

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Odbor bezpečnosti krmiv a půdy



**SLEDOVÁNÍ VÝVOJE ZHUTŇOVÁNÍ PŮDY POMOCÍ
PENETROMETRU NA VYBRANÝCH PLOCHÁCH
BAZÁLNÍHO MONITORINGU PŮD**

Zpráva za období 2009 - 2010

Zpracoval: Ing. Kubík Ladislav, Ph.D.

Schválil: Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Odboru bezpečnosti krmiv a půdy

Brno, červen 2011

Obsah

1.	Úvod.....	4
2.	Místa měření	4
3.	Termín odběru vzorků.....	4
4.	Postup měření a odběru vzorků	5
5.	Vyhodnocení výsledků	5

1. Úvod

Zhutňování půdy neboli pedokompakce je poměrně rozšířený fenomén fyzikálního poškození zemědělské půdy, zejména orné půdy, nebo trvalých travních porostů v důsledku používání těžké mechanizace s vysokým měrným tlakem na půdu, nebo intenzivní pastvy. Velkou roli při tomto procesu hraje vlhkost a druh půdy, vliv hnojení, vápnění či struktura pěstovaných plodin na daném pozemku, objevuje se i možnost vazby na klimatické změny. Utužení půdy může být i přírodního charakteru, kdy v některých půdách dochází ke genetickému zhutňování, které je dáno povahou půdotvorného substrátu, především zrnitostí.

Důsledkem utužení je zvýšení objemové hmotnosti půdy, což má za následek vytvoření nepříznivých podmínek pro růst rostlin a tím pádem i snížení rostlinné produkce o 10 – 20 %. Dochází k degradaci půdní struktury, což s sebou nese potenciální ohrožení dalších půdních funkcí jako např. snížení pórovitosti, nižší infiltrační a retenční schopnost což má za následek urychlení povrchového odtoku, zvýšení rizika eroze nebo nižší biologickou aktivitu půdy.

Cílem dlouhodobého měření je zjistit vývoj utuženosti půd na vybraných plochách bazálního monitoringu půd (BMP), zjištění vývojových trendů této půdní vlastnosti a případně vliv vnějších faktorů (např. agrotechniky - orební a bezorební systémy, struktury pěstovaných plodin, vlhkosti půdy či průběhu klimatu) na tuto vlastnost. Sledovány jsou vybrané pozorovací plochy BMP v regionu jižní Moravy plus jedna samostatná plocha poblíž plochy BMP s odlišným způsobem hospodaření (Jaroměřice nad Rokytnou) a dále pozorovací plochy BMP v regionu jižních Čech, na kterých se navázalo na předchozí měření. Z ploch BMP jsou vybrány ty, které splňují navržená kritéria: vybraný půdní typ (černozem, hnědozem, fluvizem, kambizem, pseudoglej), nízká skeletovitost, dobrá přístupnost, dobrá komunikace s agronomelem.

2. Místa měření

Měření utuženosti půdy je prováděno na 12 lokalitách BMP. Z důvodů organizačních je většina ploch vybrána v Brněnském regionu a část v Jihočeském regionu, kde se navazuje na předchozí měření.

Plochy BMP + doplňková plocha			
Brněnský region		Jihočeský region	
7002	Lednice	3002	Libějovice
7004	Chrlice	3007	Pašice
7005	Jaroměřice nad Rokytnou (1)	3008	Stráž nad Nežárkou
	Jaroměřice nad Rokytnou (2)	3015	Dražič
7015	Moravský Žižkov	3024	Borkovice
7030	Nivnice		
7031	Bohaté Málkovice		

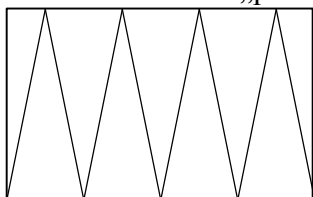
3. Termín měření a odběru vzorků

Měření a odběr vzorků probíhá dvakrát ročně vždy v jarním a podzimním termínu za vhodných půdních vlhkostních podmínek a to nejlépe po skončení přípravy půdy k setí nebo sázení a po sklizni pěstované plodiny.

4. Postup měření a odběru vzorků

Měření je prováděno na vybraných plochách. Na každé pozorovací ploše je vždy provedeno deset měření penetrometrem podle odběrového schématu „po lomené čáře“ (obr. 1).

Obr. 1 Odběrové schéma „po lomené čáře“



Při vlastním měření penetrometrem uchopí pracovník penetrometr ve svislé poloze za madla, nohou zajistí přítlačnou plošku měřicího pravítka. Po zapnutí a vynulování přístroje je měřicí jehla plynule zatlačována do půdy, na velkou rychlost vpichu upozorní zvukový signál penetrometru, na který je třeba reagovat opakovaným měřením, provedeným o několik centimetrů dál, aby nebylo ovlivněné předchozím měřením. Stejně tak je třeba postupovat v situaci, kdy po zapíchnutí jehly do několika centimetrů nelze dále plynule pokračovat. To se stane zejména při nárazu jehly do kamene. Při vzniku popsanych událostí se naměřená hodnota na penetrometru vynuluje a do jeho paměti uloží až následná, řádně změřená, data. Měření se provádí do hloubky 72 cm, naměřené hodnoty jsou zaznamenávány po 4 cm. Z jednoho vpichu je tedy získáno 18 hodnot odporu půdy uvedených v MPa

Současně se odebírá 5 porušených půdních vzorků pro zjištění půdní vlhkosti, nebo se zjistí vlhkost půdy elektronickým vlhkoměrem. První vzorek se odebírá z hloubky 4 – 8 cm, dále 16 – 20 cm, 36 – 40 cm, 52 – 56 cm a 68 – 72 cm. Odběr se provádí půdním vrtákem nebo půdní sondýrkou do vysoušečky, vzorek se co nejdříve zváží a poté se předá do laboratoře ke stanovení momentální (momentní) vlhkosti (%).

5. Vyhodnocení výsledků

V roce 2009 proběhla první dvě měření odporu půdy v jarním a podzimním období spolu se zjištěním půdní vlhkosti ve vybraných hloubkách a popisu kultury na měřené ploše (tabulka 1).

Mediány a průměry odporu půdy za jednotlivé plochy v letech 2009 a 2010 jsou uvedeny v příloze č. 1. Červeně jsou označeny plochy BMP na zkušebních stanicích UKZUZ, zeleně pak plocha s TTP, ostatní plochy jsou orná půda zemědělských podniků. Křivky penetračního odporu půdy byly vytvořeny jako regresní křivky polynomu 6 stupně, který nejlépe odpovídal rozložení naměřených hodnot. Tyto křivky za jednotlivé plochy a období měření 2009 a 2010 jsou uvedeny v příloze 2 spolu s naměřenými hodnotami půdní vlhkosti a vyznačenými kritickými hodnotami penetračního odporu dle Lhotského (tabulka 2). Kritické hodnoty penetračního odporu jsou vybrány na základě půdního druhu v dané lokalitě a to v ornici (0 – 32 cm) a podornici (32 – 72 cm) (tabulka 3) a jsou nastaveny v dolní části popisovaného rozmezí.

Tabulka 1. Kultura na měřených plochách v jarním a podzimním období 2009 - 2010

Lokalita	Kultura – jaro 2009	Kultura – podzim 2009
Chrlice	Ozimá pšenice – vzešlá	Ne – podmínka
Lednice	Hrách – vzešlý	Ne – podmínka
Moravský Žižkov	Slunečnice – čerstvě osetá	Slunečnice
Nivnice	Ozimá pšenice – vzešlá	Řepka olejka – vzešlá
Bohaté Málkovice	Ozimá pšenice – vzešlá	Řepka olejka – vzešlá
Jaroměřice 1	Hrách – vzešlý	Řepka olejka – vzešlá
Jaroměřice 2	Ozimá pšenice – vzešlá	Řepka olejka – vzešlá
Stráž nad Nežárkou	Ječmen jarní – čerstvě vzešlý	Ne – podmínka
Pašice	TTP	TTP
Libějovice	Ozimá pšenice – vzešlá	Ne – podmínka
Dražič	Ozimá pšenice – vzešlá	Ne – podmínka
Borkovice	Ozimá pšenice – vzešlá	Ozimá pšenice – čerstvě osetá
Lokalita	Kultura – jaro 2010	Kultura – podzim 2010
Chrlice	Ne – předseťová příprava	Kukuřice
Lednice	Hrách	Ne – čerstvě zoráno a pováleno
Moravský Žižkov	Ozimá pšenice – vzešlá	Ne – čerstvě zoráno
Nivnice	Řepka olejka – vzešlá	Ne – podmínka diskováním
Bohaté Málkovice	Řepka olejka – vzešlá	Ne – podmínka
Jaroměřice 1	Řepka olejka – vzešlá	Ne – čerstvě zoráno
Jaroměřice 2	Řepka olejka – vzešlá	Ne – podmínka diskováním, vzešlý výdrol řepky oleky
Stráž nad Nežárkou	Ozimá pšenice – vzešlá	Ne – podmínka
Pašice	TTP	TTP
Libějovice	Ječmen jarní – vzešlý	Ne – zoráno + vláčení
Dražič	Ječmen jarní – vzešlý	Ne – zoráno + vláčení
Borkovice	Ozimá pšenice – vzešlá	Ne – strniště

Tabulka 2. Kritické hodnoty škodlivého ztuhnutí půd uvádějí Šimon a Lhotský, 1989

Půdní vlastnost	Půdní druh					
	jíl	jílovitá až jílovito-hlinitá	hlinitá	písčito-hlinitá	hlinito-písčitá	písčitá
Penetrační odpor MPa	2,8-3,2	3,2-3,7	3,7-4,2	4,5-5,0	5,5	6,0
Při vlhkosti % hm.	28-24	24-20	18-16	15-13	12	10

Tabulka 3. Půdní druhy ornice a podorničí sledovaných ploch

Lokalita	Ornice	Podorničí
Chrlice	Hlinitá	Hlinitá
Lednice	Hlinitá	Hlinitá
Moravský Žižkov	Písčitohlinitá	Písčitohlinitá
Nivnice	Hlinitá	Jílovitohlinitá
Bohaté Málkovice	Hlinitá	Hlinitá
Jaroměřice 1	Hlinitá	Hlinitá
Jaroměřice 2	Hlinitá	Hlinitá
Stráž nad Nežárkou	Písčitohlinitá	Písčitohlinitá
Pašice	Hlinitá	Jílovitohlinitá
Libějovice	Písčitohlinitá	Písčitohlinitá
Dražíč	Hlinitá	Hlinitá
Borkovice	Hlinitá	Hlinitá

Nejhorších hodnot penetračního odporu půdy dosáhla v roce 2010 tak jako v roce 2009 lokalita Pašice s kulturou TTP. Plochy na zkušebních stanicích dosahují v porovnání s ostatními plochami, na nichž hospodaří zemědělské podniky, příznivějších hodnot penetračního odporu, a to jak v ornici, tak i hlouběji v podorničí. Na těchto plochách dochází k pozvolnému zvyšování odporu půdy s hloubkou. Tento kontrast je dobře patrný na plochách Jaroměřice 1 (ZS ÚKZÚZ) a Jaroměřice 2 (zemědělský podnik). V příloze 3 jsou uvedeny společně křivky penetračního odporu za roky 2009 a 2010. Je z nich patrné, že pěstovaná plodina a kultivace pro danou plodinu má jistý vliv na penetrační odpor spolu s vlhkostí půdy.

Ke zjištění vývoje odporu půdy na sledovaných lokalitách je však třeba delší doby a opakovaných měření.

Příloha 1. Mediány a průměry hodnot penetračního odporu půdy (MPa) v jednotlivých hloubkách – rok 2010

Hloubka (cm)	Chrlice - jaro	Chrlice - podzim	Lednice - jaro	Lednice - podzim	Moravský Žižkov - jaro	Moravský Žižkov - podzim	Nivnice - jaro	Nivnice - podzim
Medián - penetrační odpor (MPa) 2010								
4	0,65	1,50	0,40	0,30	0,60	0,10	0,75	0,20
8	1,05	2,35	0,80	0,20	0,90	0,10	1,65	0,40
12	1,10	2,15	0,85	0,65	0,80	0,15	1,95	0,60
16	1,10	2,85	0,95	0,55	0,80	0,20	2,40	1,30
20	1,30	3,45	1,05	0,75	1,00	0,20	2,45	1,80
24	1,40	3,30	1,15	0,80	1,15	0,50	2,40	2,10
28	1,95	3,70	1,20	0,90	1,40	0,65	2,60	2,50
32	2,45	4,30	1,25	1,05	2,15	0,90	2,70	2,90
36	2,80	4,20	1,50	1,75	2,45	1,60	2,95	3,40
40	2,85	4,20	2,15	2,10	2,65	1,80	2,95	4,00
44	3,10	4,20	2,40	2,30	2,35	1,95	3,05	4,20
48	3,40	4,65	2,80	2,55	2,15	1,85	3,15	4,20
52	3,55	5,15	2,85	2,90	2,00	2,00	3,35	5,30
56	4,00	4,50	3,20	3,05	2,35	2,10	3,55	5,50
60	4,50	5,20	3,25	3,30	2,15	2,30	3,80	5,30
64	4,35	5,70	3,20	3,55	2,25	2,60	4,25	5,40
68	4,60	5,10	3,10	3,75	2,40	2,75	4,85	5,40
72	4,65	5,90	3,10	3,85	2,50	2,55	5,00	5,40
Průměr - penetrační odpor (MPa) 2010								
4	0,74	1,69	0,46	0,39	0,64	0,13	0,80	0,21
8	0,99	2,39	0,80	0,30	0,96	0,13	1,70	0,42
12	1,05	2,51	0,90	0,63	0,87	0,18	2,00	0,63
16	1,21	2,80	1,00	0,61	0,87	0,23	2,40	1,26
20	1,24	3,19	1,16	0,72	1,00	0,24	2,42	1,76
24	1,41	3,17	1,20	0,81	1,06	0,43	2,37	2,21
28	1,97	3,55	1,31	0,87	1,57	0,60	2,55	2,66
32	2,44	4,06	1,31	1,01	2,19	1,00	2,66	3,10
36	2,72	4,29	1,70	1,61	2,50	1,57	2,81	3,47
40	3,04	4,19	2,13	2,06	2,52	1,86	2,81	3,75
44	3,16	4,46	2,41	2,28	2,41	1,94	3,04	4,19
48	3,33	4,69	2,72	2,48	2,31	1,89	3,24	4,45
52	3,51	5,18	2,78	2,82	2,24	1,95	3,42	5,16
56	4,00	5,07	3,09	3,01	2,42	2,05	3,70	5,48
60	4,27	5,42	3,15	3,24	2,37	2,26	3,84	5,37
64	4,36	5,45	3,15	3,46	2,36	2,39	4,28	5,27
68	4,55	5,51	3,16	3,69	2,34	2,44	4,64	5,88
72	4,75	5,54	3,15	3,79	2,55	2,54	4,76	5,61

Příloha 1. Mediány a průměry hodnot penetračního odporu půdy (MPa) v jednotlivých hloubkách – rok 2010

Hloubka (cm)	Bohaté Málkovice - jaro	Bohaté Málkovice - podzim	Jaroměřice 1 - jaro	Jaroměřice 1 - podzim	Jaroměřice 2 - jaro	Jaroměřice 2 - podzim
	Medián - penetrační odpor (MPa) 2010					
4	0,60	0,20	1,30	0,15	0,95	0,50
8	1,40	0,40	1,65	0,50	1,90	1,40
12	2,20	1,25	1,85	0,35	2,80	1,60
16	2,10	1,65	2,35	0,35	2,50	2,20
20	2,10	2,00	2,20	0,60	2,40	2,50
24	2,35	2,30	2,30	0,50	2,40	2,30
28	2,30	2,70	2,60	0,45	2,85	2,80
32	2,70	3,20	2,60	0,50	3,20	3,00
36	3,00	3,45	2,70	0,90	3,95	3,50
40	3,20	3,50	2,80	1,55	4,35	3,70
44	3,15	3,85	3,00	1,50	4,40	4,10
48	3,50	4,50	3,55	1,90	4,50	5,00
52	3,70	5,00	4,00	2,00	6,05	4,50
56	4,05	5,30	4,10	2,70	5,75	5,70
60	4,40	5,40	4,60	3,15	6,20	6,30
64	4,65	5,70	5,20	3,95	6,90	5,60
68	4,95	5,95	5,15	4,35	6,10	7,00
72	4,85	5,60	5,00	4,60	6,40	7,00
	Průměr - penetrační odpor (MPa) 2010					
4	0,60	0,21	1,37	0,41	0,97	0,79
8	1,32	0,58	1,70	0,70	1,99	1,54
12	1,92	1,34	1,74	0,60	2,93	1,96
16	2,09	1,74	2,34	0,68	2,76	2,33
20	2,06	2,05	2,21	0,75	2,58	2,47
24	2,24	2,29	2,24	0,76	2,50	2,53
28	2,40	2,71	2,43	0,64	3,02	2,85
32	2,65	3,07	2,62	0,72	3,38	3,11
36	3,00	3,54	2,82	1,12	3,95	3,34
40	3,23	3,64	2,86	1,62	4,27	3,65
44	3,36	3,88	3,19	1,74	4,59	3,82
48	3,58	4,40	3,49	2,08	4,76	4,95
52	3,71	5,10	3,98	2,20	5,80	4,82
56	3,95	5,31	4,22	2,79	5,85	5,65
60	4,38	5,58	4,65	3,30	5,91	6,29
64	4,57	6,11	5,14	3,90	6,77	4,85
68	4,79	5,93	5,67	4,54	6,41	7,20
72	4,90	5,73	5,09	4,73	6,60	6,89

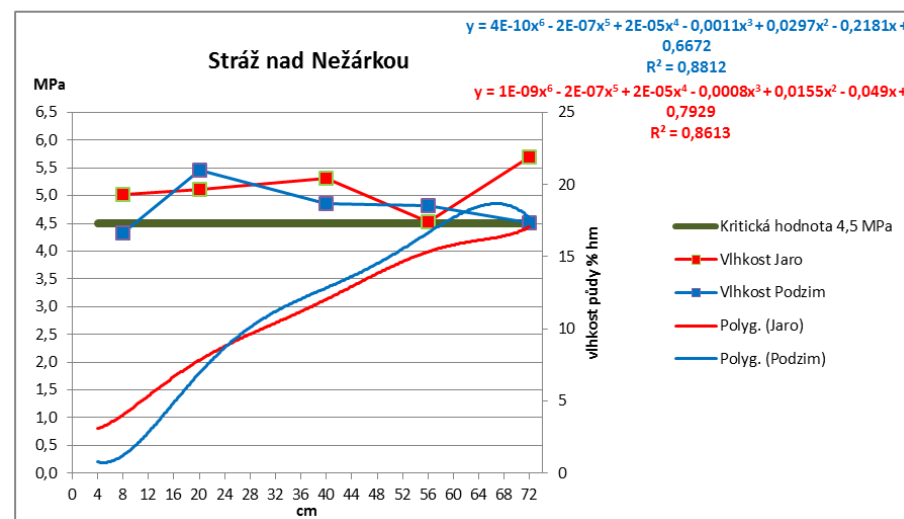
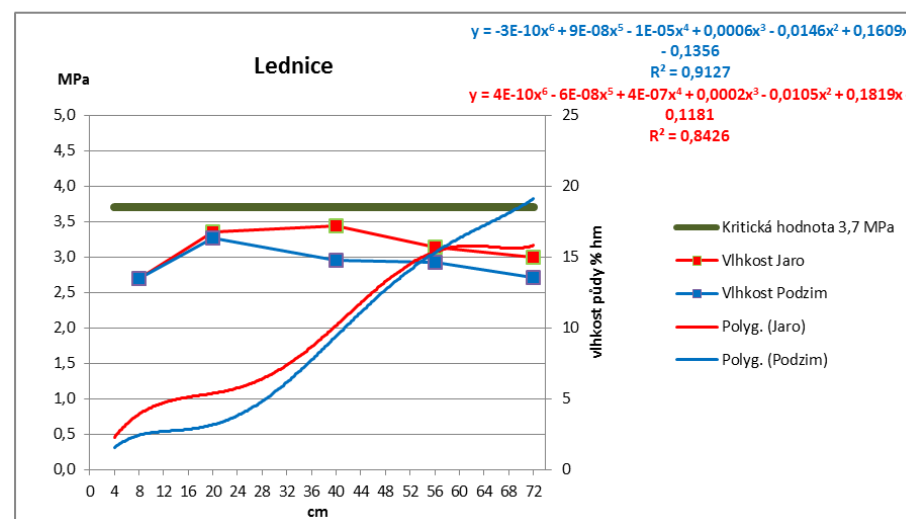
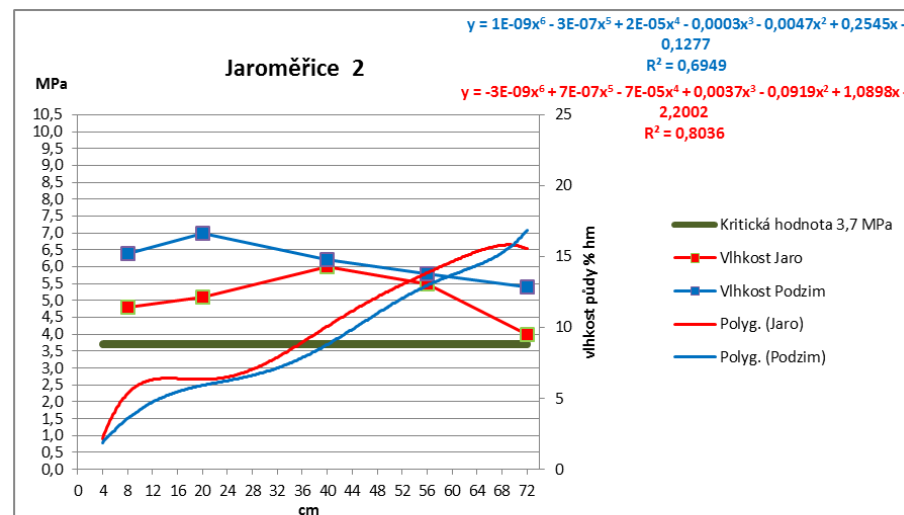
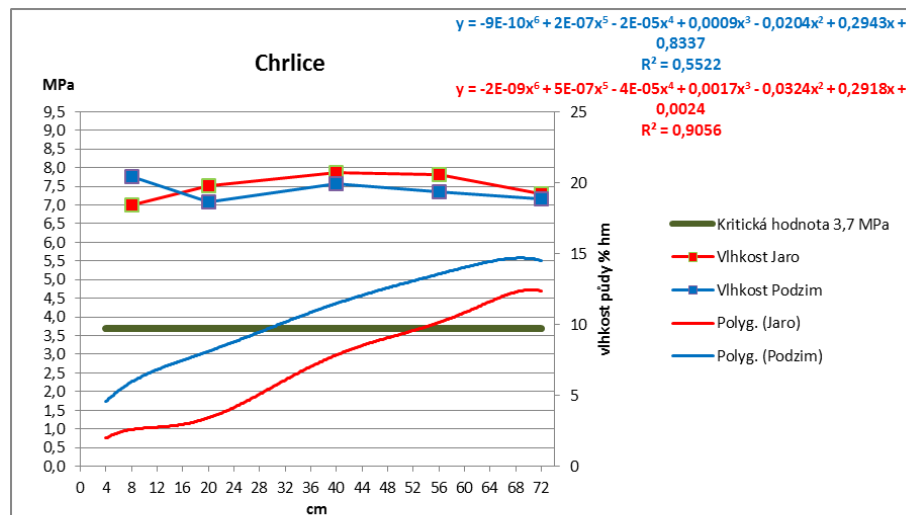
Příloha 1. Mediány a průměry hodnot penetračního odporu půdy (MPa) v jednotlivých hloubkách – rok 2010

Hloubka (cm)	Stráž nad Nežárkou - jaro	Stráž nad Nežárkou - podzim	Pašice - jaro	Pašice - podzim	Libějovice - jaro	Libějovice - podzim
	Medián - penetrační odpor (MPa) 2010					
4	0,85	0,20	0,50	1,40	0,60	0,45
8	0,90	0,25	0,90	1,80	1,20	0,50
12	1,30	0,80	1,45	2,30	1,40	0,55
16	1,90	1,60	2,05	3,05	1,50	0,65
20	2,15	1,70	2,50	3,50	1,50	0,70
24	2,10	2,20	3,05	4,10	1,50	1,80
28	2,40	2,60	3,45	4,40	2,50	2,60
32	2,75	2,95	3,85	4,85	2,80	3,10
36	2,95	3,15	4,15	5,10	3,00	3,50
40	3,20	3,30	4,45	5,45	2,70	3,20
44	3,45	3,50	4,35	5,80	2,80	3,10
48	3,60	3,90	4,65	5,70	2,90	3,10
52	4,00	4,00	5,35	5,95	3,30	3,65
56	3,95	4,30	5,55	6,05	3,30	3,75
60	4,15	4,55	5,50	5,95	4,00	4,10
64	4,20	4,80	5,50	5,95	4,70	4,65
68	4,40	5,00	5,75	5,90	4,70	4,60
72	4,55	4,95	5,55	6,10	4,70	5,10
	Průměr - penetrační odpor (MPa) 2010					
4	0,83	0,22	0,53	1,33	0,61	0,81
8	0,98	0,27	0,86	1,76	1,12	0,70
12	1,38	0,73	1,37	2,30	1,19	0,76
16	1,83	1,40	2,01	3,03	1,50	0,66
20	2,10	1,75	2,52	3,49	1,31	0,93
24	2,19	2,14	3,04	4,14	1,77	1,62
28	2,43	2,72	3,55	4,19	2,57	2,56
32	2,76	2,89	3,83	4,92	2,90	2,82
36	2,97	3,21	4,16	5,08	3,10	3,23
40	3,07	3,24	4,36	5,30	2,74	3,25
44	3,36	3,63	4,42	5,69	2,72	3,30
48	3,64	3,81	4,66	5,70	2,97	3,35
52	3,88	3,88	5,03	5,89	3,28	3,86
56	3,90	4,45	5,20	6,04	3,40	3,80
60	4,10	4,56	5,28	6,18	4,12	4,02
64	4,19	4,87	5,43	5,80	4,52	4,46
68	4,33	4,79	5,53	5,86	4,70	4,60
72	4,42	4,61	5,40	6,09	4,59	4,78

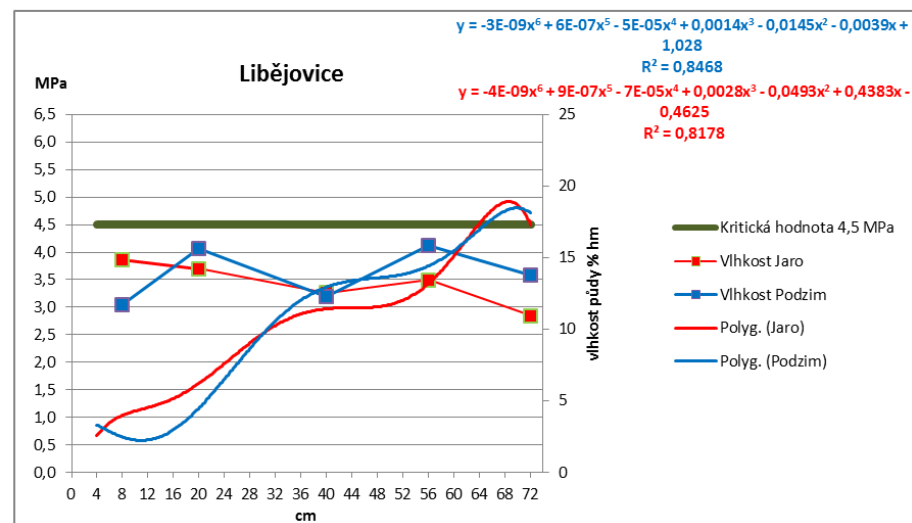
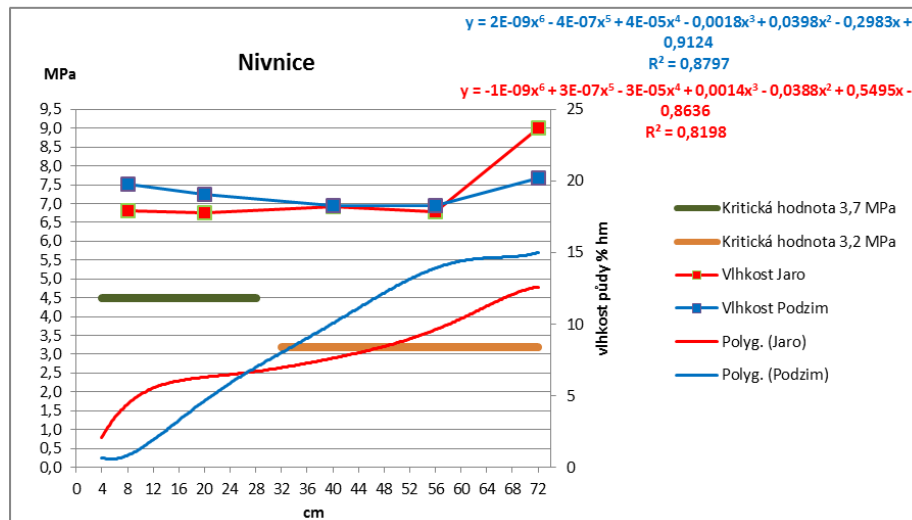
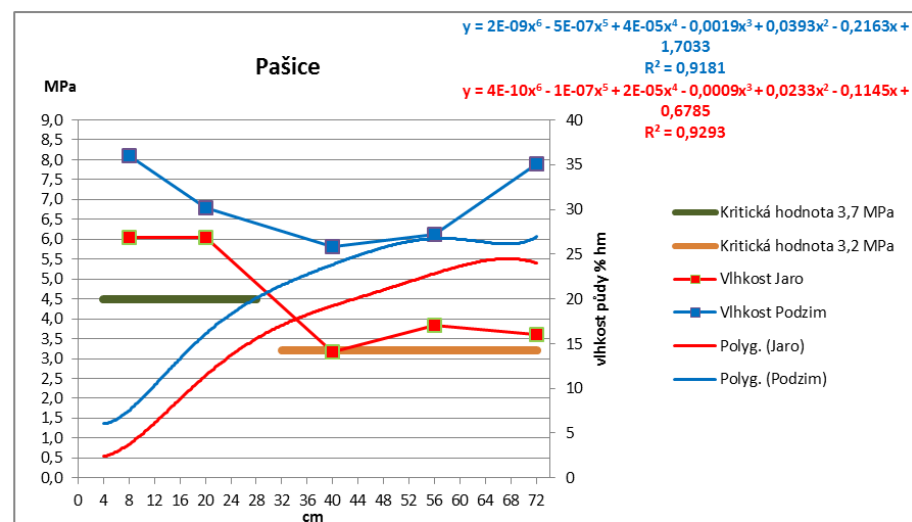
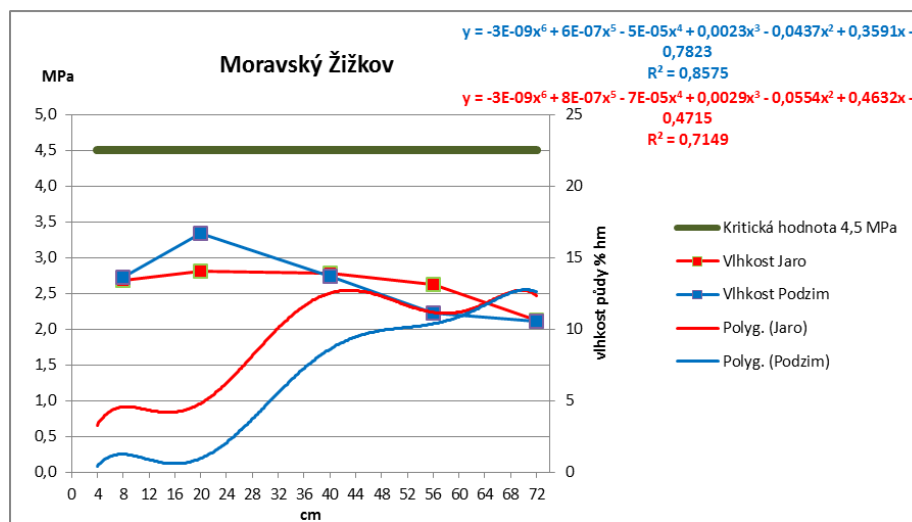
Příloha 1. Mediány a průměry hodnot penetračního odporu půdy (MPa) v jednotlivých hloubkách – rok 2010

Hloubka (cm)	Dražič - jaro	Dražič - podzim	Borkovice - jaro	Borkovice -podzim
	Medián - penetrační odpor (MPa) 2010			
4	0,75	1,55	0,75	1,30
8	0,95	1,40	0,90	1,10
12	1,00	1,10	1,15	1,05
16	0,95	1,30	1,15	1,20
20	0,95	1,20	1,10	1,30
24	1,25	1,35	1,05	1,70
28	1,95	2,00	1,65	2,65
32	2,40	2,65	2,50	3,05
36	2,70	3,00	2,55	3,05
40	2,85	3,15	2,70	3,30
44	3,15	3,95	2,75	3,50
48	3,60	4,40	3,10	3,75
52	3,90	4,60	3,30	4,35
56	4,50	5,55	3,85	4,85
60	4,70	5,65	4,20	5,00
64	5,05	6,00	4,80	4,90
68	5,65	6,35	4,95	4,80
72	7,50	5,50	5,20	6,00
	Průměr - penetrační odpor (MPa) 2010			
4	0,84	1,66	0,86	1,37
8	1,14	1,34	0,93	1,28
12	1,13	1,23	1,05	1,18
16	1,00	1,37	1,18	1,31
20	0,99	1,32	1,08	1,30
24	1,30	1,72	1,17	1,61
28	1,89	2,10	1,68	2,42
32	2,46	2,66	2,30	2,96
36	2,73	3,05	2,48	3,14
40	2,99	3,14	2,58	3,30
44	3,12	3,89	2,80	3,58
48	3,51	4,32	3,07	3,98
52	3,92	4,66	3,47	4,37
56	4,59	5,50	4,14	5,19
60	5,08	5,72	4,53	5,15
64	5,36	5,87	5,03	4,98
68	6,18	6,24	5,38	4,88
72	7,30	5,71	5,46	5,93

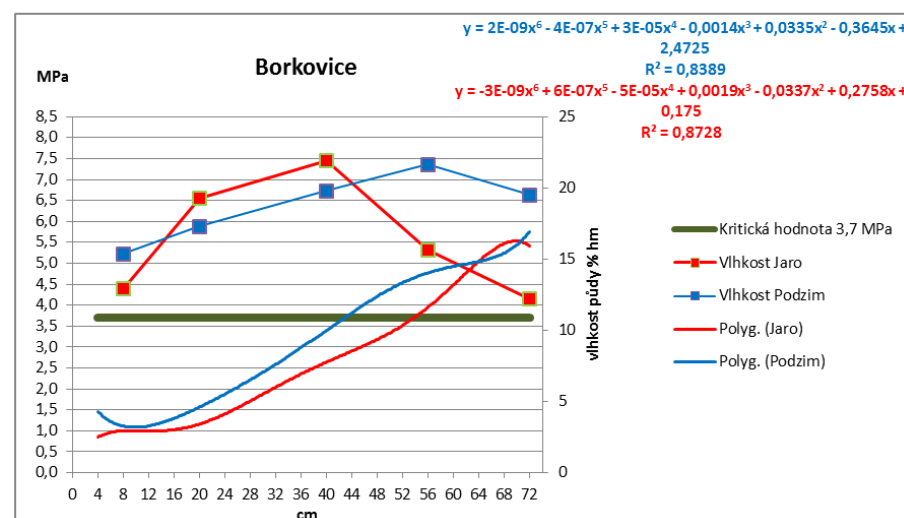
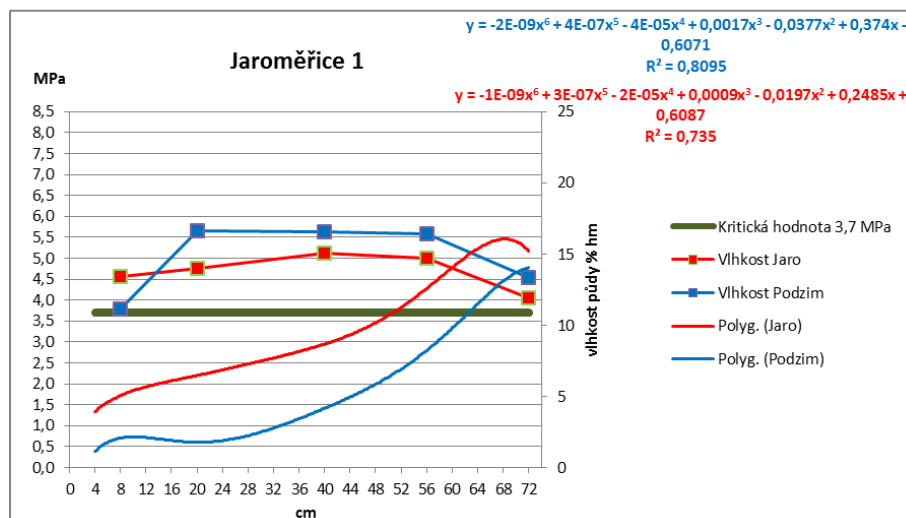
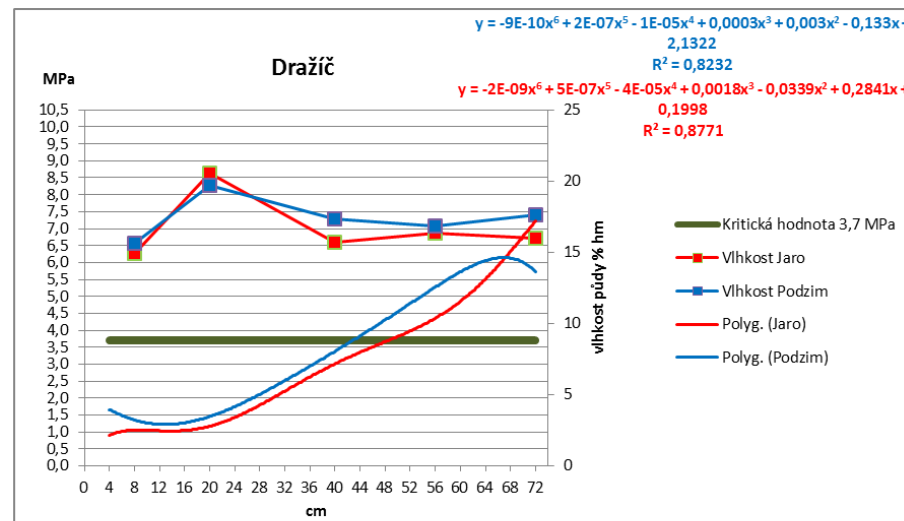
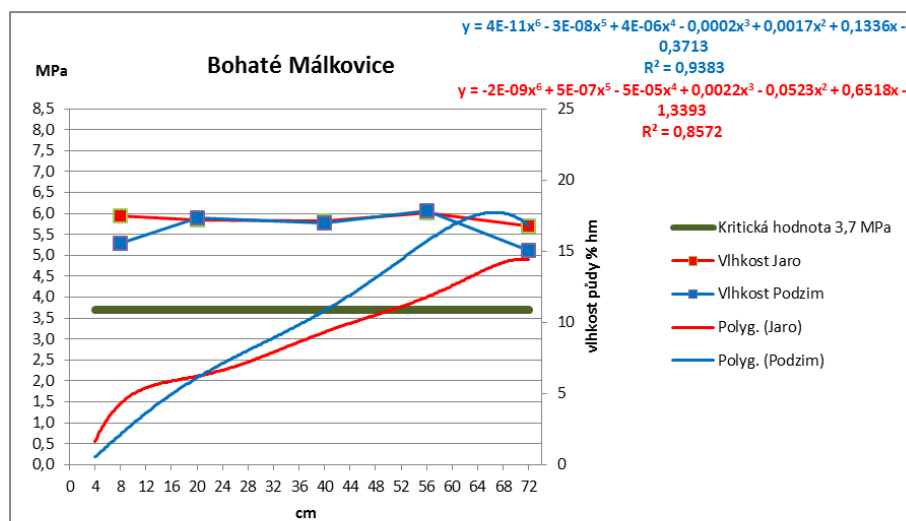
Příloha 2. Křivky penetračního odporu půdy s kritickou hodnotou a půdní vlhkostí 2010



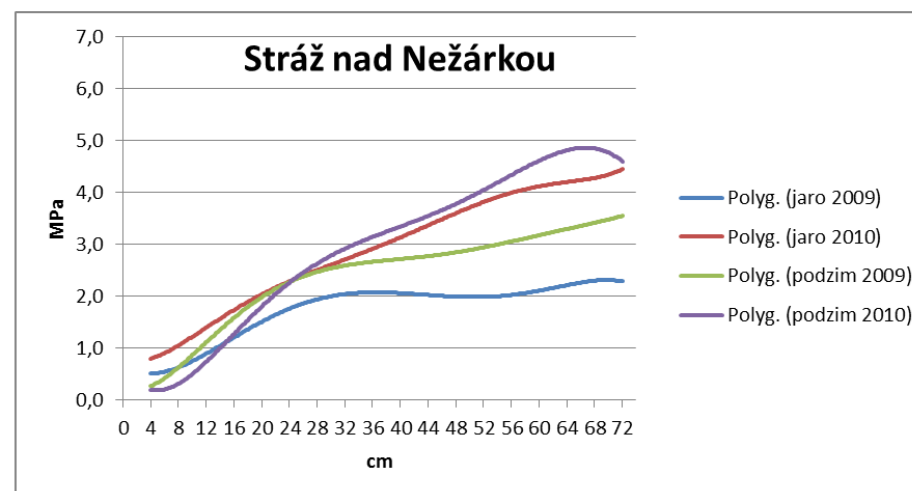
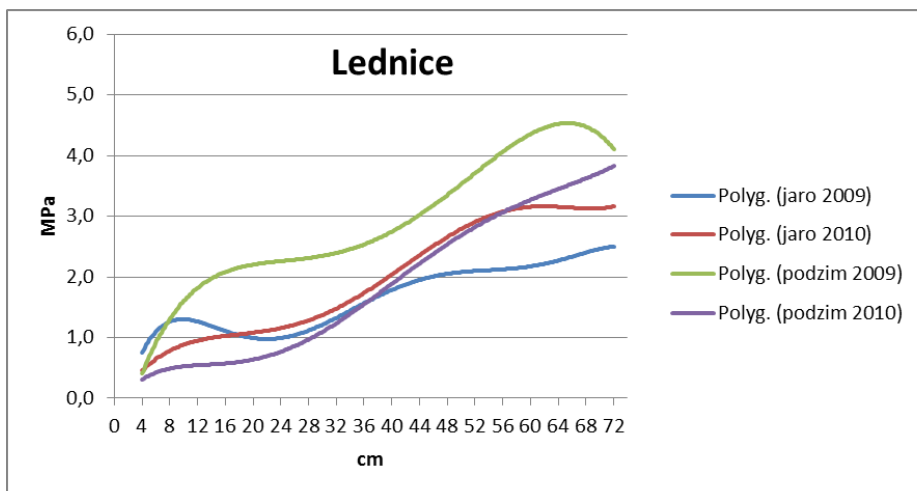
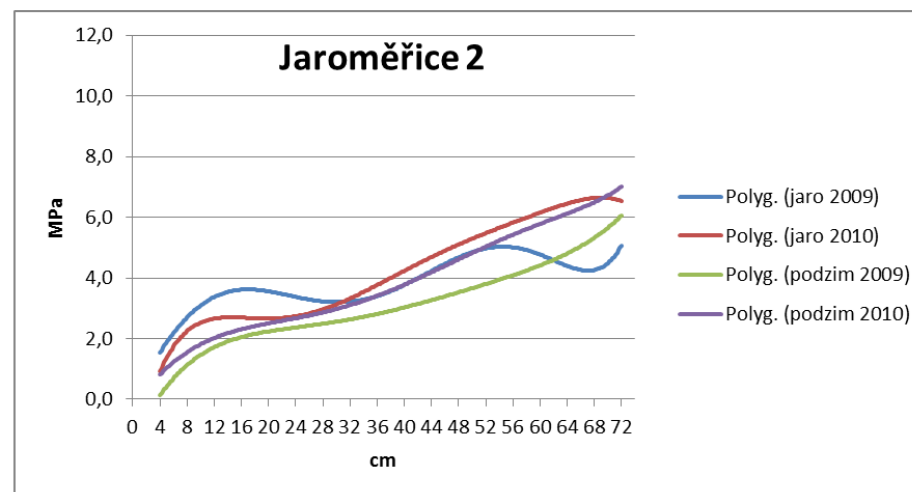
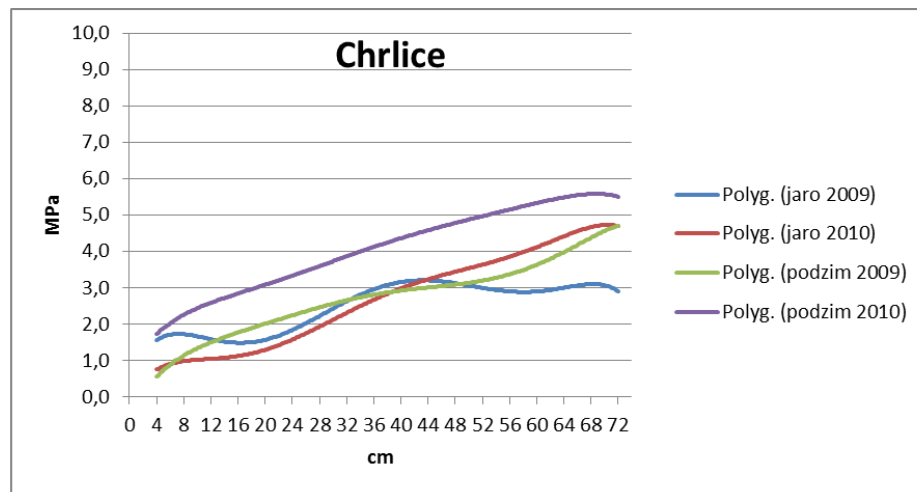
Příloha 2. Křivky penetračního odporu půdy s kritickou hodnotou a půdní vlhkostí 2010



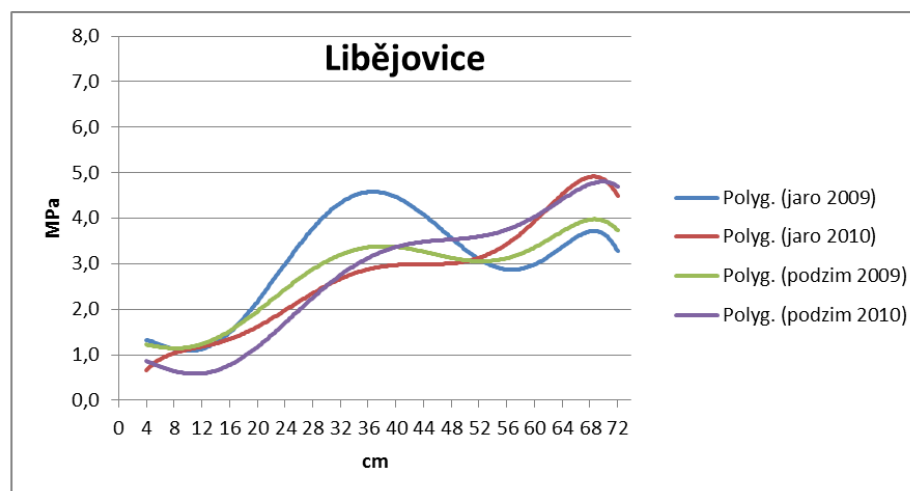
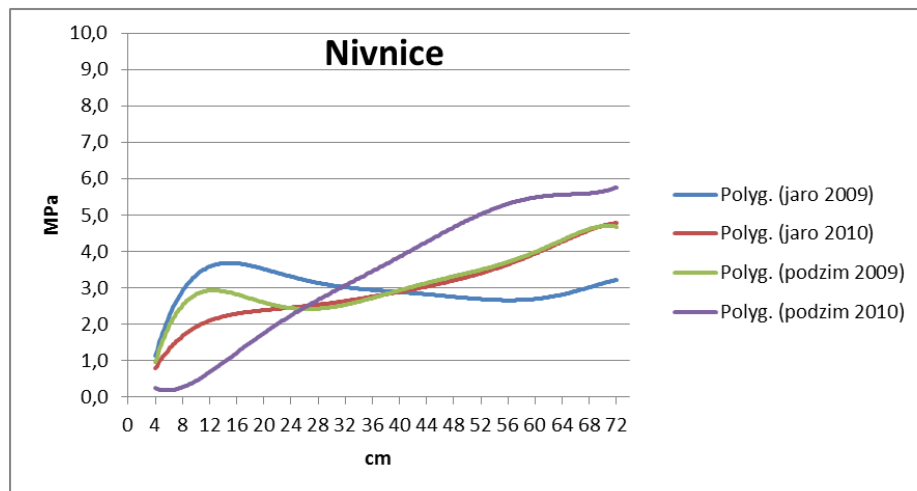
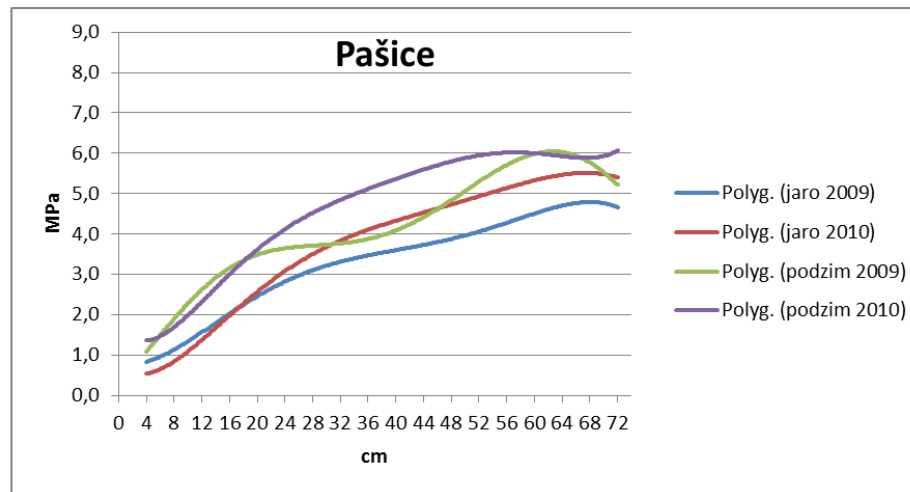
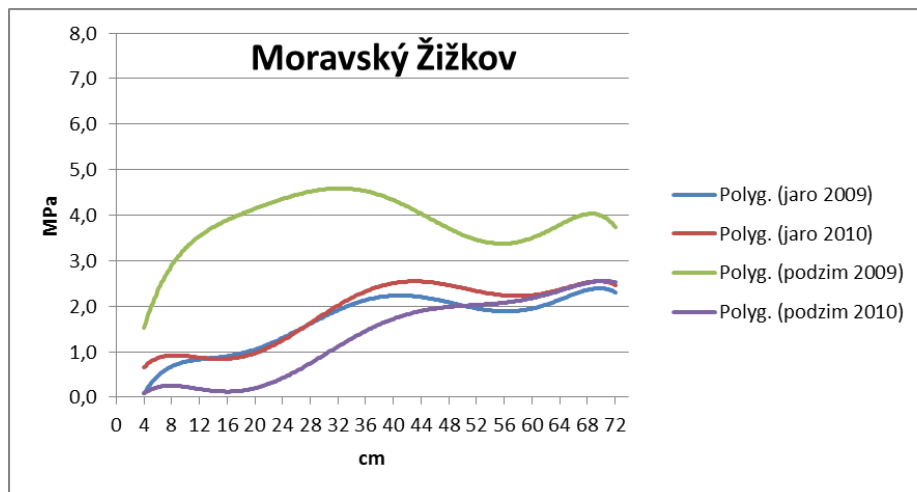
Příloha 2. Křivky penetračního odporu půdy s kritickou hodnotou a půdní vlhkostí 2010



Příloha 3. Křivky penetračního odporu půdy 2009, 2010



Příloha 3. Křivky penetračního odporu půdy 2009, 2010



Příloha 3. Křivky penetračního odporu půdy 2009, 2010

