedologického průzkumu na všech lokalitách jsou podrobně popsány v detailních průzkumných zprávách. GIS analýzy a prezentované kartodiagramy jsou podkladem pro další monitoring všech předmětných lokalit a pro vzájemné vyhodnocení provázanosti procesů povrchového i podpovrchového odtoku a důsledků sucha.



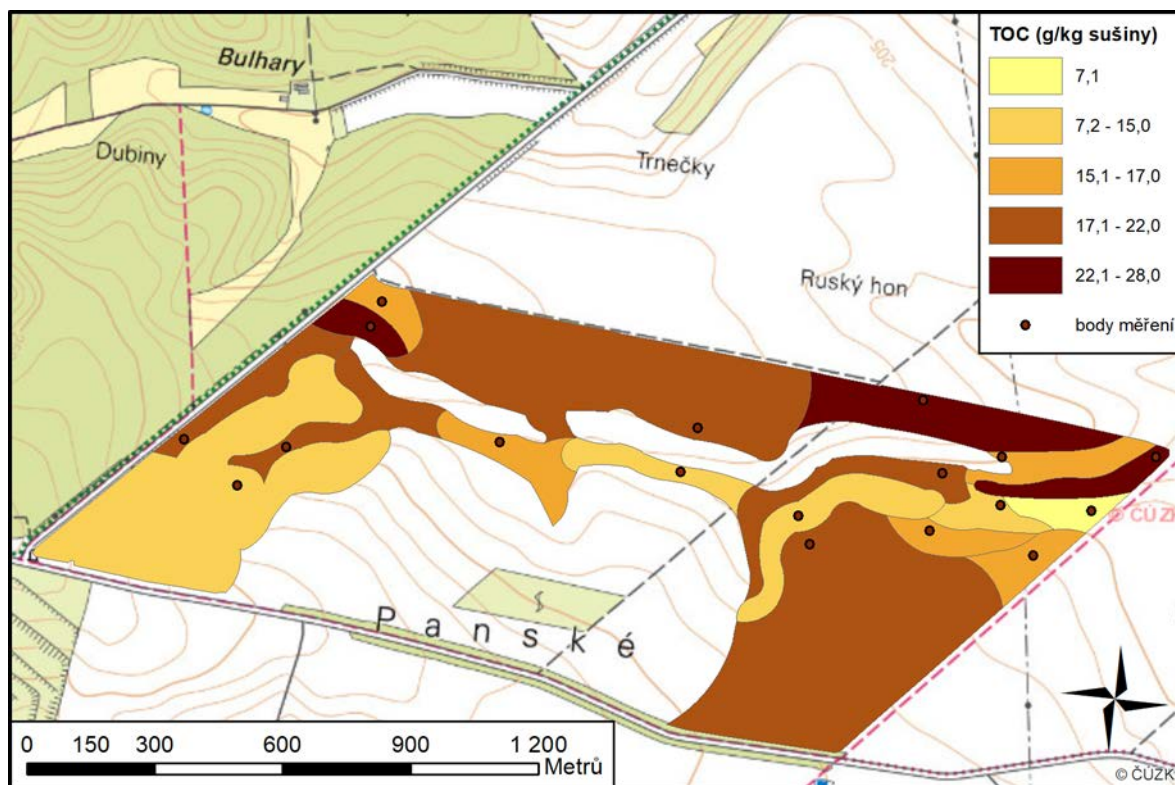
Obrázek 24 Jílovité částice se vyskytují převážně v rovinatých částech pozemku. V údolnici a na sklonitých pasážích je jílovitých částic minimum.



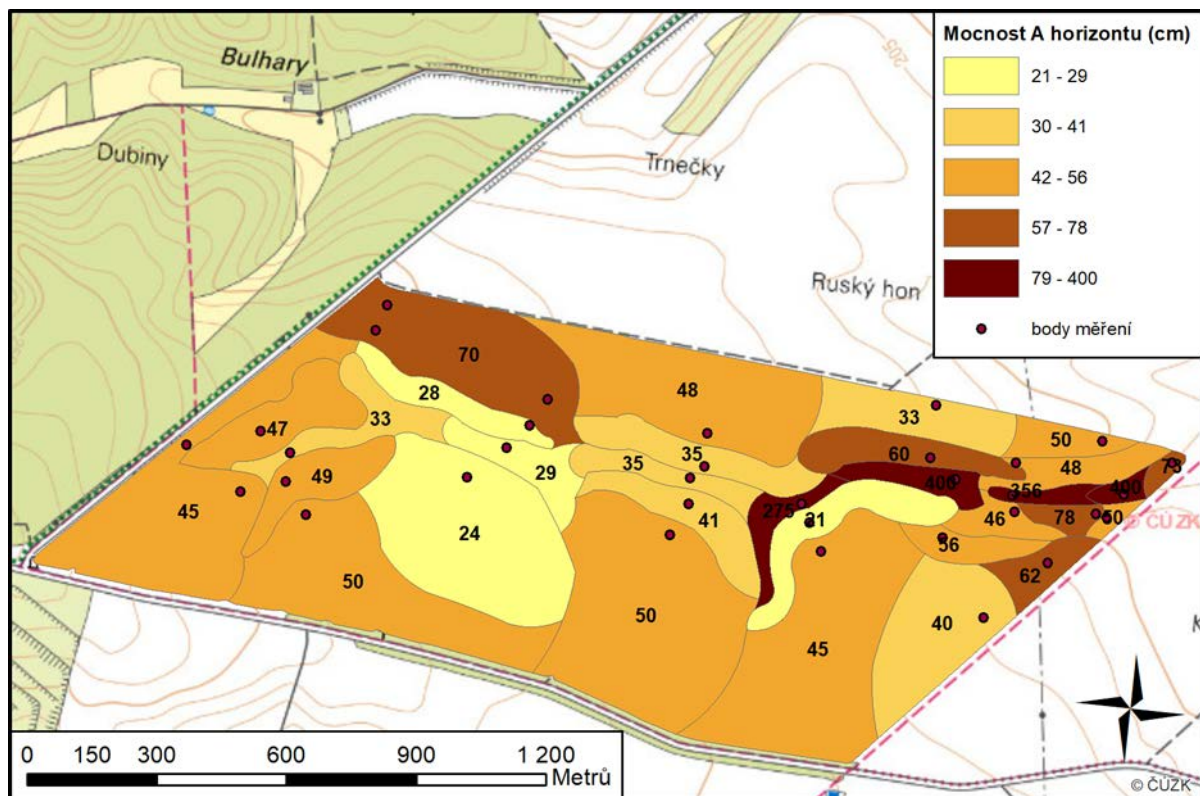
Obrázek 25 Nejvyšší výskyt prachových částic je v údolnici.



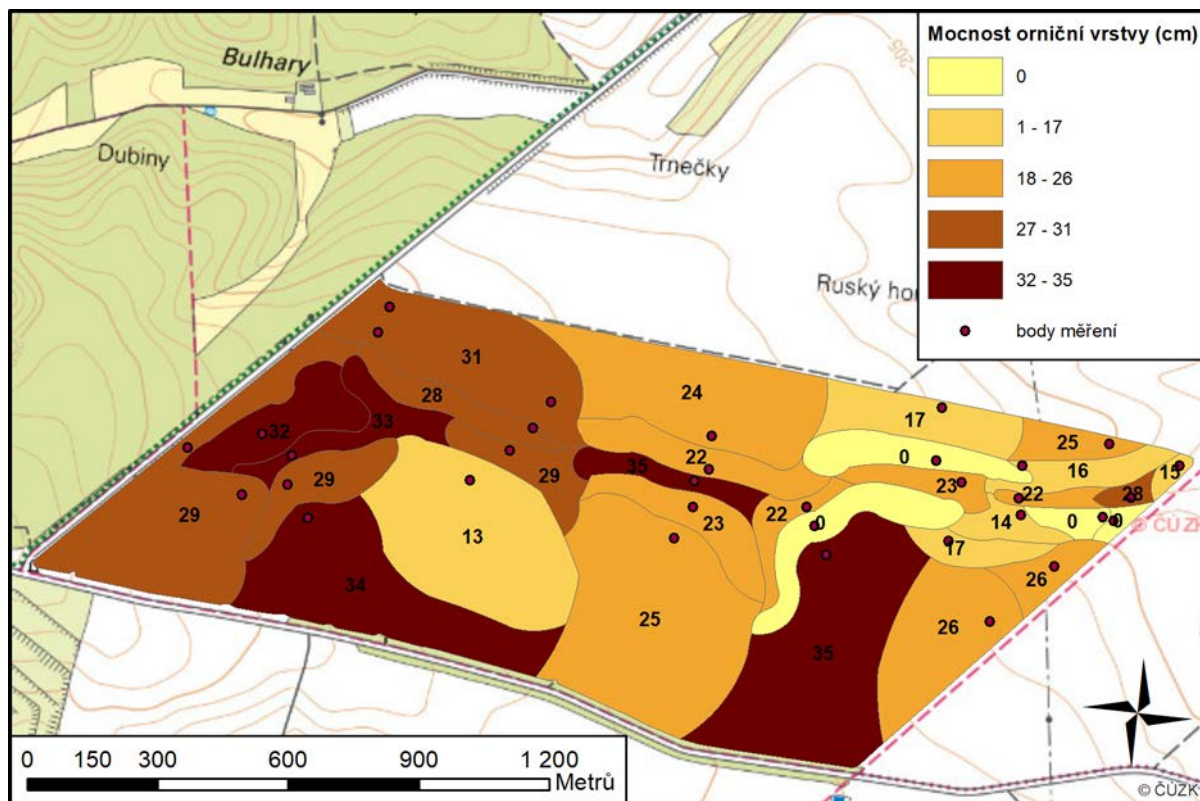
Obrázek 26 Fosfor se nekonzcentruje v určité oblasti na pozemku. Mírně více fosforu je ve střední části údolnice a na některých rovinatých částech pozemku.



Obrázek 27 Hodnoty celkového organického uhlíku (TOC) jsou v ploše pozemku nepravidelné. Méně TOC je v oblastech s vysokým sklonem.



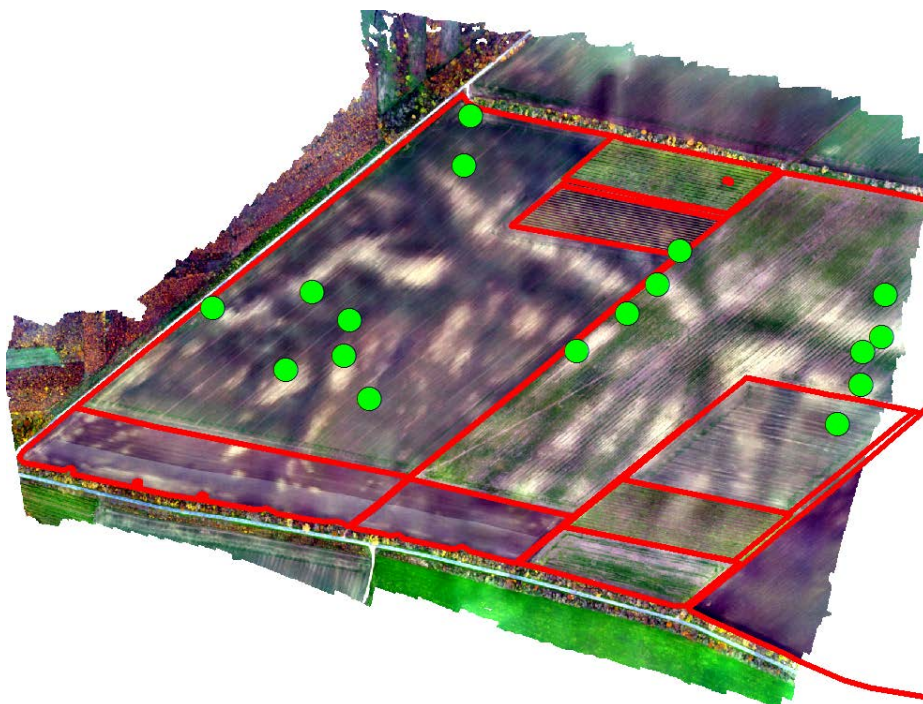
Obrázek 28 Nejvyšší mocnost svrchního horizontu je ve spodní části údolnice, následují rovinaté pasáže na okrajích pozemku. Převážně na svažitých oblastech je mocnost A horizontu nízká.



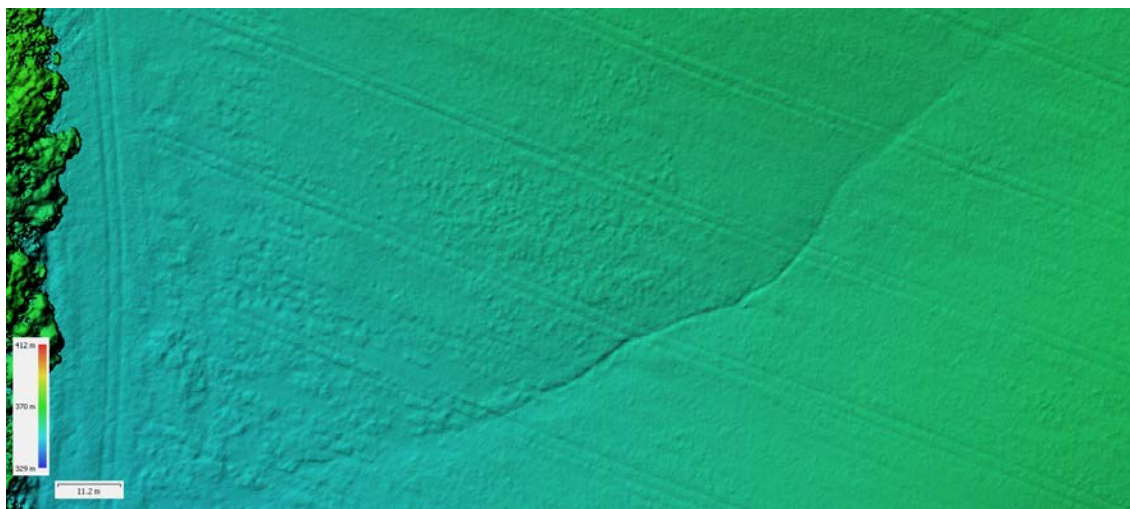
Obrázek 29 Největší vrstvy ornice jsou na rovinatých, některých sklonitých částech pozemku a v horní části údolnice.

1.1.3 Iniciální a opakovaný RPAS monitoring

V průběhu řešení byla provedena aplikace RPAS pro pořízení RGB snímků. Nálety byly realizovány z výšky 100 až 120 m nad povrchem, což zajišťuje ještě dostatečnou přesnost a na druhou stranu umožňuje nalétnutí celé lokality v rámci jedné kampaně. Ze snímků byly odvozeny jednak detailní modely povrchu a jednak ortofotomapy. Na základě prvotního vyhodnocení zejména ortofotomap lze konstatovat, že využití této technologie je zcela oprávněné, jelikož data prokazují prostorovou heterogenitu půdního povrchu svědčící o intenzivních erozních procesech, která není na běžně dostupných ortofotomapách patrná (Obrázek 30). Rovněž na vyhodnocených modelech terénu již byly identifikovány projevy výmlové eroze, jež lze tvarově a objemově klasifikovat (Obrázek 31).



Obrázek 30 Část území zájmové lokality Bulhary s viditelnou významnou heterogenitou povrchu svědčící o intenzivních erozních procesech.



Obrázek 31: RPAS monitoringem objemově zachycená erozní rýha na lokalitě Oráčov (digitální model povrchu).

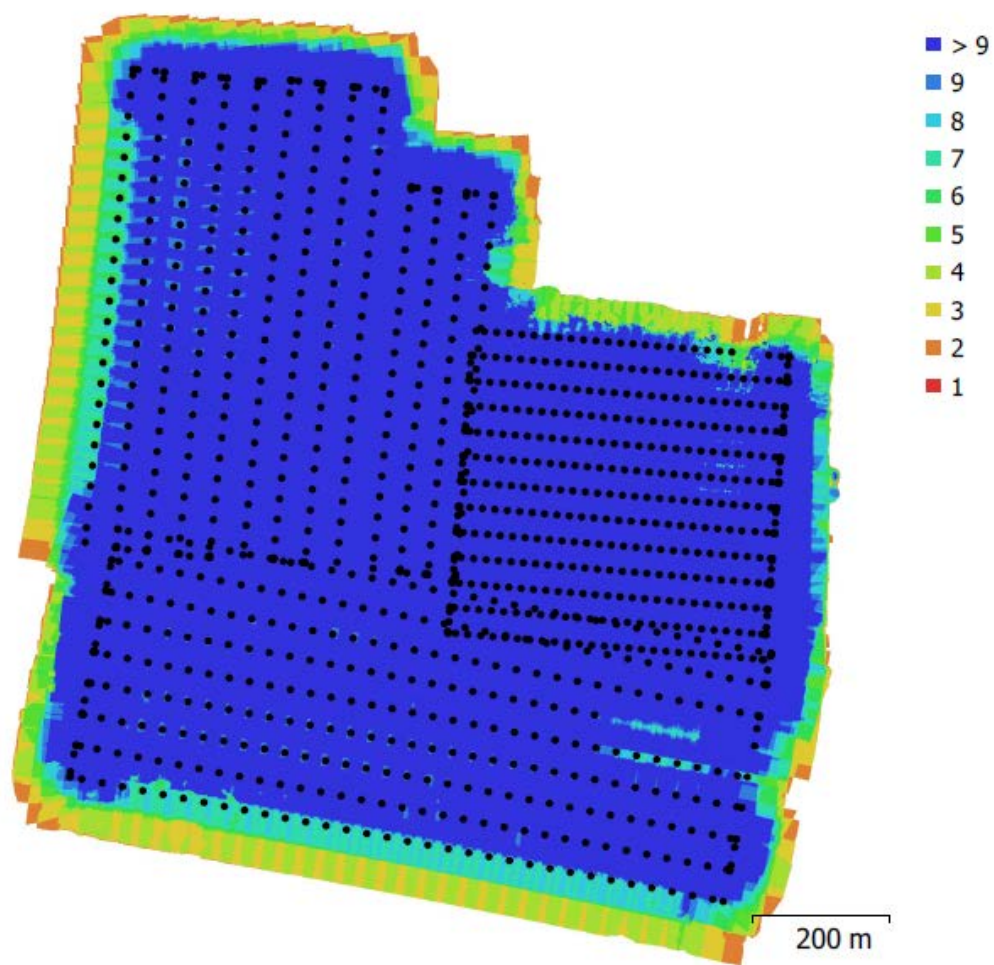
Všechny tři monitorované lokality byly iniciálním monitoringem nasnímány v průběhu listopadu 2017 a základní parametry náletů a zpracovaných dat jsou shrnuty v tabulce (Tabulka 1).

Tabulka 1: Parametry iniciálního RPAS (UAV) monitoringu zájmových lokalit.

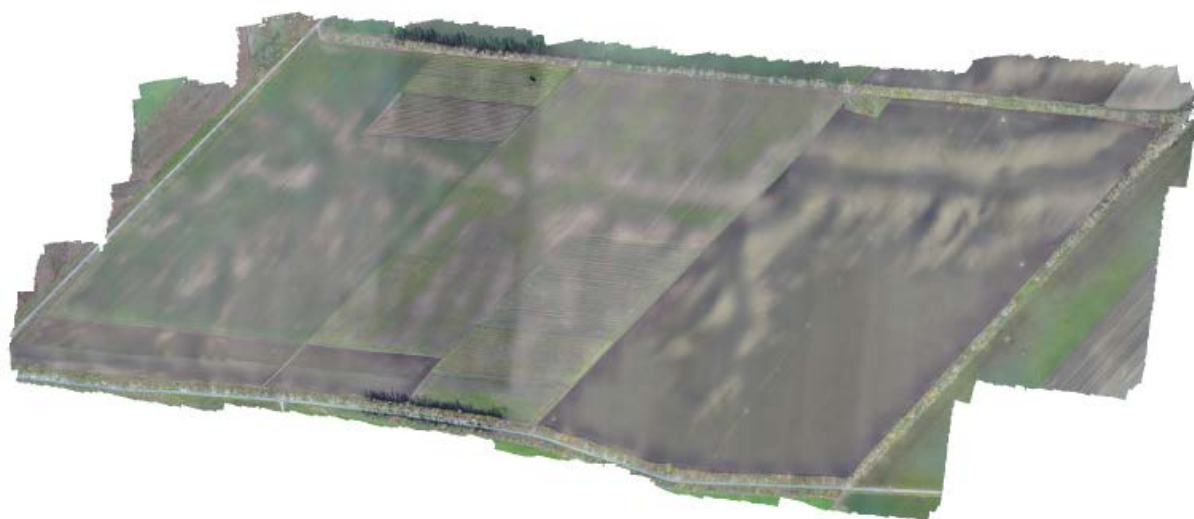
Parametry náletu na lokalitě	Oráčov	Lišany	Bulhary
Datum náletu	3. 11. 2017	4. 11. 2017	14. 11. 2017
Počet snímků	1155	2219	2836
Průměrná výška náletu	118 m	105 m	99,6 m
Nasnímaná plocha	1,22 km ²	1,39 km ²	2,17 km ²
Pozemní rozlišení ortofota (GSD)	2,94 cm	2,62 cm	2,46 cm
Pozemní rozlišení DMP	5,87 cm	5,24 cm	4,92 cm



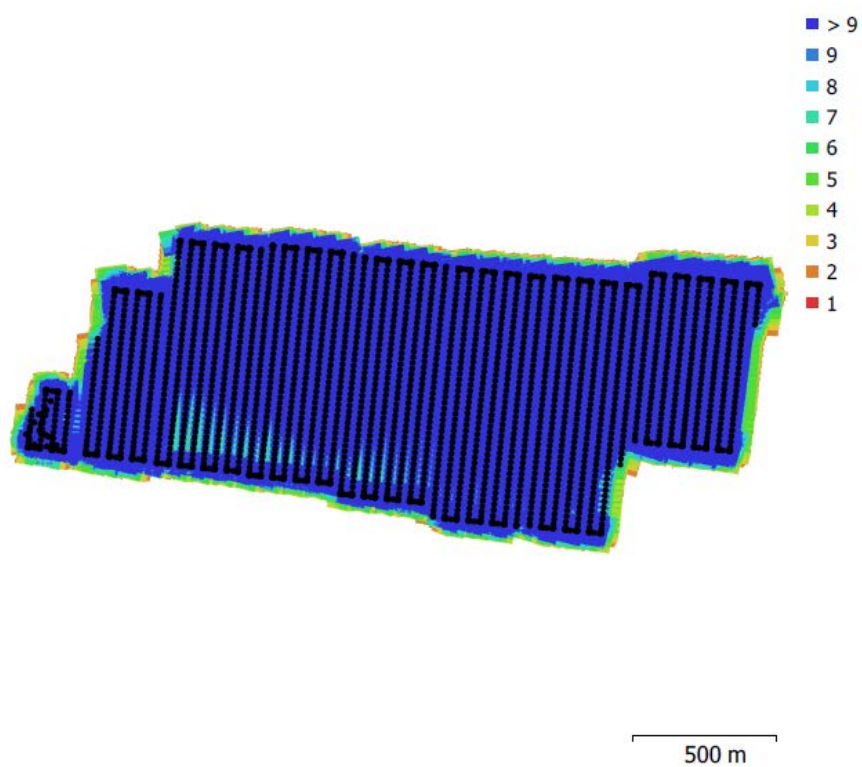
Obrázek 32: Kompletní ortofoto iniciálního RPAS monitoringu – Oráčov.



Obrázek 33: Pozice a překryv snímků iniciálního RPAS monitoringu – Oráčov.



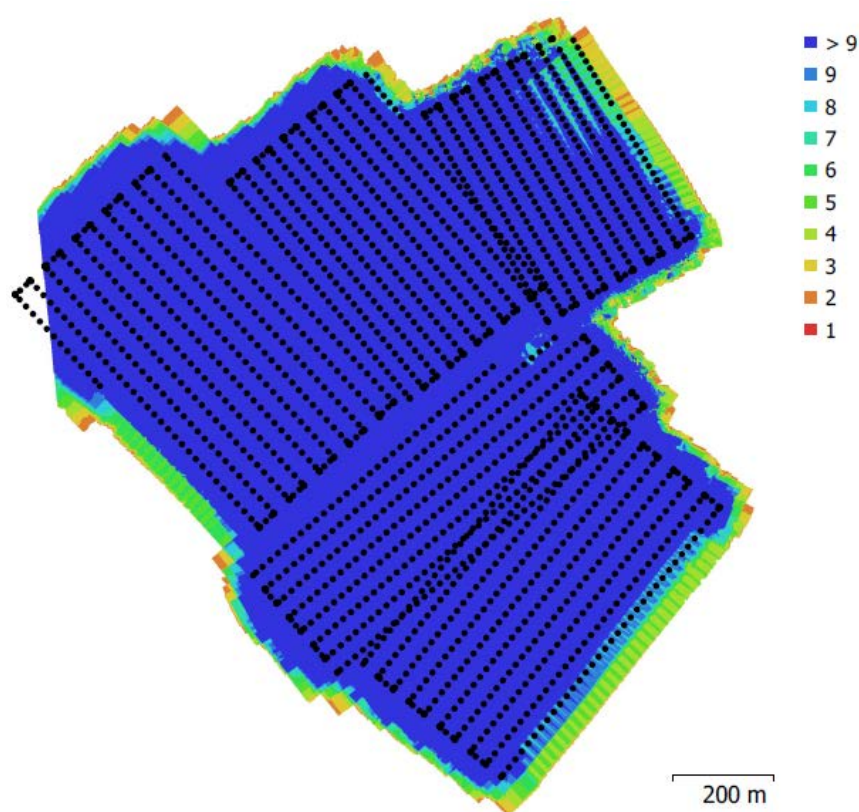
Obrázek 34 Kompletní ortofoto iniciálního RPAS monitoringu – Bulhary.



Obrázek 35: Pozice a překryv snímků iniciálního RPAS monitoringu – Bulhary



Obrázek 36: Kompletní ortofoto iniciálního RPAS monitoringu – Lišany.



Obrázek 37: Pozice a překryv snímků iniciálního RPAS monitoringu – Lišany.

Výsledky RPAS monitoringu jsou jednak samotné datové vrstvy, ale také odvozené zaměřené objekty erozního poškození, prezentované výše.

Opakovaný RPAS monitoring byl proveden s obdobnými parametry snímání a zpracování (Tabulka 1) a to v následujících datech:

- Oráčov: 6. 4. 2018
- Lišany: 15. 4. 2018
- Bulhary: 15. 3. 2018 (dolní část pozemku v probíhající předseťové přípravě)

Na pozemcích nebyly zachyceny výrazné novější projevy erozního poškození oproti podzimnímu stavu průzkumu. Lokalita Bulhary je nově agrotechnicky zpracována a oseta.

1.1.4 Zajištění a primární analýza vhodných družicových dat

Hlavními charakteristikami družicových dat jsou především:

- spektrální rozlišení
- prostorové rozlišení
- časové rozlišení
- míra zpracování dat

Z důvodu dostupnosti a účelu, kterým v této fázi monitoringu je primárně určení vegetačního pokryvu a jeho ochranného účinku a podílu holých půd během roku s ohledem na riziko přívalemých srážek byla po potřebné rešerši zajišťována a testována data družicových systémů Landsat 8 a Sentinel 2. Ta jsou poskytována zdarma a pro daný účel by měla být dostatečná.

Družicová data jsou zpravidla dodávána v podobě, která neumožňuje jejich okamžité využití jako mapového podkladu. Při geometrickém zpracování se jedná o převedení geometrie původních dat do geometrie vybrané mapové projekce. Podobně jako v případě leteckých ortofotomap pouze družicové ortofoto zaručuje dostatečnou přesnost produktu a jeho využitelnost jako samostatného mapového podkladu nebo součásti existující databáze GIS. Při splnění všech nutných podmínek (zejména existence vhodného digitálního modelu terénu) lze dosáhnout polohové střední chyby odpovídající prostorovému rozlišení zpracovávaných dat. V případě dostupnosti dat v panchromatickém i multispektrálním spektru, je možné provést digitální spojení (pan-sharpening), jehož výsledkem je produkt s barevnou informací obsaženou v multispektrálních datech, s prostorovým rozlišením dat panchromatických. Tímto se dosáhne vyššího rozlišení dat.

Za účelem přímého pořízení již korigovaných a předzpracovaných scén byly vyzkoušeny servery LandViewer a EarthExplorer. Po získání registračního kódu pro výzkumné účely se ukázalo, že server LandViewer je velmi výhodný. Poskytuje kompozice dle vlastní volby, a navíc již předzpracovaný index NDVI, vše po atmosférických korekcích. Nicméně hledání alternativních zdrojů stále pokračuje.

Jsou stahovány rastry kompozice RGB, RG a NIR, a rastr indexu NDVI, z družic Sentinel 2 nebo Landsat 8. Vždy jsou stahovány výřezy kompozic pro zájmové území nezastíněné oblačností (Obrázek 38).

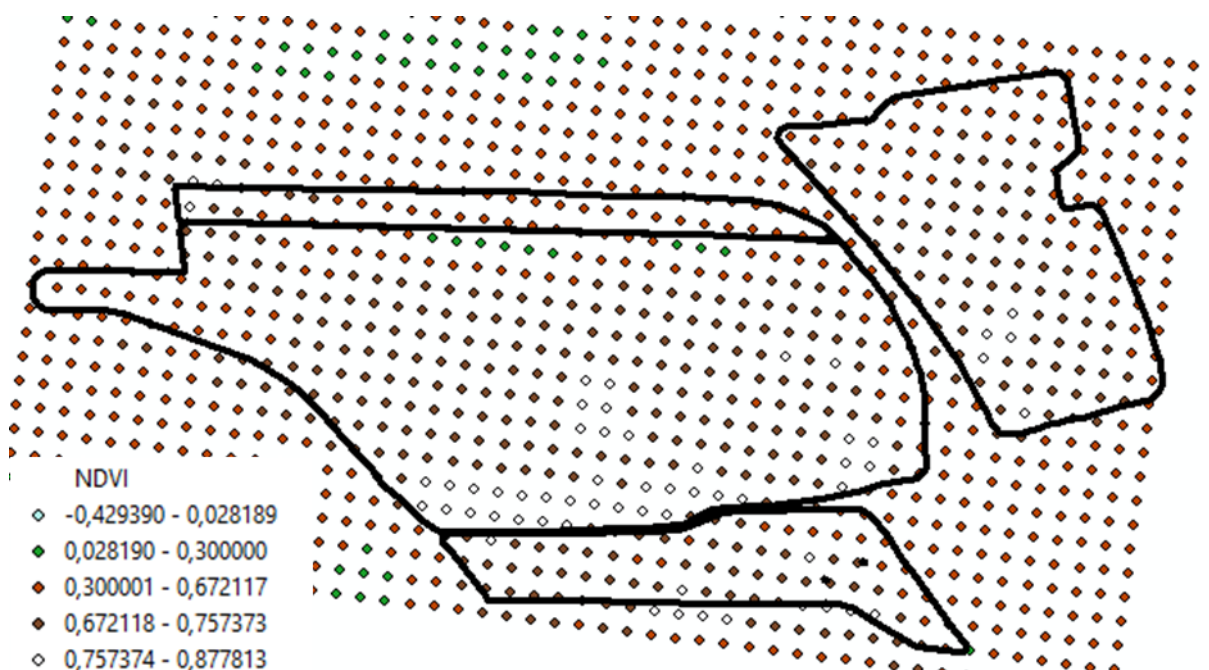
Byly hledány snímky za roky 2016 a 2017. Pro lokalitu Bulhary bylo nalezeno 7 vhodných snímků, pro lokalitu Lišany 6 snímků a pro lokalitu Oráčov 7 snímků. Po stažení jsou data přejmenována tak aby měla unikátní systematické označení, v pořadí: Lokalita, datum, kompozice a satelit. Toto řazení je pak udržováno i v následném zpracování.



Obrázek 38: Příklad satelitního snímku Landsat 8 v RGB viditelném spektru, pixel 30 m, lokalita Lišany.

Data jsou po stažení načtena do software ArcGIS, kde jsou analyzována. Analýza spočívá ve složení kompozic do jediné bodové vrstvy, v té je následně prováděno oříznutí zájmovými půdními bloky, a nad takto vymezenou plochou je pomocí indexu NDVI stanovováno zastoupení ploch bez vegetace (Obrázek 39). Výběr hraničních hodnot indexu NDVI je prováděn postupnou iterací a kontrolou s podloženým rastrem RGB.

Výsledné počty bodů symbolizujících půdu bez vegetace jsou zaznamenávány do Excelové tabulky, ve které byly následně převedeny a vyhodnoceny. Statistické vyhodnocení spočívá v přenásobení počtu bodů symbolizujících půdu bez vegetace plochou odpovídající původnímu pixelu. Plocha pixelu je vzhledem k velikosti jeho hrany 30 m u snímku ze satelitu Landsat 8 respektive 10 m u snímku ze satelitu Sentinel 2, rovna 0,09 ha respektive 0,01 ha. Následným porovnáním plochy bez vegetace s původní výměrou půdního bloku je získáno zastoupení plochy bez vegetace na jednotlivých sledovaných pozemcích.



Obrázek 39: Bodová vrstva s hodnotami NDVI.

Vývoj zastoupení plochy bez vegetace je pro každou sledovanou lokalitu shrnut v následujících tabulkách a grafech.

Tabulka 2: Zastoupení holé půdy v lokalitě Oráčov.

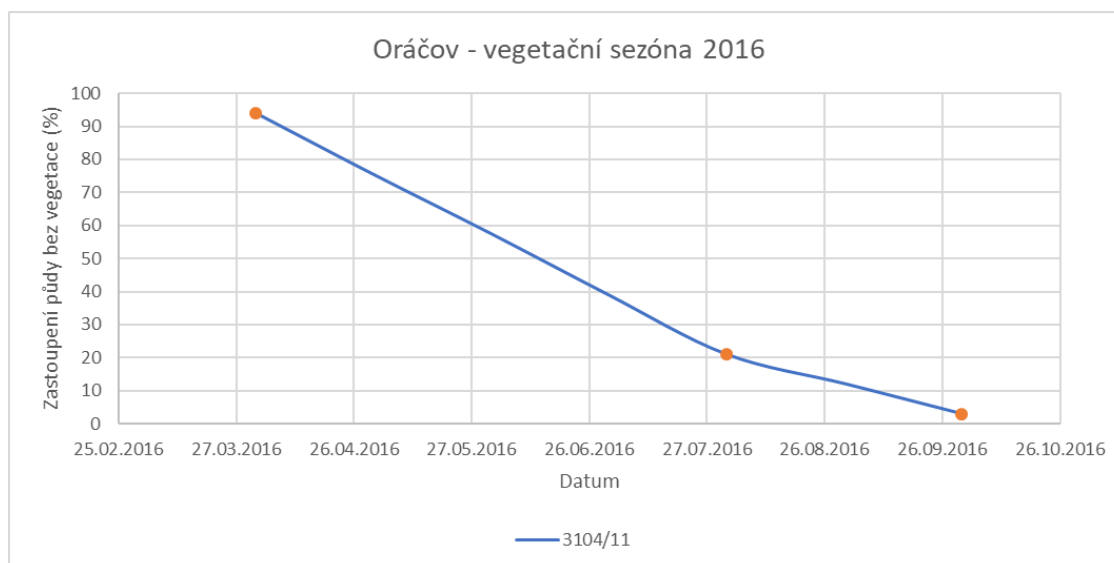
Oráčov									
ZKOD_DPB	VYMERAM	KULTURANAZ	Zastoupení půdy bez vegetace na snímku ze dne						
			21. 04. 2016	27. 08. 2016	16. 10. 2016	19. 02. 2017	26. 05. 2017	18. 07. 2017	17. 10. 2017
3104/11	29,43	standardní orná půda	94%	21%	3%	95%	100%	95%	13%

Tabulka 3: Zastoupení půdy bez vegetace v lokalitě Lišany.

Lišany			Zastoupení půdy bez vegetace na snímku ze dne					
ZKOD_DPB	VYMERAM	KULTURANAZ	21. 04. 2016	24. 06. 2016	12. 09. 2016	19. 02. 2017	03. 06. 2017	17. 10. 2017
8901	5,79	standardní orná půda	17%	96%	23%	100%	99%	100%
8903	11,47	standardní orná půda	9%	100%	22%	99%	100%	100%
9903/5	28,24	standardní orná půda	4%	100%	12%	97%	100%	97%
9903/4	3,58	standardní orná půda	96%	100%	96%	40%	99%	100%

Tabulka 4: Zastoupení půdy bez vegetace v lokalitě Bulhary.

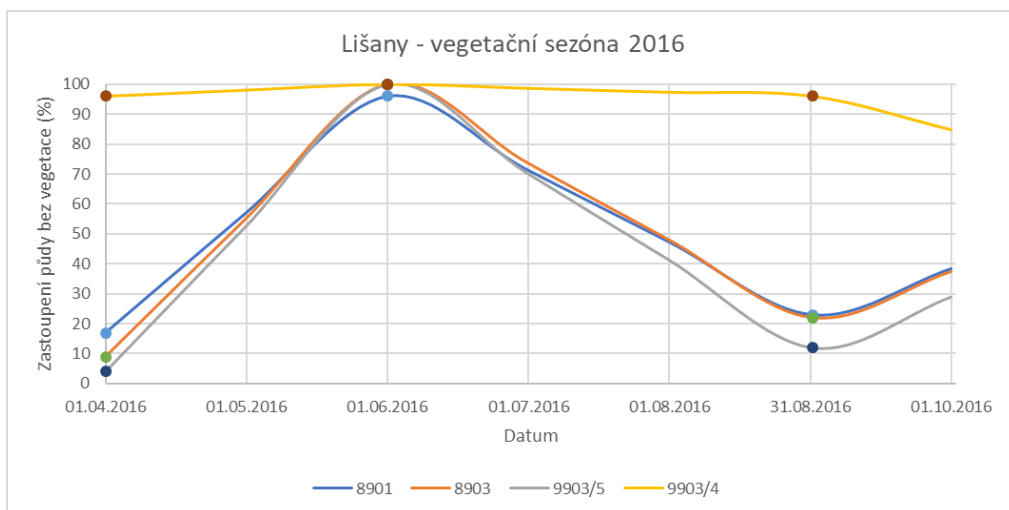
Bulhary			Zastoupení půdy bez vegetace na snímku ze dne						
ZKOD_DPB	VYMERAM	KULTURANAZ	06. 02. 2016	25. 06. 2016	13. 09. 2016	19. 12. 2016	20. 06. 2017	28. 09. 2017	07. 11. 2017
3501/1	3,18	standardní orná půda	98%	99%	3%	4%	74%	7%	2%
3501/2	63,30	standardní orná půda	0%	100%	40%	0%	100%	58%	5%
3501/8	6,90	standardní orná půda	94%	100%	6%	0%	99%	14%	1%
3501/14	2,87	vinice	85%	100%	100%	6%	100%	97%	100%
3501/16	6,96	standardní orná půda	0%	100%	84%	0%	75%	68%	15%
3501/9	33,48	standardní orná půda	1%	75%	0%	1%	65%	54%	82%
3501/13	2,57	vinice	3%	2%	60%	0%	98%	93%	100%
3501/15	0,30	vinice	0%	100%	100%	0%	100%	97%	100%
3501/10	35,73	standardní orná půda	100%	100%	3%	68%	100%	9%	77%
3501/12	2,96	standardní orná půda	3%	100%	9%	0%	98%	77%	91%
3501/5	3,25	vinice	1%	99%	95%	0%	100%	96%	96%



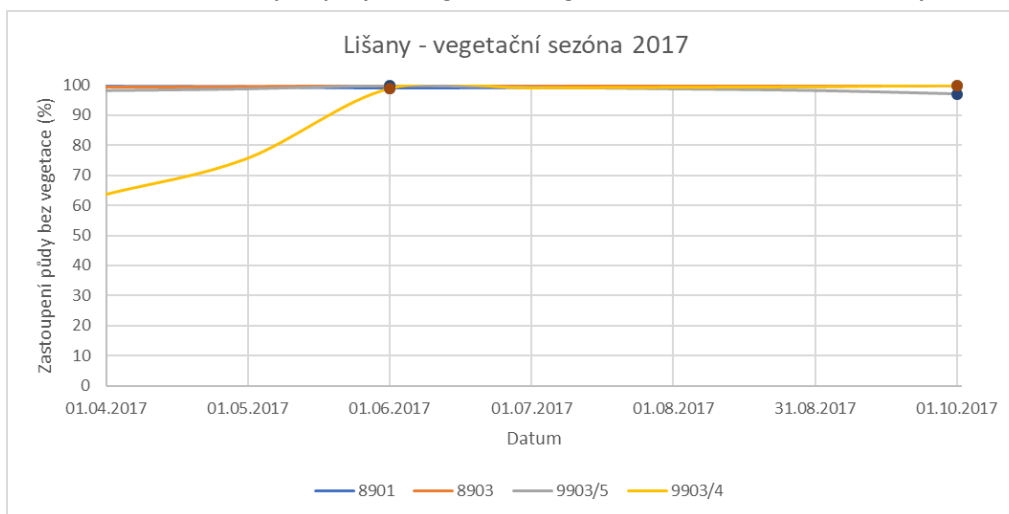
Obrázek 40: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2016 v lokalitě Oráčov.



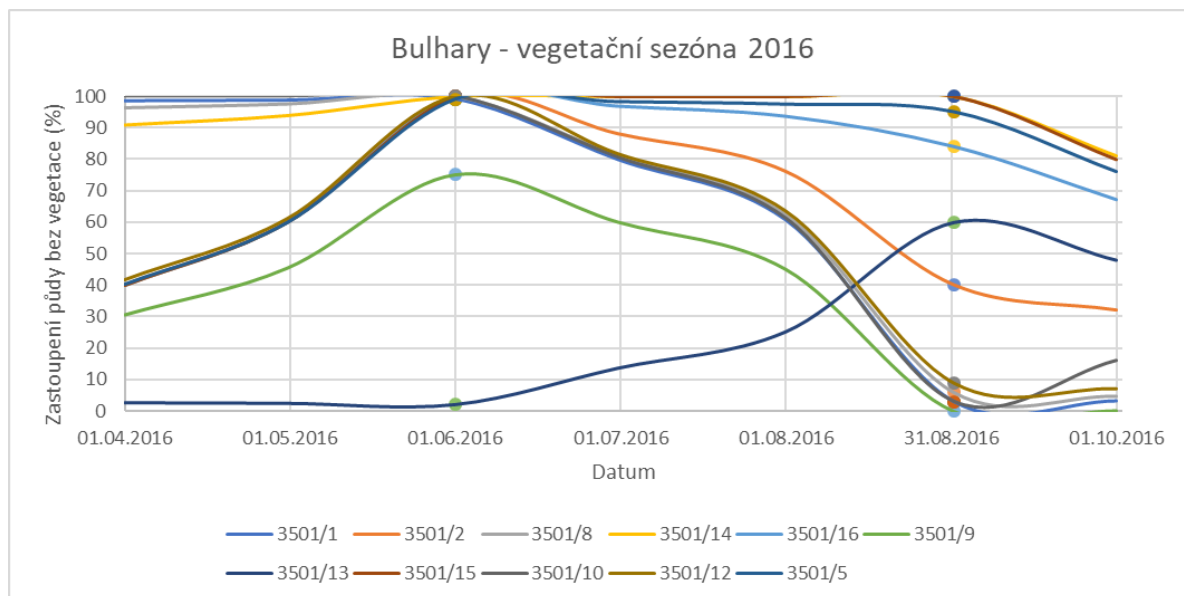
Obrázek 41: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2017 v lokalitě Oráčov.



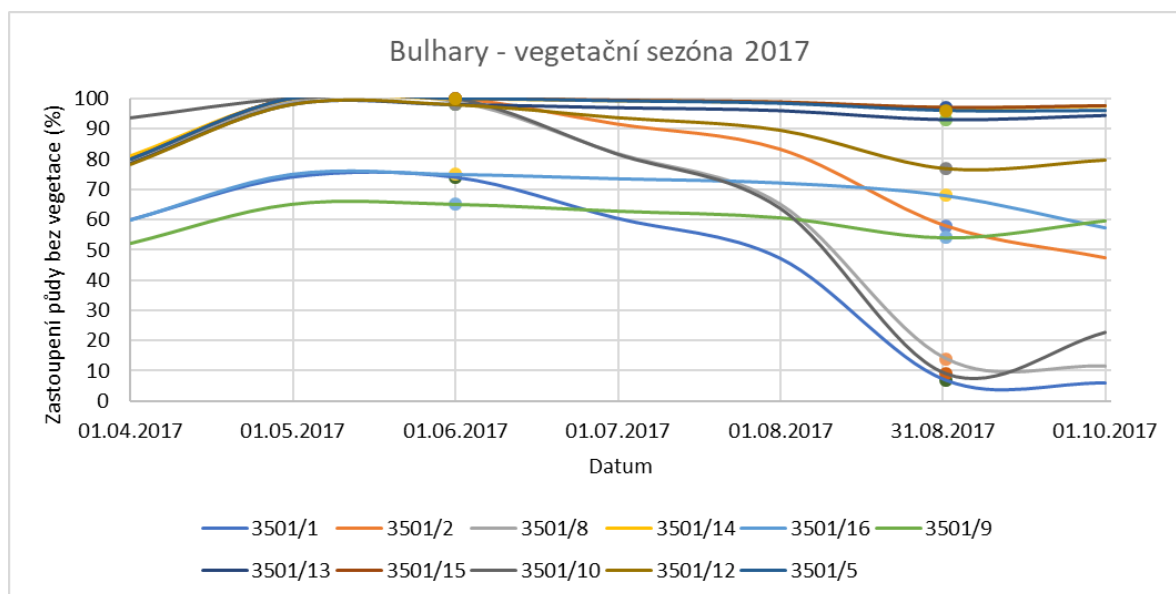
Obrázek 42: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2016 v lokalitě Lišany.



Obrázek 43: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2017 v lokalitě Lišany.



Obrázek 44: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2016 v lokalitě Bulhary.



Obrázek 45: Průběh zastoupení půdy bez vegetace za vegetační sezónu 2016 v lokalitě Bulhary.

1.1.5 Zřízení dlouhodobého monitoringu hydrologického režimu půdy

Monitoring vodního režimu půdy je s ohledem na posouzení vývoje tohoto režimu jak s ohledem na změny klimatických podmínek tak s ohledem na efekty realizovaných opatření nezbytný. K tomuto účelu bylo v této fázi výzkumu rozhodnuto osadit na každé ze tří zájmových lokalit dvě hnízda vlhkostních čidel. Každé z těchto hnízd obsahuje tři vlhkostní čidla pro sledování průběhu vlhkostí v různých hloubkách pro monitorování vodního režimu půdního profilu. První čidlo je ve všech případech osazeno v povrchové vrstvě půdy, která odpovídá ornici, další pak budou instalována s ohledem na mocnosti dalších vrstev půdy. Z technického hlediska je nutno hnízda umístit tak, aby v nich mohlo měření probíhat kontinuálně a aby nebylo nutno čidla odstraňovat a znovu osazovat

v návaznosti na jednotlivé agrotechnické operace, které by mohly čidla poškodit. Jako nejvhodnější se jeví osazení u sloupů vysokého napětí nebo na okrajích pozemků.

Čidla i dataloggery byly pořízeny v rámci otevřeného výběrového řízení, v konečné fázi byly posuzovány nabídky firem Fiedler AMS, s.r.o. a EMS Brno. Obě nabídky splnily požadované technické parametry, byly založeny na shodných vlhkostních čidlech, připojených na kompaktní záznamovou jednotku s dálkovým přenosem dat a datahostingem na serveru. Vlhkostní čidla CS655 (Campbell Sci., Velká Británie) monitorují mimo objemové vlhkosti i teplotní režim půdy, komunikují s dataloggerem digitálně, jsou robustní a vědeckou praxí osvědčená. Na základě nižší nabídnuté ceny byly vybrány vlhkostní hnízda od firmy Fiedler AMS, celkem bylo pořízeno 6 sestav. Každá sestava se skládá ze tří sond CS655, které jsou napojeny na kompaktní stanici Hydro Logger H40G-SDI12 (Obrázek 46).



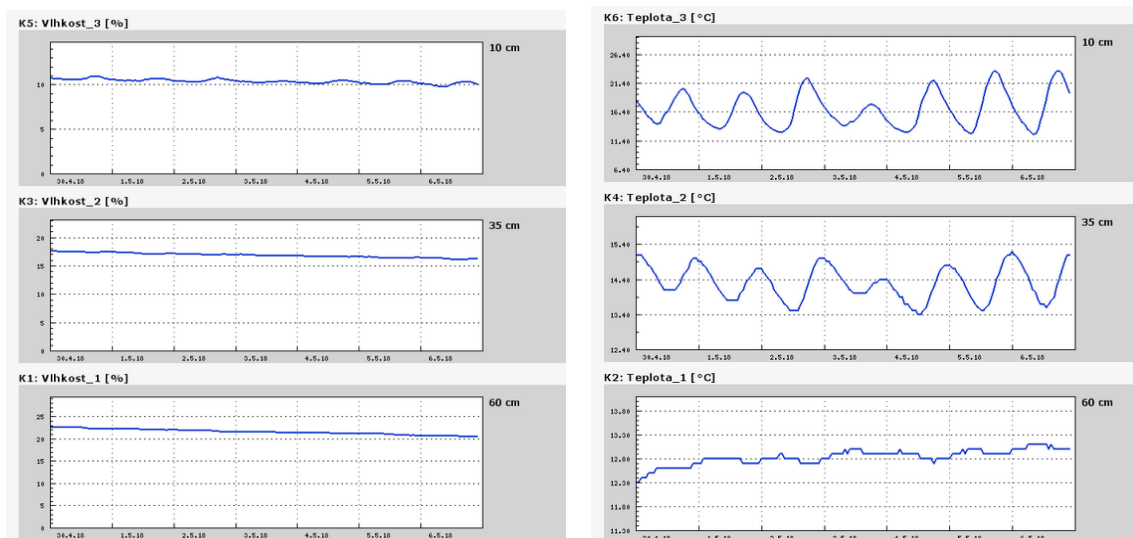
Obrázek 46: Instalované vlhkostní sondy CS655 v půdním profilu v hloubkách 10 cm, 35 cm a 60 cm pod povrchem, experimentální lokalita Lišany (vlevo); Hydro Logger H40G s GSM/GPRS modemem pro dálkový přenos dat (vpravo)

Pro doplnění hydrometeorologického monitorování, které je realizovááno VÚV, byla pořízena sonda pro kontinuální záznam zákalu ve vodním toku pod vybranou experimentální lokalitou. Díky monitorování turbidity lze stanovit množství transportovaného sedimentu z mikropovodí. V rámci výběrového řízení, byla, na základě cenové nabídky, vybrána sestava od firmy Fiedler AMS, sestávající se z optického snímače zákalu ESZK11 napojeného na telemetrickou jednotku H3-G s GSM/GPRS modemem (Obrázek 47).



Obrázek 47: Konečná povrchová úprava v terénu po instalaci vlhkostního hnízda v Lišanech (vlevo); zákaloměrná sonda ESZK11 (vpravo)

Kontinuální záznamy objemové vlhkosti a teploty ve třech hloubkách v půdním profilu jsou dostupné přes webové rozhraní (Obrázek 48) na adrese <https://stanice.fiedler-magr.cz/> (pro prohlížení dat jsou zapotřebí přihlašovací údaje).



Obrázek 48: Náhled monitorované vlhkosti (vlevo) a teploty (vpravo) na experimentální lokalitě Lišany

1.2 ZÁVĚR

Během podzimu 2017 a jara 2018 byly provedeny na všech zájmových lokalitách činnosti, plánované k popisu půdních vlastností a predispozice pozemků ke změnám působeným vodním režimem, povrchovým i podpovrchovým odtokem a vodní, případně větrnou erozí. Bylo nashromážděno značné množství dat a údajů o monitorovaných lokalitách a vyvozeny první závěry, ohledně dlouhodobého vývoje lokalit a vlivu zemědělského hospodaření i klimatu na tento vývoj. Rovněž byly iniciovány (případně opakovaně naplněny) časosběrné řady popisující současný stav a erozní i odtokové projevy.

Stanovené a zahájené aktivity představují iniciaci monitoringu, který může v dlouhodobém měřítku přinést velmi cenná data. K tomu je však zapotřebí zajistit udržitelnost tohoto monitoringu, který je poměrně náročný jak na techniku, tak na lidské zdroje.