

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta
Katedra biologie ekosystémů



**Distribuce a transport fosforu v malých
zemědělských povodích**

diplomová práce

Bc. Jan Richtr

vedoucí práce: doc. Ing. Josef Hejzlar, CSc.

České Budějovice

duben 2011

Richtr J. (2011): Distribuce a transport fosforu v malých zemědělských povodích

[Distribution and transport of phosphorus in small agricultural catchments of the South Bohemian Region, Master thesis] 55 p. Department of Ecosystem Biology, Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

Diplomová práce se zabývá koncentracemi a prostorovou distribucí přístupného P a jeho hlavních vazebných partnerů v půdách malých zemědělských povodí a vztahem těchto látek ke koncentracím hlavních forem P v odtocích z těchto povodí.

Annotation:

The thesis assess concentrations and spatial distribution of available phosphorus and its binding partners in agricultural soils in relation to critical concentrations of main P forms in runoff from this investigated catchments.

Práce byla finančně podpořena projektem Grantové agentury Akademie věd ČR 32-KJB601410708.

Kontaktní adresa:

Bc. Jan Richtr, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie ekosystémů, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice, e-mail: richtr.jan@gmail.com

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 28. dubna 2011

Bc. Jan Richtř

Poděkování

Rád bych poděkoval všem kolegům, spolupracovníkům, rodině a kamarádům, kteří mi během zpracování magisterské práce pomáhali a podporovali. Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Josefu Hejzlarovi za pomoc a odborné vedení, dále Evě Semančíkové, Veronice Holcové a Marcele Cuhrové za příjemnou a přínosnou práci v týmu, také Jakubovi Borovcovi, Pavlu Hosnedlovi, Tomáši Pickovi, Stanislavu Grillovi a Simoně Polákové za ochotu a cenné rady.

Obsah

Poděkování	iv
Obsah.....	v
Seznam zkratk.....	vi
1 Úvod a cíle práce	1
1.1 Cíle práce	3
2 Literární přehled	4
2.1 Chování P v půdě.....	4
2.2 Prostorová distribuce P	6
2.3 Sorpčně-desorpční rovnováha a výpočet DPS	7
2.4 Metody extrahování přístupného P	8
3 Metodika	10
3.1 Studovaná povodí	10
3.2 Terénní odběry vzorků půd.....	12
3.3 Laboratorní analýzy půd	14
3.4 Terénní odběry vzorků vod.....	17
3.5 Analýzy vod.....	17
3.6 Statistické metody.....	18
4 Výsledky	19
4.1 Geografické a hydrologické charakteristiky povodí	19
4.1.1 Plodiny	19
4.1.2 Geomorfologie zemědělských povodí.....	19
4.2 Výsledky půdních analýz.....	20
4.2.1 Vztah mezi M3P, Pox a Ptot	28
4.2.2 Stupeň saturace půdy fosforem	28
4.2.3 Vliv svažitosti na distribuci fosforu a dalších proměnných.....	29
4.2.4 PCA analýza	29
4.3 Výsledky analýz vod.....	32
4.3.1 Vztah mezi půdním P a P v odtocích z povodí.....	36
5 Diskuze	38
6 Závěry	47
Citovaná literatura	49
Přílohy	54

Seznam zkratek

Al_{ox}	extrahovaný hliník v oxalátovém výluhu
Al_{tot}	celkový hliník
C_{tot}	celkový uhlík
DPS	stupeň saturace půdy fosforem (Degree of Phosphorus saturation)
Fe_{ox}	extrahované železo v oxalátovém výluhu
Fe_{tot}	celkové železo
M3P	rozpuštěný reaktivní fosfor z výluhu Mehlich 3
NP_{ox}	nereaktivní oxalátový fosfor jako rozdíl TP_{ox} a P_{ox}
N_{tot}	celkový dusík
OH	organická hmota
OP	orné půdy
P_{ox}	oxalátový rozpuštěný reaktivní P
PP	partikulovaný P
P_{tot}	celkový P
RNP	rozpuštěný nereaktivní P
RRP	rozpuštěný reaktivní P
RP	rozpuštěný P
TP_{ox}	celkový oxalátový P
TTP	trvalé travní porosty
VP	veškerý (celkový) P

1 Úvod a cíle práce

Fosfor (P) je jednou z limitujících živin v ekosystémech. V povrchových vodách může jeho nadbytek způsobovat problémy spojené s přemnožením řas a sinic a zapříčinit tak vodohospodářské i ekologické škody (Bennett et al. 2001, Smith 2003). Odnos ze zemědělských půd je považován za jeden z hlavních nebodových zdrojů této živiny pro povrchové vody (např. Carpenter et al. 1998, McDowell et al. 2001, Gelbrecht et al. 2005). Protože je P poměrně silně vázán na půdní částice, jsou erozní procesy často pokládány za hlavní transportní mechanismus P ze zemědělských půd do povrchových vod (Verstraeten et Poesen 2002). Druhou možnou cestou, jak se P dostává do povrchových vod, je transport jeho rozpuštěných forem průsakem podpovrchových vod nebo při povrchovém odtoku během velkých srážkových událostí. Tyto cesty mohou být za určitých podmínek dominantním zdrojem P v povodí (McDowell et al. 2001).

Koncentrace P v odtoku ze zemědělských povodí jsou výsledkem velkého množství procesů, které se mohou měnit v prostoru i čase. Závisejí například na složení půdního P a sorpčních vlastnostech vrstev půdy, kterými voda prochází na své cestě mezi vsakem srážek a opětovným vývěrem ve vodoteči odvodňující dané povodí. Kvůli různým typům cest a časové variabilitě průtoku vody půdou jsou procesy řídící tento typ transportu složitější než procesy ovlivňující povrchový odtok P (Sharpley 1995). Koncentrace P v podpovrchovém odtoku klesá s narůstající četností interakcí voda – půda, a to hlavně kvůli sorpčním reakcím.

U člověkem ovlivňovaných agroekosystémů pak také určuje výslednou koncentraci P v odtoku způsob obhospodařování půdy, úprava vodního režimu, typ, struktura a fyzikálně-chemické vlastnosti půdy (McDowell et al. 2001).

Pochopení těchto faktorů a jejich vlivu na mobilitu P v půdách je klíčové pro ohodnocení vlivu zemědělských půd na eutrofizaci vod a pro tvorbu kvalitních nástrojů na identifikaci plošných zdrojů P ze zatížených půd. V současné době je často diskutována problematika kvality povrchových vod z hlediska jejich vysoké trofie a důsledků eutrofizace vodních ekosystémů. Tato diplomová práce by měla přispět ke znalostem o transportu P ze zemědělských povodí s vnitrozemským klimatem a zodpovědět často pokládanou otázku: Do jaké míry přispívá konvenční zemědělství k eutrofizaci povrchových vod?

Zatímco se většina obdobných prací věnuje laboratorním a polním experimentům (např. Haygarth et al. 1998, Horta et Torent 2007, Pote et al. 1996, Vadas et al 2005, Maguire et Sims 2002), tato práce vyšetřuje stav a transport P podpovrchovým odtokem v rámci 21 malých zemědělských povodí a pokouší se pomocí terénního výzkumu ověřit platnost vztahů půdního P a P v odtocích, a to na úrovni zemědělské krajiny.

1.1 Cíle práce

- formou kampaňového odběru vzorků získat kvantitativní a kvalitativní informace o P v půdách zemědělských povodí. Vyhodnotit prostorovou distribuci fosforu a jeho hlavních vazebných partnerů na zkoumaných plochách a porovnat tuto distribuci mezi povodími s ornými půdami (OP) a trvalými travními porosty (TTP), dále také porovnat extrakci P agronomickou metodou Mehlich 3 a „environmentální“ oxalátovou metodu v souvislosti s celkovým obsahem P v půdě a vypočítat Stupeň saturace půdy fosforem (DPS),
- formou pravidelného monitoringu odtoků z vybraných povodí vyhodnotit analogické formy P v odtokové vodě z povodí a porovnat koncentrace P v odtoku mezi povodími s převládajícím hospodařením OP nebo TTP,
- vyhodnotit, zda existuje vztah mezi P, respektive DPS, vyšetřovaných půd v povodí s OP a TTP a P v odtocích z těchto povodí a zjistit jaké další faktory mohou mít vliv na potencionální mobilitu P do povrchového odtoku.

2 Literární přehled

Půda je velmi heterogenní prostředí, kde dochází k bezpočtu interakcí mezi všemi jejími součástmi. Koncentrace a formy fosforu transportovaného do povrchového odtoku v povodích jsou výsledkem interakcí půdního roztoku s půdními částicemi, vlivu organické hmoty a dalších činitelů jako je pH, struktura půdy, typ podloží, morfologie a hydrologie povodí (Carpenter et al. 1998). Přírozené koncentrace P jsou v půdách relativně nízké a závisí především na typu podloží či atmosférických depozicích (Pierzynski et al. 2005). Například v šumavských lesních půdách se koncentrace oxalátového reaktivního fosforu pohybuje okolo 90–180 mg.kg⁻¹ (Šantrůčková et al. 2004).

U člověkem ovlivňovaných agroekosystémů určuje výslednou koncentraci P v půdách především aplikace hnojiv a způsob obhospodařování. Tato činnost následně ovlivňuje koncentrace P v odtoku ze zemědělských povodí (McDowell et al. 2001, Motavalli et Miles 2002).

2.1 Chování P v půdě

Mobilita P v půdách je obecně malá a je ovlivňována především sorpčními procesy, pH půdního roztoku, popřípadě nepřímo redoxními podmínkami v půdě (Pierzynski et al. 2005). Fosfor, především jako orthofosforečnan H₂PO₄, se v půdě váže na různé typy míst s pozitivním nábojem. Jedná se především o hydroxyoxidy hliníku a železa a jílové minerály nahrazením OH⁻ a H₂O vázaných na tyto částice, a to v nealkalických půdách (Sims et Sharpley 2005.). Dalším procesem fixace P je například srážení s ionty Al³⁺, Fe³⁺, Mn³⁺, v kyselých půdách a CaCO₃ v půdách alkalických (Brady et Weil 2002), avšak velká část P v půdě se adsorbuje na půdní částice nebo je zabudována do organické hmoty (Holtan et al. 1988). Organická hmota (OH) sice obsahuje organický fosfor, ale díky

negativnímu náboji hydroxylových sorpčních míst není přímým vazebným místem pro fosforečnan a kompetuje s ním o kladně nabitá sorpční místa. Organická hmota může snížit fixaci P nebo zpomalit adsorpci P na anorganické povrchy (Brady et Weil 2002). Šantrůčková et al. (2004) uvádějí, že větší produkce organických kyselin v půdě může snížit adsorpční kapacitu půdy a maskovat tak vazebná místa pro P. Anorganická adsorpční místa pro P jsou především hydratované sesquioxidy, amorfni a krystalické minerály Al a Fe v kyselých nealkalických půdách (Sharpley 1995). Tato sorpční místa a množství fosforu na ně vázané hrají hlavní roli v udržování rovnovážné koncentrace P v půdním roztoku. Tyto sorbčně/desorpční procesy jsou z environmentálního hlediska nejdůležitějším mechanismem v půdní chemii fosforečnanů (Sims et Sharpley 2005).

Intenzivním zemědělským hospodařením se mohou měnit i vlastnosti sorpčního komplexu pro P (Pierzynski et al. 2005). Půdy jsou dále obohacovány o P v podobě minerálních nebo statkových hnojiv. V České republice je současná spotřeba minerálních hnojiv ve srovnání s průměrem do roku 1990 přibližně patnáctiprocentní (Klement 2005b). Podle agrochemického zkoušení půd, které se v ČR pravidelně provádí, se průměrný obsah přístupného P (stanovený metodou Mehlich 3) snižuje, i když tento pokles má vysokou variabilitu (Klement 2005b). V dnešní době je koncentrace přístupného P (Mehlich 3) u orných půd v ČR průměrně 95 mg.kg^{-1} a u trvalých travních porostů 77 mg.kg^{-1} (Klement 2005a). Je-li sorpční komplex pro P narušen, další aplikací P se jeho rovnovážná koncentrace zvyšuje a působením dalších, zejména hydrologických faktorů, nastává vyplavování P do vodotečí či jejich obohacování o částice s vysokou koncentrací vázaného P díky erozním procesům. I když se jedná v případě zemědělských půd o plošné zdroje P, není distribuce P ani rizikových míst homogenní a je značně ovlivněna lokálními půdními podmínkami a dalšími faktory, jako například blízkostí toku, množstvím preferenčních cest, morfologickými odlišnostmi povodí, odvodňovací drenáží a místně-specifickým

typem hospodaření (Haygarth et al. 1998). Správné ohodnocení těchto faktorů a jejich vliv na mobilitu P v půdách je klíčové pro pochopení specifické role zemědělských půd na eutrofizaci vod a také nezbytné pro tvorbu kvalitních nástrojů identifikace plošných zdrojů P z postižených půd (Gburek et al. 2005).

2.2 Prostorová distribuce P

Přirozený obsah P v půdě závisí především na typu matečného substrátu, stupni zvětrání podloží, klimatických podmínkách a velikosti ztrát P z půdy povrchovým a podpovrchovým odtokem. Největším přirozeným zdrojem P je proces zvětrávání matečných hornin obsahující apatitové minerály $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})]$ (Stevenson 1986). Jak uvádí například Haygarth et al. (1998), množství P v půdě se s rostoucí hloubkou snižuje. Největší obsah P je obvykle v horním A horizontu, a to především díky recyklaci fosforu rostlinami a půdními organismy. Naopak nejmenší je v dolním A horizontu a svrchním B horizontu (Stevenson 1986). V orných půdách nemusí být stratifikace P v prvních 30 cm (hloubka orby) tak významná, ale u pastvin a ploch neobhospodařovaných orbou se koncentrace P s hloubkou rychle mění (Haygarth et al. 1998), a to především kvůli sorpci P a intenzivnější biologické aktivitě anebo akumulaci organického materiálu v povrchových vrstvách. Nicméně obsah P v jednotlivých půdních vrstvách kolísá i s typem matečné horniny a u zemědělských půd s typem obhospodařování. Tyto faktory ovlivňují jak obsah anorganických tak i organických forem P (Sharpley 1995).

Obohacování spodních vrstev půd o P, může vést k jeho větší mobilitě do odtoku z povodí, protože hlubší půdní vrstvy mohou být hydrologicky propojené s vodotečí. Reálná ohroženost půd k odnosu P je složitá funkce mnoha faktorů a odhad mobilizovaného množství P či transportovaných forem P není jednoduchý. Při určité

kombinaci těchto faktorů může být odnos P i z intenzivně zatěžovaných půd minimální a naopak.

2.3 Sorpčně-desorpční rovnováha a výpočet DPS

Rovnovážný stav P v půdě narušuje zemědělská činnost, především aplikací hnojiv obsahujících P (Bundy et al. 2005). Potencionální kapacita půdy vázat P je vyšetřována pomocí tzv. adsorpčně-desorpční isotermy, která může být použita k určení adsorpčních maxim konkrétních půd (Froelich 1988). Laboratorně se určuje stanovením několika rovnovážných koncentrací, které se ustanovují po relativně dlouhou dobu (okolo 24 hodin). Proto tyto metody nejsou vhodné pro testování větších serií vzorků, či pro rutinní identifikaci ohrožených půd (Sharpley 1995).

Na základě zjištění, že u většiny nealkalických půd tvoří většinu adsorpčních míst pro P hydroxyoxidy Al a Fe, které určují vlastnosti této izotermy (Gburek et al. 2005), je možno využít zjednodušeného vztahu tzv. stupně saturace půdy fosforem (DPS), který využívá oxalátové metody extrakce přístupného P a hydroxyoxidů Al a Fe (např. Schoumans 2000, Maguire et Sims 2002 nebo Gburek et al. 2005). Vadas et al. (2005) použili data o DPS z několika studií různých typů půd a našli vztah mezi tímto stupněm saturace půdy fosforem a rozpuštěným reaktivním P v odtoku z půd. V tomto nelineárním vztahu je jasná prahová hodnota DPS 24% kdy koncentrace RRP v odtoku začínají rychle narůstat. Toto zjištění koresponduje s prahovou hodnotou 25% používanou v holandské metodice (Vadas et al. 2005). Vadas et al. (2005) také zjistili, že určení stupně saturace půdy fosforem vypočítaného z oxalátové metody poskytuje lepší predikci množství rozpuštěného reaktivního P v odtoku než metodou Mehlich 3 či jinými typy metod. Maguire et Sims (2002) ve svém přehledu několika prací ukazují, že pokud začne být půda

saturovaná fosforem, zvyšuje se úměrně i koncentrace P v půdním roztoku. V České republice se metoda Mehlich 3 používá pro agrochemické zkoušení půd (Klement 2005a).

2.4 Metody extrahování přístupného P

Oxalátová metoda

Oxalátová metoda extrahuje P vázaný především na amorfní oxidy Al a Fe a dále některé organické formy P (Turner et al. 2007). Extrakční směs obsahuje šťavelan amonný $(\text{COONH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ a kyselinu šťavelovou $(\text{COOH}_2) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a hodnota jejího pH extrakční směsi se pohybuje okolo 3. Tato metoda se nejvíce uplatňuje při stanovení stupně saturace půdy P (DPS) (Schoumans 2000). Stupeň saturace půdy fosforem je definován jako poměr mezi molárním množstvím fosforečnanů akumulovaného v půdě a maximální sorpční kapacitou půdy, která je v tomto případě vypočítána z molární koncentrace rozpuštěných hydroxyoxidů Al_{ox} a Fe_{ox} v extraktu (Schoumans 2000), jak ukazuje rovnice 1.

$$\text{DPS} = [\text{P}_{\text{ox}} / (\text{Al}_{\text{ox}} + \text{Fe}_{\text{ox}}) \times 0,5] \times 100 \quad (1)$$

kde:

PSI – fosforečnanový saturační index (%)

P_{ox} , Al_{ox} , Fe_{ox} – látková množství v oxalátovém půdním extraktu ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Metoda Mehlich 3

Mehlich 3 metoda extrahuje P přístupný pro rostliny v kyselých a neutrálních půdách. Koncentrace považované za optimální pro výživu rostlin mají u této metody hodnoty 45–50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, ty jsou vyšší než u ostatních agronomických metod (Sims 2000). Test se používá také ke stanovování hned několika prvků v jednom roztoku (P, K, Ca, Mn, Cu, Fe a Zn) (Sims 2000). Extrakční činidlo tohoto testu má pH 2,5 a obsahuje následující složky: 0,2 M kyselina octová (CH_3COOH); 0,25 M dusičnan amonný (NH_4NO_3); 0,015 M

fluorit amonný (NH_4F); 0,013 M kyselina dusičná (HNO_3); 0,001M EDTA $[(\text{HOOCCH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2]$.

Takzvané agronomické metody, mezi které patří i metoda Mehlich 3, reflektují potřebu získání informace o přístupném P pro rostliny, nicméně z environmentálního hlediska je potřeba zjistit koncentraci P kritickou pro transport z půd.

3 Metodika

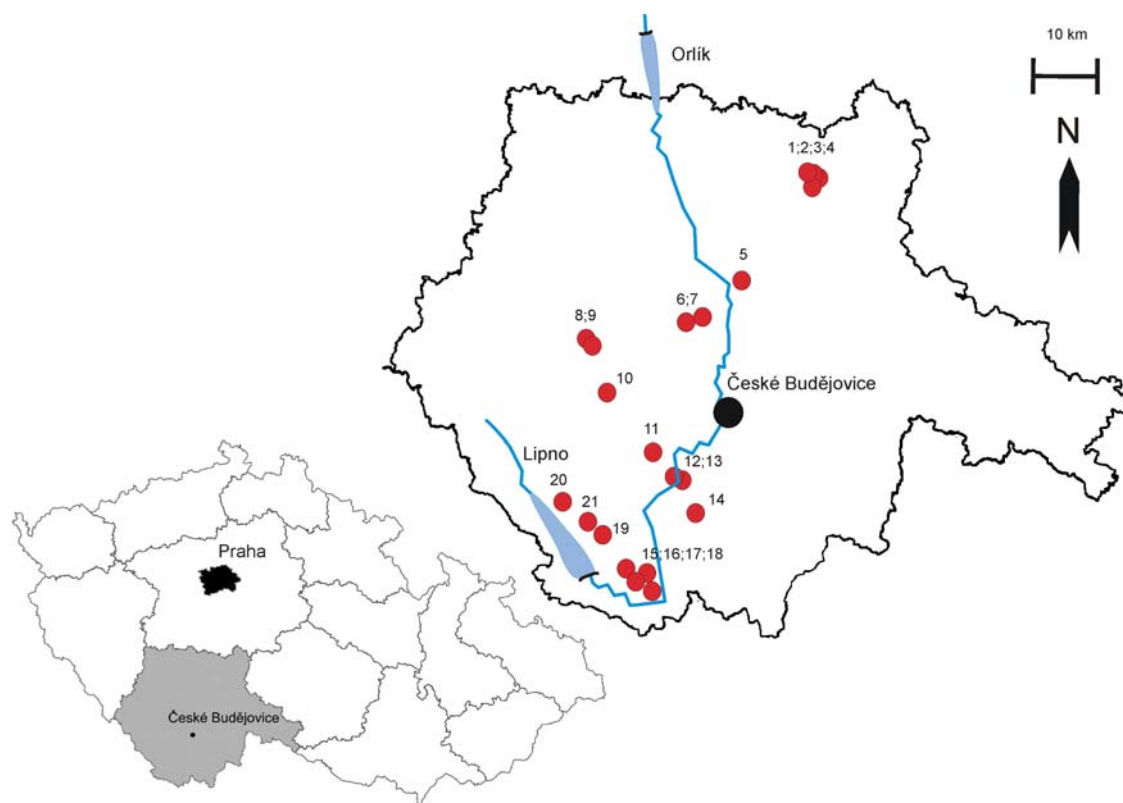
3.1 Studovaná povodí

Pro tuto práci bylo vybráno 21 zemědělských povodí o ploše několika km² na území Jihočeského kraje (obr.1). Všechny vybrané lokality patří do povodí horního toku Vltavy. Sledovaná povodí se rozprostírají na ploše cca 4 000 km². Malá zemědělská povodí byla vybrána na základě mapových podkladů v GIS a musela splňovat následující kritéria:

- zemědělská půda musela zaujímat většinu území (nad 50 %),
- v povodí nesměla být přítomna zástavba či jiné možné bodové zdroje fosforu (sklárky hnoje, jímky, trativody apod.),
- všechna povodí musela zahrnovat stejný půdní typ, v tomto případě kambizem,
- území nesměla obsahovat mokřady či trvale podmáčené plochy,
- každé povodí muselo být zakončeno odtokem přítomným po převážnou část roku

Konečný výběr povodí byl proveden přímo v terénu. Z 21 vybraných povodí u 14 dominovala orná půda (dále OP) (povodí 1–14) a u 7 pak trvalé travní porosty (TTP) (povodí 15–21). Vybrané nechemické charakteristiky povodí jsou uvedeny v tab. 1. Pomocí programu ArcGIS (ArcGIS 10, ESRI™ 2010) byla určena plocha povodí podle rozvodnic, nadmořská výška (v místě uzávěrových profilů povodí) a sklonitost jednotlivých zkoumaných ploch. Typ podloží daného povodí byl zjištěn pomocí Lokalizační webové aplikace verze 2.0 (mapové podklady s měřítkem 1:50000) České geologické služby (www.geology.cz). Na základě leteckých snímků a terénního pozorování bylo spočítáno zastoupení jednotlivých krajinných jednotek (orná půda, TTP,

lesní porosty). Srážkové úhrny pro období od 15. 1. 2008 do 25. 2. 2009 na jednotlivých lokalitách byly získány z Českého hydrometeorologického úřadu (ČHMÚ). Druhy pěstovaných plodin na OP byly zjišťovány formou osobních návštěv daných lokalit, a to v letech 2008 a 2009 (viz tab. 1).



Obr.1 Přehledová mapka Jihočeského kraje s vybranými zemědělskými povodími.

Tab. 1 Základní geografické, geomorfologické a další charakteristiky vybraných povodí.

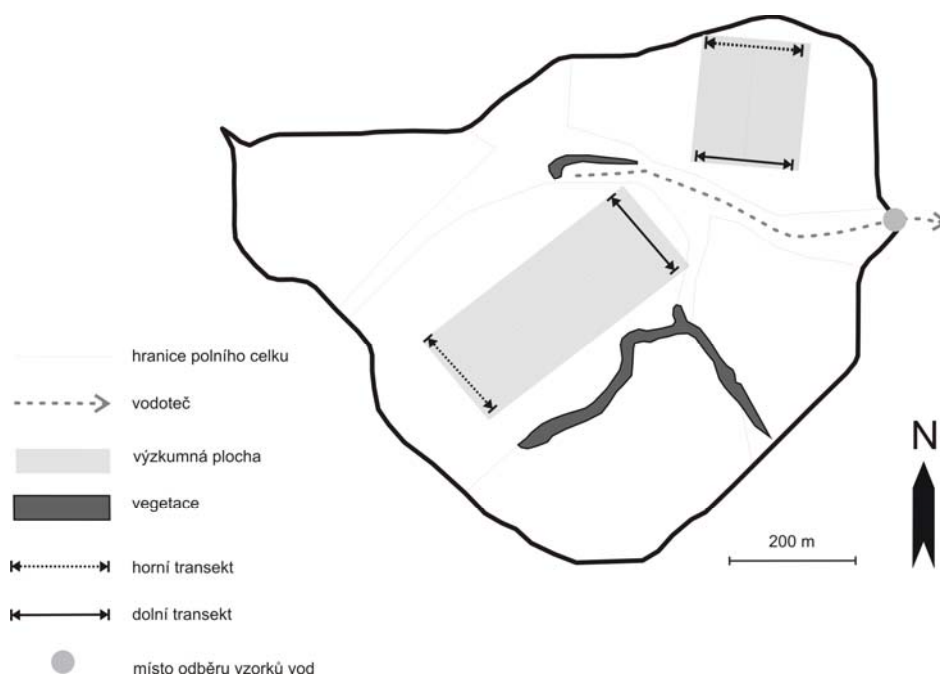
číslo povodí	souřadnice povodí (závěrový profil)	podloží	nadmorská výška (m n.m.)	velikost (ha)	prům. sklon ploch (°)	orná půda (%)	TTP (%)	les (%)	plodiny 2008	plodiny 2009	srážkový úhrn za dané období (mm)	
orné půdy	1	49°27'26.245"N, 14°37'4.625"E	syenity	490	33	2,2	93	2	6	kukuřice/obilí	obilí	499
	2	49°26'58.132"N, 14°37'29.938"E	syenity	485	30	1,2	99	1	0	kukuřice	jetelotraviny	499
	3	49°26'31.846"N, 14°38'39.067"E	syenity	454	28	2,5	100	0	0	obilí	řepka	499
	4	49°26'31.75"N, 14°38'44.853"E	syenity	455	25	2,0	100	0	0	obilí	obilí	499
	5	49°13'32.713"N, 14°29'28.635"E	paranula	440	60	4,0	86	10	0	kukuřice/obilí	řepka/obilí	510
	6	49°8'39.079"N, 14°23'17.133"E	paranula	419	52	4,5	80	4	9	kukuřice/mák	kukuřice/obilí	531
	7	49°8'1.041"N, 14°20'34.346"E	paranula	428	50	3,0	91	5	1	řepka	obilí	531
	8	49°4'13.895"N, 14°4'59.295"E	migmatit/hlinitopísčité sedimenty	474	68	5,0	53	43	0	obilí	jetelotraviny	622
	9	49°4'14.786"N, 14°5'0.375"E	migmatit/hlinitopísčité sedimenty	474	84	6,0	92	1	3	řepka/obilí	jetelotraviny/obilí	622
	10	48°59'4.082"N, 14°9'28.251"E	paranula/hlinitopísčité sedimenty	535	57	2,7	47	23	11	kukuřice	kukuřice	681
	11	48°53'35.609"N, 14°18'36.907"E	granulit	503	44	5,0	67	8	21	obilí/řepka	obilí/řepka	646
	12	48°51'1.989"N, 14°22'44.554"E	paranula	512	30	4,5	61	17	15	obilí	obilí	630
	13	48°50'30.136"N, 14°23'12.975"E	paranula	525	59	2,0	93	4	0	obilí	obilí	630
	14	48°47'29.441"N, 14°26'23.788"E	paranula	590	93	3,5	74	22	1	kukuřice/jetel otrávin	kukuřice/mák	725
trvalé travní porosty	15	48°38'25.474"N, 14°2'15.281"E	granit	595	260	7,5	0	86	11	TTP	TTP	705
	16	48°39'38.158"N, 14°19'58.802"E	paranula	660	66	5,5	0	72	25	TTP	TTP	743
	17	48°39'19.621"N, 14°1'75.402"E	paranula	635	149	7,0	4	53	35	TTP	TTP	743
	18	48°38'44.562"N, 14°1'732.79"E	paranula	587	207	7,0	0	62	32	TTP	TTP	743
	19	48°44'1.37"N, 14°1'26.503"E	ortorula/hlinitopísčité sedimenty	759	120	2,0	0	76	21	TTP	TTP	673
	20	48°46'18.648"N, 14°5'15.465"E	paranula/granulit/hlinitopísčité sedimenty	740	79	4,3	0	80	18	TTP	TTP	741
	21	48°45'5.33"N, 14°8'41.882"E	paranula/hlinitopísčité sedimenty	786	106	4,0	0	57	41	TTP	TTP	673

3.2 Terénní odběry vzorků půd

Půdní vzorky byly odebírány během května až července 2008. Vzorkování respektovalo morfologii a charakteristiky terénu studovaných ploch. Půdní vzorky byly odebrány v rámci dílčích výzkumných ploch v jednotlivých povodích, které byly cca 150 m široké a orientované po spádnicí směrem do údolí tak, aby postihly typické podmínky v povodí. Na každé výzkumné ploše byly odebrány vzorky na dvou transektech umístěných směrem po vrstevnici v horní a dolní části svahu. Transekty byly od sebe

vzdáleny v rozmezí průměrně 225 m. Konkrétní vzdálenost určovala především morfologie terénu. Schéma odběru vzorků je zobrazeno na obrázku 2. Na každém transektu byl odebrán směsný půdní vzorek (6 až 10 vzorků) pro stanovení chemických a dalších vlastností půdy. Metodika odběrů vzorků byla převzata s dřívější práce (Semančíková 2006). Půdní vzorky byly odebírány žlábkovou půdní sondou o průměru 2,5 cm (Eijkelkamp Agrisearch Equipment, Nizozemsko) z hloubky 0–15 a 15–30 cm. Z předběžných půdních analýz bylo rozhodnuto dodatečně odebrat vzorky také z hloubky 50–70 cm na místech spodních transektů, tak aby se získala informace i o hlubších vrstvách, které mohou být hydrologicky spojeny se základním odtokem v těchto povodích. Tyto tři vrstvy byly pojmenovány jako vrstva A pro 0–15 cm, vrstva B pro vrstvu 15–30 cm a C pro vrstvu 50–70 cm. Označení vrstev je operativní, neodpovídá klasickému označení půdních horizontů.

Směsné půdní vzorky byly po odběru vysušeny na vzduchu při pokojové teplotě. Ze vzorků byly odstraněny větší části skeletu a rostlinných zbytků, poté byly vzorky přesáty přes síto o velikosti ok 2 mm. Přesátá a suchá půda byla až do provedení analýz uložena v papírových sáčkách. Takto zpracovaná jemnozem byla dále použita pro chemické analýzy. Skelet byl zvážen a uložen zvlášť. Celkem bylo odebráno, zpracováno a analyzováno okolo 194 vzorků.



Obr. 2 Schéma odběru vzorků ve zkoumaných povodích.

3.3 Laboratorní analýzy půd

Výměnná půdní reakce - pH

Hodnoty půdní výměnné reakce (pH) byly měřeny pomocí potenciometru se skleněnou elektrodou v 1M výluhu KCl v poměru 1:1 – půda:roztok (Thomas 1996) ve vzorcích ze svrchní vrstvy půdy (A).

Oxalátový fosfor, hliník a železo

Fosfor, hliník a železo byly extrahovány oxalátovým roztokem podle Schoumanse (2000) ve všech půdních vzorcích. Poměr půda:roztok byl 1:20. K 2,5 g suché a přesáté půdy bylo přidáno 50 ml oxalátového roztoku a suspenze byla poté ve skleněných lahvičkách (sérovkách) o objemu 200 ml míchána při 20 °C 120 minut v temné místnosti. Vzorky byly extrahovány v trojím provedení. Byly také vyhotoveny slepé vzorky. Promíchaná suspenze byla centrifugována a supernatant byl přefiltrován přes filtr ze

skleněných vláken o porozitě 0,4 μ m (typ MN GF5, Macherey-Nagel, Düren, Německo). Přefiltrované extrakty byly přelity do polyethylenových lahvíček, zmrazeny a uloženy do doby analýz. V oxalátovém půdním extraktu byl stanoven volný ortofosforečnan (P_{ox}) podle Schoumanse (2000), oxalátový hliník (Al_{ox}) a oxalátové železo (Fe_{ox}) podle Kopáčka et al. (2001) po mineralizaci extraktu. Pro stanovení oxalátového fosforu (P_{ox}) ve formě $P-PO_4$ byl roztok 100 \times naředěn a vzorky proměřeny na vstříkovačím analyzátoru FIA (QuikChem 8500 Series; Lachat instruments). P byl stanoven kolorimetricky jako $P-PO_4$ fosfomolybdenanovou metodou podle Murphy a Riley (Pierzynski et Sharpley 2000). Al se stanovil jako reaktivní hliník spektrofotometricky (Dougan et Wilson 1974). Fe bylo stanoveno spektrofotometricky jako celkové železo po reakci s thiokyanatanem (Kopáček et Hejzlar 1993). Každý vzorek byl proměřen ve dvou opakováních. Průměrný variační koeficient těchto opakovaných měření byl 15,6% (P_{ox}), 15,1% (TP_{ox}), 9,7% (Al_{ox}), 10,1% (Fe_{ox}). Koeficient variance fyzických vzorků byl pak 4,6% v případě P_{ox} a 9,7% v případě TP_{ox} , Al_{ox} a Fe_{ox} .

Z molárních množství P_{ox} , Al_{ox} a Fe_{ox} byl podle rovnice (1) vypočítán stupeň saturace půdy fosforem (DPS) za předpokladu, že $Al_{ox} + Fe_{ox}$ tvoří hlavní sorpční místa pro $P-PO_4$ (viz kapitola 2.4)

Protože Al a Fe jsou v oxalátovém roztoku vázány chelátovou vazbou na oxalát, tedy organickou sloučeninu, byla pro měření těchto analytů nutná mineralizace vzorku. Vzorky byly mineralizovány pomocí $HClO_4$ (Kopáček et al. 2001) a pro analýzu na FIA zředěny 200 \times . Rozdíl mezi celkovým oxalátovým fosforem (TP_{ox}) a rozpuštěným reaktivním fosforem (P_{ox}) byl označen jako rozpuštěný nereaktivní fosfor v oxalátovém extraktu (NP_{ox}), často také uváděný jako organický oxalátový P (např. Šantrůčková et al. 2004)

Mehlich 3 (M3P)

Stanovení P-PO₄ v extraktu Mehlich 3 bylo provedeno externě jako konvenční agronomické testování půd na pracovišti VÚMOP podle Mehlicha (1984). Koncentrace byly stanoveny jako P-PO₄ (M3P) přímo ve výluhu na průtokovém analyzátoru CFA (Skalar Analytical BV). Na M3P byly analyzovány vzorky nejsvrchnější vrstvy (0–15 cm) horních i dolních transektů.

Celkový fosfor, hliník a železo

Půdní vzorky byly také analyzovány na celkový fosfor (P_{tot}), celkový hliník (Al_{tot}) a celkové železo (Fe_{tot}). Půdní vzorek byl zmineralizován pomocí HNO₃ a HClO₄, zředěn H₂O a hydrolyzován vždy v duplikátech podle metodiky Kopáček et al. (2001). Koeficient variance byl u těchto duplikátů 3% (P_{tot}), 3.2% (Al_{tot}), 3.4%(Fe_{tot}). P_{tot}, Al_{tot}, Fe_{tot} byly v naředěných mineralizátech (20×) analyzovány pomocí (FIA) totožně jako oxalátové extrakty. P_{tot}, Al_{tot} a Fe_{tot} byly stanoveny na dolních transektech ve vrstvách 0–15 cm a 50–70 cm

Celkový uhlík a dusík

Půdy byly semlety v kulovém mlýně a C_{tot} a N_{tot} byly změřeny ze semletých vzorků pomocí CHNOS Elementar Analyzer vario MICRO (Elementar Analysensysteme GmbH) podle Nelson a Sommers (1996). Vzorky s pH nad 6 byly testovány na přítomnost CaCO₃ podle Pulleman et al. (2000), který by při analýze způsoboval nadhodnocení výsledků celkového uhlíku o anorganickou složku. C_{tot} a N_{tot} byl analyzován ve všech třech odebíraných vrstvách.

Z C_{tot} bylo vypočítáno procento půdní organické hmoty (OH) jako:

$$C_{\text{tot}} * 1,724 = \text{SOM} \quad (2)$$

1,724 –Welteho koeficient. Platí za předpokladu, že OH obsahuje 58% uhlíku (Jandák 2003).

Půdní textura

Půdní textura byla analyzována v laboratoři Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd v Praze (VÚMOP). Zrnitostní rozbor byl proveden pipetovací metodou po sedimentaci ve válci podle normy ISO 11277. Bylo zjišťováno 5 zrnitostních kategorií: jíl < 0,002 mm; jemný prach 0,002–0,01 mm; prach 0,01–0,05 mm; jemný písek 0,05–0,25 mm a písek 0,25–2 mm. Půdy byly podle textury klasifikovány (Němeček et al. 2001) do půdních druhů. Pro statistické analýzy byly tyto kategorie spojeny do hlavních tříd (jíl, prach a písek). Zrnitostní kategorie byly stanoveny pro vzorky z hloubky 0–15 cm.

3.4 Terénní odběry vzorků vod

Vzorky vod byly odebírány bodově v uzávěrových profilech povodí, a to v šestitýdenních intervalech během období od 26. 1. 2008 do 25. 2. 2009. Vzorky byly odebírány přes 200 μ m sítko do PET lahví o objemu 1,5 l. Při každém odběru byla změřena teplota vody a byl odhadnut průtok metodou plovákového proměření rychlosti proudění v definovaném příčném profilu koryta toku. Vzorky byly převezeny do Hydrobiologického ústavu AV ČR v Českých Budějovicích, kde byly zpracovány ještě týž den nebo následující ráno, vždy do 24 hodin. V mezičase byly uskladněny v chladicím boxu.

3.5 Analýzy vod

Ve vzorcích vody byly po převezení do laboratoře do 24 hodin stanoveny formy P podle Kopáčka a Hejzlara (1991) tj. celkový P (P_{tot}), rozpuštěný P (RP), rozpuštěný reaktivní P (RRP); jako rozdíl mezi těmito formami byl spočten částicový P (PP, jako rozdíl mezi P_{tot} a RP) a rozpuštěný nereaktivní P (RNP jako rozdíl RP a RRP); rovněž byla stanovena sušina nerozpuštěných látek (NL105; podle Horáková et al., 1986).

K filtracím pro stanovení rozpuštěných forem P a NL105 byly použity filtry ze skleněných vláken s porozitou 0,4 μm (typ MN GF5; Macherey-Nagel, Düren, Německo).

3.6 Statistické metody

Normalita dat byla testována Shapiro-Wilk testem normality v případě testování proměnných t-testem. Pokud data nebyla normálně rozdělena, byla transformována logaritmicou transformací a poté statisticky vyhodnocena. U analýzy variance (ANOVA) byla pro normalitu testována residuální data z analýzy. Proměnné, které byly testovány analýzou variance, byly vždy logaritmicou transformovány. Vliv managementu na proměnné byl testován pomocí hierarchické analýzy variance po transformaci dat (Statistica 9.1). Vliv svažitosti byl testován pomocí analýzy variance (repeated measurements ANOVA, počítáno funkcí glmmPQL v programu R). Vzájemné vazby mezi zrnitostními kategoriemi a analyty v půdních vzorcích byly testovány a výsledky graficky znázorněny pomocí programu CANOCO analýzou hlavních komponent (PCA). Pomocí kovariátů byl započítán i vliv prostorové autokorelace. Kovariáty byly počítány jako hodnoty z-skóre, které bylo vypočítáno pomocí softwaru (ArcGIS 10, ESRI™ 2010) z Moranova I kritéria pro prostorovou autokorelaci.

4 Výsledky

4.1 Geografické a hydrologické charakteristiky povodí

Základní charakteristiky vybraných povodí jsou uvedeny v tab. 1. Srážkové úhrny za období od 26. 1. 2008 do 25. 2. 2009, kdy byly prováděny i pravidelné odběry vody, se zvyšovaly s rostoucí nadmořskou výškou i specifickými průtoky (viz tab. 1). Průměrná nadmořská výška povodí s převládající ornou půdou (485 m n.m.) byla o zhruba 200 m níže než u TTP povodí (680 m n.m.). Z důvodu kritérií, která byla použita pro výběr zkoumaných povodí, se všechna TTP povodí nacházela v oblasti podhůří Šumavy, kde je možné očekávat odlišné klimatické podmínky než v nižších polohách. Srážkové úhrny za sledované období pro povodí s OP byly 580 mm a pro povodí s TTP 717 mm. V pokryvu povodí je také patrný trend přibývajících zastoupení TTP a lesních porostů se stoupající nadmořskou výškou (viz tab. 1).

4.1.1 Plodiny

Typ pěstovaných plodin v letech 2008 a 2009 je uveden v tabulce 1. Na orných půdách převažovaly především obilniny, dále kukuřice a řepka, ojediněle byl pěstován i mák. Často se také vyskytovaly jetelotraviny jako meziplodina. Na povodích 15–21 se nacházely pouze trvalé travní porosty na píci nebo k pastvě.

4.1.2 Geomorfologie zemědělských povodí

Vybraná povodí s převažující OP se nacházela především na metamorfovaných horninách. Především migmatitech, pararulách, ojediněle granulitech, dále jílech, spraších a také písčito-hlinitých sedimentech (povodí 5–10). Povodí 1–4 (lokalita Hejlov) ležela na vyvěřelých syenitech, tedy magmatických horninách alkalických živců. Podloží pod

povodími s TTP pak bylo obdobné – pararuly, granulity, písčito-hlinité sedimenty. Pouze povodí 15 (Hrudkov) leželo na žule, tedy kyselá vyvěřelá hornině (viz tab. 1).

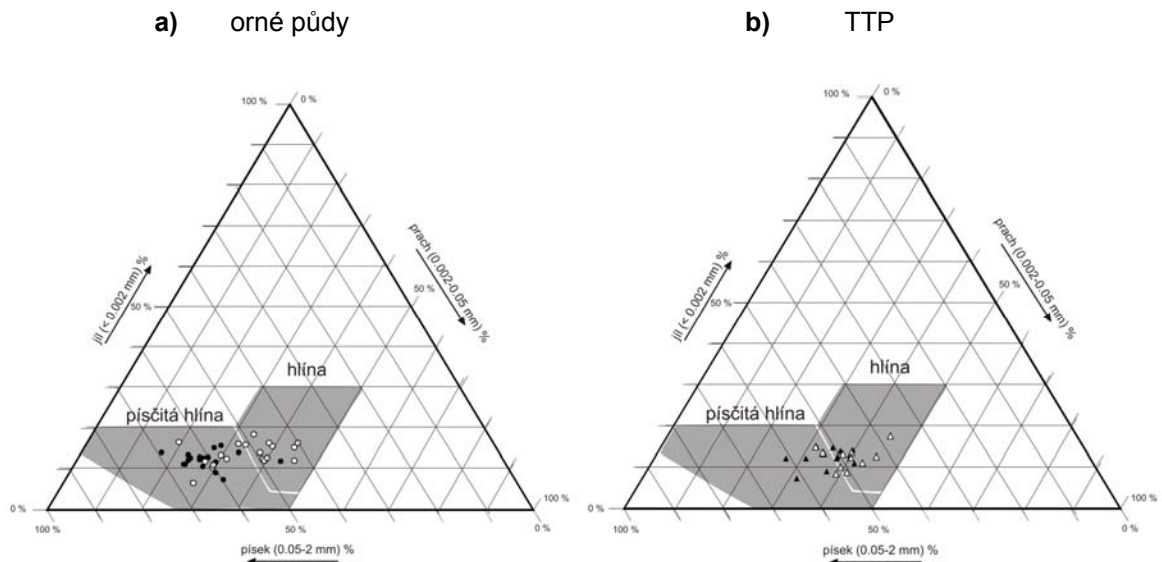
Sledované plochy orných půd měly průměrný sklon svahů $3,3^\circ$ v rozsahu od 1° do 8° . Průměrný sklon výzkumných ploch u TTP byl 5° s rozmezím 2° až 9° . Sklonitost všech zkoumaných ploch je uvedena v tabulce primárních dat v příloze.

4.2 Výsledky půdních analýz

Primární výsledky půdních analýz pro jednotlivé půdní vzorky jsou uvedeny v tabulce v příloze. V tabulkách 2–10 jsou uvedeny průměrné hodnoty analytů pro oba dva typy managementu, vždy pro danou vrstvu a transekt v rámci svahu. U těchto údajů jsou také uvedeny výsledky statistického porovnání koncentrací zkoumaných analytů mezi transektu, vrstvami a typem hospodaření.

Zrnitostní kategorie

Půdy náležely z hlediska zrnitostní klasifikace ke dvěma půdním druhům, a to hlína a písčité hlína (obr. 3). Půdní vzorky jak z orných, tak i ze zatravněných půd byly svou texturou podobné. Z trojúhelníkových diagramů zrnitostních tříd je patrné, že vzorky orných půd byly co do zrnitosti více variabilní, oproti poměrně stejnorodým vzorkům z trvalých travních porostů. Tento „rozptyl“ mezi vzorky z horních a dolních částí svahů naznačuje odlišnou distribuci jemnějších částic u orných půd.



Obr. 3 Trojúhelníkový diagram pro určení zrnitostních tříd podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Jandák 2003). Diagram **a)** zobrazuje rozložení zrnitostních kategorií orných půd, diagram **b)** půdy s TTP. Bílé značky reprezentují vzorky na spodních transektech, černé značky naopak na horních transektech.

Výměnná půdní reakce

pH (KCl) jednotlivých vzorků je uvedeno v tabulce v příloze. pH v 1M roztoku KCl bylo měřeno pouze u svrchních vzorků půd (0-15 cm). Hodnoty se u odebraných vzorků OP pohybovaly v rozsahu od 4,2 do 7,4 s průměrem 5,4 a v intervalu od 3,9 do 6,7 s průměrem 5,0 u TTP. U OP bylo pH signifikantně vyšší než u TTP. Půdy zkoumaných povodí bylo možné zařadit do kategorie kyselých půd v případě OP a do kategorie silně kyselých půd v případě TTP. Průkazný rozdíl v hodnotě pH (KCl) mezi horní a dolní částí svahu nebyl ani u OP ani u TTP nalezen (viz tab. 2).

Tab. 2 Vyhodnocení rozdílu půdní výměnné reakce mezi transekty a typem hospodaření.

		pH (KCl)				statisticky průkazné rozdíly
		průměr	SD	n		
OP	horní (H)	A	5,4	0,66	23	
	dolní (D)	A	5,4	0,73	23	
TTP	horní (H)	A	5,2	0,65	15	$p_{H,DA} = N.S.$
	dolní (D)	A	5,0	0,55	15	

$p_{OP,TTP} < 0,05$

Celkový fosfor

Celkový fosfor (P_{tot}) byl analyzován ve vybraných půdních vzorcích spodních transektů, především z důvodu charakterizace vzorků a porovnání extrakce P oxalátovou a Mehlich 3 extrakční metodou. V tab. 3 jsou uvedeny průměrné hodnoty P_{tot} pro svrchní i hlubokou půdní vrstvu podorničí a statistické rozdíly. Jak u OP tak TTP byly koncentrace P_{tot} zhruba poloviční oproti svrchní vrstvě. Variabilita celkového fosforu byla u OP větší než u TTP. Koncentrace P_{tot} se mezi oběma typy hospodaření nelišilo, za to byl nalezen jasný rozdíl mezi svrchní a hlubokou vrstvou.

Tab. 3 Vyhodnocení rozdílů v obsahu celkového P (P_{tot}) mezi vrstvami a managementem.

		P_{tot} (mg.kg ⁻¹)					
		průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly		
OP	dolní A	1062	660	15	$p^{\text{DA,DC}} < 0.001$	$p^{\text{OP,TTP}} = \text{NS}$	
	C	529	540	15			
TTP	dolní A	819	179	15	$p^{\text{DA,DC}} < 0.001$		
	C	391	142	15			

Oxalátový fosfor

V oxalátovém výluhu bylo zjišťováno množství fosforu po mineralizaci, jako tzv. Celkový oxalátový fosfor (TP_{ox}) a přímo ve výluhu jako rozpuštěný reaktivní fosfor (P_{ox}). Numerický rozdíl mezi těmito dvěma formami byl definován jako nereaktivní oxalátový fosfor (NP_{ox}). Výsledky distribuce oxalátových forem P v rámci ploch jsou uvedeny v tab. 4 níže.

Celkový oxalátový fosfor (TP_{ox})

Stratifikace TP_{ox} byla statisticky významná mezi všemi třemi vrstvami u obou typů hospodaření s výjimkou vrstev A a B u dolních transektů orných půd. Zde nebyla stratifikace TP_{ox} v prvních 30 cm nalezena. Koncentrace TP_{ox} se u zkoumaných půd pohybovalo mezi 310 až 496 mg.kg⁻¹ v prvních 30 cm. V hloubce 50–70 cm se jednalo

o hodnoty zhruba poloviční, tedy 124–248 mg.kg⁻¹. U OP nebyl rozdíl TP_{ox} v rámci svahů zřejmý, naopak půdy TTP měly signifikantně vyšší koncentrace TP_{ox} ve vrstvě A na horních transektech. TP_{ox} nevykázal signifikantní rozdíl mezi těmito typy hospodaření (viz tab. 4).

Reaktivní oxalátový fosfor (P_{ox})

Naopak u koncentrace P_{ox} byl rozdíl mezi hospodařením OP a TTP průkazný. Vertikální stratifikace v prvních 30 cm byla signifikantní pouze u TTP. Obsah P_{ox} činil u OP 248-310 mg.kg⁻¹ (0–30 cm), v 50-70 cm pak 155 mg.kg⁻¹. TTP měly koncentraci P_{ox} v těchto vrstvách méně (155–280 mg.kg⁻¹), respektive 93 mg.kg⁻¹ pro spodní vrstvu.

Nereaktivní oxalátový fosfor (NP_{ox})

Průměrné koncentrace NP_{ox} se pohybovalo jak u OP tak TTP mezi 124 a 217 mg.kg⁻¹, přičemž ve vrstvě C bylo velmi malé, okolo 93 u OP a 31 mg.kg⁻¹ u TTP. NP_{ox} jako rozdíl předcházejících dvou forem nevykazoval statistický rozdíl mezi OP a TTP. Nebyla nalezena žádná vertikální stratifikace této formy P u obou typů hospodaření. Byl ovšem nalezen významný rozdíl mezi horním a dolním transektem na zkoumaných plochách. U TTP v obou vrstvách prvních 30 cm byly koncentrace NP_{ox} vyšší v horní části ploch. U OP byly pak koncentrace této formy P vyšší ve spodní části ploch, a to pouze ve vrstvě půdy 15–30 cm (viz tab. 4).

Tab. 4 Hlavní formy P v oxalátovém výluhu. Průměry a statistické rozdíly.

TP _{ox} (mg.kg ⁻¹)						P _{ox} (mg.kg ⁻¹)								
		průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly				průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly		
OP	horní	A	436	219	17	p _{HA,HB} < 0,05	p _{HA,DA} = N.S.	p _{management} = N.S.	A	293	203	17	p _{HA,HB} = N.S.	p _{HA,DA} = N.S.
		B	366	171					B	249	164			
	dolní	A	494	185	17	p _{DA,DB} = N.S.	p _{HB,DB} = N.S.		A	311	184	17	p _{DA,DB} = N.S.	p _{HB,DB} = N.S.
		B	465	201					B	278	193			
		C	257	310					13	p _{DA,DB,DC} < 0,001	C			
	TTP	horní	A	477	156	15	p _{HA,HB} < 0,01		p _{HA,DA} < 0,05	p _{management} < 0,05	A	271	125	15
B			357	104	B			169			69			
dolní		A	376	96	15	p _{DA,DC} < 0,01	p _{HB,DB} = N.S.	A	207		102	15	p _{DA,DC} < 0,01	p _{HB,DB} = N.S.
		B	302	114				B	157		87			
		C	120	58				12	p _{DA,DB,DC} < 0,001		C			
NP _{ox} (mg.kg ⁻¹)														
		průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly				průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly		
OP	horní	A	143	124	17	p _{HA,HB} = N.S.	p _{HA,DA} = N.S.	p _{management} = N.S.						
		B	118	95										
	dolní	A	183	105	17	p _{DA,DB} = N.S.	p _{HB,DB} < 0,05							
		B	187	99										
		C	103	104					13	p _{DA,DB,DC} = N.S.				
	TTP	horní	A	207	65	15	p _{HA,HB} = N.S.		p _{HA,DA} < 0,05	p _{management} = N.S.				
B			188	52										
dolní		A	169	61	15	p _{DA,DB} = N.S.	p _{HB,DB} < 0,05							
		B	145	55										
		C	24	25				11	p _{DA,DB,DC} < 0,001					

Mehlich 3 P

Výsledky analýzy rozpuštěného reaktivního P v extraktu Mehlich 3 (M3P) jsou uvedeny v tab. 5. U M3P nebyly nalezeny žádné staticky průkazné rozdíly v prostorové distribuci, a to jak u OP tak TTP. Průkazný rozdíl v obsahu M3P mezi OP a TTP rovněž nebyl prokázán. Obsah M3P u OP byl na horním i dolním transektu v průměru totožný. U TTP byl zjištěn o něco vyšší obsah na horních transektech (viz tab. 5).

Tab. 5 Statistické vyhodnocení obsahu M3P.

		M3P (mg.kg ⁻¹)							
		průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly				
OP	horní	A	72	35	23	p _{HA,DA} = N.S.	p _{management} = N.S.		
	dolní	A	71	35					
TTP	horní	A	74	36	15	p _{HA,DA} = N.S.			
	dolní	A	50	27					

Celkový Al a Fe

V případě Al_{tot} nebyl rozdíl v jeho koncentraci mezi svrchní a spodní vrstvou u OP nalezen. U TTP byla průkazně větší koncentrace Al_{tot} ve spodní vrstvě, se zhruba čtvrtinovým rozdílem. Obdobné výsledky přinesla i analýza Fe_{tot} . Jeho molární koncentrace byla ale oproti Al_{tot} více než poloviční. Al_{tot} ani Fe_{tot} nevykazovaly signifikantní rozdíly mezi OP a TTP.

Tab. 6 Statistické vyhodnocení obsahu Al_{tot} a Fe_{tot} .

		Al_{tot} (g.kg ⁻¹)				Fe_{tot} (g.kg ⁻¹)			
		průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly	průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly
OP	dolní	A 30	5	12	$p_{D,A,DC} = N.S.$	A 27	4	12	$p_{D,A,DC} = N.S.$
		C 29	8			C 27	8		
TTP	dolní	A 28	6	12	$p_{D,A,DC} < 0,001$	A 21	4	12	$p_{D,A,DC} < 0,001$
		C 35	8			C 29	8		

Oxalátový Al a Fe

Koncentrace Al_{ox} byly ve všech vrstvách a v obou transektech podobné. Nebyly zde nalezeny žádné významné rozdíly, kromě rozdílu Al_{ox} na horních transektech mezi hloubkami 0–15 a 15–30 cm u OP a průkazně větší koncentrace Al_{ox} ve vrstvě 15–30 cm dolních transektů oproti horním (viz tab. 7). Nicméně byl nalezen signifikantní rozdíl mezi obsahem Al_{ox} na orných půdách a TTP. Fe_{ox} tento rozdíl mezi managementy neukázalo, nicméně byl prokázán významně větší rozdíl Fe_{ox} mezi horním a spodním transektem OP (viz tab. 7).

Tab. 7 Statistické vyhodnocení obsahu Al_{ox} a Fe_{ox} .

		Al_{ox} (g.kg ⁻¹)				Fe_{ox} (g.kg ⁻¹)							
		průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly	průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly				
OP	horní	A	1,00	0,30	17	$p_{HA,HB} < 0,05$	$p_{HA,DA} = N.S.$	A	2,53	0,78	17	$p_{HA,HB} = N.S.$	$p_{HA,DA} < 0,01$
		B	0,93	0,35				B	2,39	1,00			
	dolní	A	1,10	0,42	17	$p_{DA,DB} = N.S.$	$p_{HB,DB} < 0,05$	A	3,71	1,48	17	$p_{DA,DB} = N.S.$	$p_{HB,DB} < 0,001$
		B	1,14	0,44				B	3,99	1,91			
		C	1,19	0,38	16	$p_{DA,DB,DC} = N.S.$		C	4,14	2,51	16	$p_{DA,DB,DC} = N.S.$	
	TTP	horní	A	1,32	0,22	15	$p_{HA,HB} = N.S.$	$p_{HA,DA} = N.S.$	A	2,97	0,71	15	$p_{HA,HB} = N.S.$
B			1,34	0,27				B	3,05	0,90			
dolní		A	1,27	0,21	15	$p_{DA,DB} = N.S.$	$p_{HB,DB} = N.S.$	A	3,36	0,85	15	$p_{DA,DB} = N.S.$	$p_{HB,DB} = N.S.$
		B	1,22	0,15				B	3,33	0,61			
		C	1,18	0,38	12	$p_{DA,DB,DC} = N.S.$		C	3,44	1,02	12	$p_{DA,DB,DC} = N.S.$	

 $p_{\text{management}} < 0,001$
 $p_{\text{management}} < 0,001$

Celkový uhlík a dusík

Výsledky stanovení C_{tot} jsou uvedeny v tabulce v příloze. Vertikální stratifikace uhlíku byla jak u OP tak TTP významná (viz tab. 10). Rozdíly v koncentraci C_{tot} mezi horní a dolní částí svahu u orných ploch byly nalezeny u vrstvy 0–15 i 15–30 cm. Naopak u zatravněných ploch a pastvin nebyl nalezen průkazný rozdíl mezi obsahem C_{tot} v horní a dolní části svahů u těchto dvou vrstev. Průměrné hodnoty C_{tot} jsou uvedeny v tab. 9. Typ hospodaření měl statisticky průkazný vliv na vertikální stratifikaci C_{tot} i rozdíl koncentrace mezi transektu. Koncentrace celkového uhlíku byla pomocí Weltova koeficientu přepočítána na organickou hmotu (OH). V tabulce 10 je uvedeno průměrné množství a klasifikace OH pro jednotlivé transektu a typy povodí.

Tab. 8 Průměry a statistické rozdíly C_{tot} a N_{tot} v rámci zkoumaných ploch a hospodaření.

		C_{tot} (g.kg ⁻¹)				N_{tot} (g.kg ⁻¹)							
		průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly	průměr	SD	n	statisticky průkazné rozdíly				
OP	horní	A	15,0	3,6	17	$p_{HA,HB} < 0,01$	$p_{HA,DA} < 0,01$	A	1,05	0,24	16	$p_{HA,HB} < 0,01$	$p_{HA,DA} < 0,001$
		B	11,6	2,8				B	0,85	0,19			
	dolní	A	20,6	6,4	17	$p_{DA,DB} < 0,01$	$p_{HB,DB} < 0,01$	A	1,55	0,46	16	$p_{DA,DB} < 0,05$	$p_{HB,DB} < 0,01$
		B	16,5	4,6				B	1,24	0,30			
		C	5,5	2,8	16	$p_{DA,DB,DC} < 0,001$		C	0,45	0,20	16	$p_{DA,DB,DC} < 0,001$	
	TTP	horní	A	28,6	10,3	15	$p_{HA,HB} < 0,001$	$p_{HA,DA} = N.S.$	A	1,87	0,84	15	$p_{HA,HB} < 0,001$
B			15,0	6,2				B	1,05	0,60			
dolní		A	31,7	16,0	15	$p_{DA,DB} < 0,001$	$p_{HB,DB} = N.S.$	A	1,88	0,84	15	$p_{DA,DB} < 0,001$	$p_{HB,DB} = N.S.$
		B	19,0	12,8				B	1,07	0,43			
		C	3,4	1,3	12	$p_{DA,DB,DC} < 0,001$		C	0,25	0,09	12	$p_{DA,DB,DC} < 0,001$	

 $p_{\text{management}} < 0,001$
 $p_{\text{management}} = N.S.$

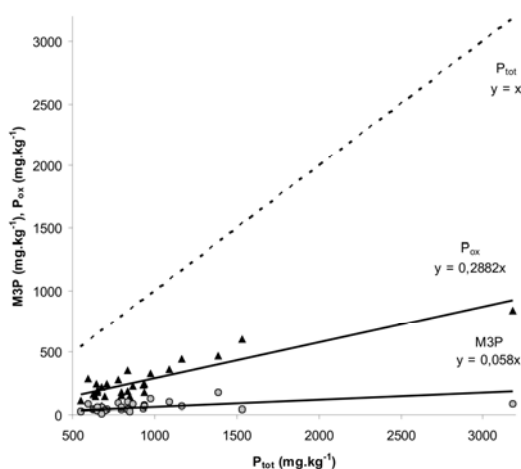
Tab. 9 Množství org. hmoty na transektech v rámci povodí s OP a TTP (klasifikace Jandák, 2003).

organická hmota (%)			
		průměr	klasifikace
OP	horní	A	2,58 střední
		B	1,99 nízký
	dodní	A	3,47 vysoký
		B	2,85 střední
		C	0,93 velmi nízký
TTP	horní	A	4,94 vysoký
		B	2,59 střední
	dodní	A	5,47 velmi vysoký
		B	3,27 vysoký
		C	0,58 velmi nízký

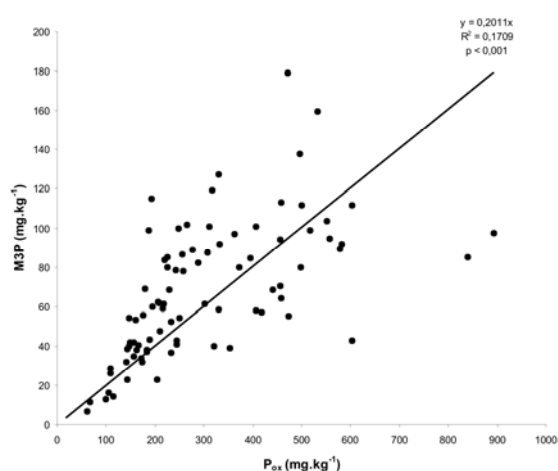
4.2.1 Vztah mezi M3P, P_{ox} a P_{tot}

Na obr. 4a jsou vyneseny závislosti koncentrací M3P a P_{ox} na koncentraci P_{tot}. Z grafu je patrné, že P_{ox} extrahuje více fosforu z celkového množství než Mehlich 3, a to zhruba 5× více. Podle funkce na obr. 4a tvořil P_{ox} přibližně 29 % z celkové koncentrace P_{tot}. M3P pouze necelých 6 %. Na obrázku 4b je vynesen vztah M3P vůči P_{ox} (pro vrstvu 0–15 cm).

a)



b)



Obr. 4a Funkce extrakce P pomocí Oxalátového činidla a extrakčního činidla Mehlich 3 v poměru k obsahu P_{tot}. Přerušovaná čára zobrazuje 100% podíl P_{tot}.

Obr. 4b Vztah M3P a P_{ox} proložení lineární funkcí.

4.2.2 Stupeň saturace půdy fosforem

Z hodnot P_{ox}, Al_{ox} a Fe_{ox}, byl pro každý vzorek spočítán stupeň saturace půdy fosforem (DPS) podle rovnice (1) (viz tab. 12 primárních dat v příloze). V tab. 10 jsou uvedeny průměrné hodnoty se statistickými rozdíly. DPS dosahoval jak u OP, tak TTP značné variability, protože hodnoty DPS závisí i na množství sorpčních míst, které se mezi půdními vzorky také liší. Průkazné rozdíly mezi všemi vrstvami byly nalezeny pouze u půd

TTP. Hodnoty DPS byly nejvyšší na orných půdách v horních částech ploch, kde často přesahovaly hodnotu 25 %. Zkoumané plochy OP a TTP se mezi sebou signifikantně lišily.

Tab. 10 Průměrné hodnoty DPS a statistické porovnání.

		DPS (%)			statisticky průkazné rozdíly		
		průměr	SD	n			
OP	horní (H)	A	27,3	17,3	17	$p_{HA,HB} = N.S.$	$p_{HADA} = N.S.$
		B	23,3	16,8			
	dolní (D)	A	22,8	13,8	17	$p_{DA,DB} = N.S.$	$p_{H,DB} = N.S.$
		B	17,3	12,9			
		C	9,6	9,1			
	TTP	horní (H)	A	17,2	7,2	15	$p_{HA,HB} < 0,001$
B			11,0	4,8			
dolní (D)		A	13,3	7,1	15	$p_{DA,DC} < 0,01$	$p_{H,DB} = N.S.$
		B	10,0	5,7			
		C	5,7	2,7			

$p_{H,DB} < 0,05$

4.2.3 Vliv svazitosti na distribuci fosforu a dalších proměnných

Pomocí analýzy variance (repeated measurements ANOVA) byl testován vliv sklonu svahů OP a TTP ploch na rozdíl mezi hodnotami jednotlivých proměnných (pH, TP_{ox} , P_{ox} , NP_{ox} , Al_{ox} , Fe_{ox} , M3P, C_{tot} , N_{tot} a DPS) mezi horní a dolní částí svahu. Hodnoty byly logaritmicky transformovány. Výsledky nepřinesly statisticky průkazné hodnoty jak pro OP tak TTP a tudíž nebyl prokázán vliv sklonitosti na distribuci těchto analytů v rámci zkoumaných svahů.

4.2.4 PCA analýza

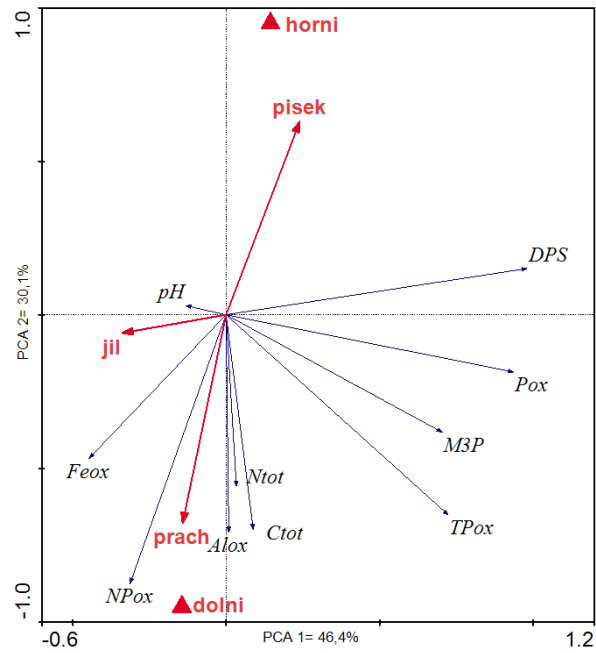
Pomocí analýzy hlavních komponent (Principal Component Analysis, PCA) v programu CANOCO byly analyzovány korelace mezi zjišťovanými analyty a jednotlivými zrnitostními frakcemi horních a dolních transektů zvláště pro OP a TTP. Výsledky této analýzy jsou graficky znázorněny na obrázku 5. Analýza byla provedena pouze pro vrstvu A (0–15 cm). Jako tzv. „Species“ byly vybrány hlavní zjišťované analyty (TP_{ox} , P_{ox} , NP_{ox} , Al_{ox} , Fe_{ox} , M3P, C_{tot} , N_{tot}). Jako tzv. „Samples“ vystupovaly vzorky A vrstvy horního a dolního transektu pro OP i TTP plochy. Jako tzv. „Environmentální

proměnné“ byly vybrány tři hlavní zrnitostní frakce – jíl, prach a písek a také ještě poloha v rámci plochy.

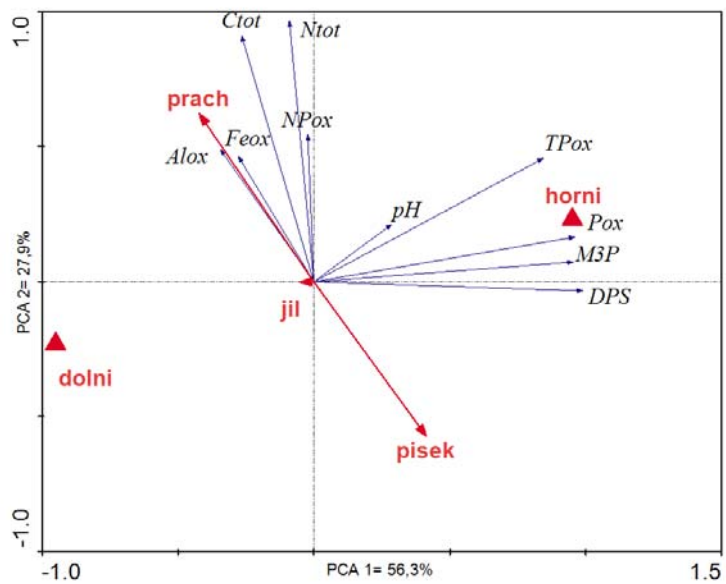
Analýza distribuce u A vrstvy OP (obr. 5, graf a)) ukázala na jasnou vazbu prachových částic v dolních částech svahů oproti převládající frakci písku na horních transektech (obr. 5). Frakce jílu v tomto případě mírně korelovala s prachovou frakcí. Tento výsledek je možné pokládat za důkaz selektivní eroze v rámci svahů s ornou půdou. Co se týče variability jednotlivých analytů, je možné z obr. 5 vyčíst, že všechny zjišťované formy P (kromě NP_{ox}) spolu korelují a jejich variabilita se od ostatních liší. Společně jsou nejsilněji korelovány především C_{tot} , N_{tot} a Al_{ox} , dále pak i Fe_{ox} a NP_{ox} . Protože NP_{ox} by měly tvořit především organické formy P je jeho korelace s C_{tot} logická. U analýzy orných půd bylo vysvětleno pomocí prvních dvou PCA os okolo 76% celkové variability proměnných.

Graf b) PCA analýzy horní A vrstvy u půd TTP ploch ukázal rozdílnou distribuci prachové a pískové frakce, než u OP. Opět zde vidíme rozdílnou distribuci hlavních forem P, které jsou v případě TTP silněji korelovány s polohou horních transektů. U Al_{ox} a Fe_{ox} je vidět silnější korelace s prachovými částicemi než u OP, nicméně distribuce C_{tot} , N_{tot} a NP_{ox} je obdobná jako u OP, pouze není tak silně asociovaná s polohou dolních transektů. Distribuce prachových půdních částic a látek s nimi korelovaných není vázána na pozici dolních transektů, tak jako u OP. Vliv selektivní eroze zde pravděpodobně nehraje tak významnou roli. U TTP ploch PCA analýza vysvětlila na prvních dvou kanonických osách celkem 84% celkové variability proměnných.

a) orné půdy (OP)



b) trvalé travní porosty (TTP)



Obr. 5 PCA analýza závislosti jednotlivých zrnitostí a vybraných analytů k poloze na svahu a typu hospodaření pro vrstvu půdy 0-15 cm (podíl vysvětlené variability na 1. a 2. kanonické ose byl u OP 76%, u TTP pak 84%).

4.3 Výsledky analýz vod

Během vyšetřovaného období (od 25. 2. 2008 do 25. 2. 2009) bylo provedeno 10 odběrů vzorků vod v uzávěrových profilech povodí. Průměrné hodnoty pro hlavní formy P pro každé povodí jsou uvedeny v tabulce 11. U některých povodí došlo k absenci povrchového toku (počet odběrů v každém povodí je uveden v tab. 11), a to především v letních měsících, popřípadě došlo k vymrznutí vodoteče v době zimních odběrů. U povodí 13 došlo po třetím odběru k trvalé absenci povrchového odtoku. Získané hodnoty koncentrací P nebyly z tohoto důvodu zahrnuty do dalších výsledků.

Specifický průtok

Z naměřených průtoků v uzávěrových profilech povodí byl vypočítán průměrný specifický odtok, který se pohyboval od $1 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ (povodí 5) až po $9,5 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ (povodí 15). Specifické průtoky byly významně vyšší ($p < 0,001$) u TTP než u povodí s OP, což mohlo být dáno především vyšší nadmořskou výškou a odlišnými klimatickými poměry u povodí s TTP. Odběry vod nebyly svými pravidelnými intervaly zaměřeny na zachycení odtoků z přívalových dešťů, ale reprezentovaly různé sezónní situace s odlišným zastoupením podpovrchového a základního odtoku z povodí.

Nerozpuštěné látky

Odtoky z povodí s OP obsahovaly průměrně více nerozpuštěných látek (NL105) ve vodních vzorcích a lišily se od povodí s TTP ($p < 0,001$) viz tab. 13. Průměrné koncentrace veškerého P v částicích vypočteného pro jednotlivá povodí, se pohybovaly v rozmezí od $1,7\text{--}5,1 \text{ g.kg}^{-1}$.

Tab. 11 Průměrný specifický průtok, koncentrace nerozpuštěných látek a hlavních forem P (kurzívou jsou vyznačeny hodnoty směrodatné odchylky).

číslo povodí a počet odběrů	spec. průtok (l.s ⁻¹ .km ⁻²)	NL 105 (mg.l ⁻¹)		VP (μg.l ⁻¹)		RRP (μg.l ⁻¹)		PP (μg.l ⁻¹)		RNP (μg.l ⁻¹)		PP (mg.g ⁻¹)			
1	9	2,1	4	52	59	210	179	91	98	111	100	9	4	2,9	1,2
2	8	1,1	2,1	76	90	340	372	40	41	294	383	7	5	3,5	1,6
3	10	3,5	5,5	14	16	111	87	42	21	63	83	7	5	4,3	2,1
4	7	1,0	1,9	32	32	96	63	34	6	58	64	3	5	2,1	1,2
5	10	0,9	0,9	28	20	76	45	10	9	59	36	7	7	2,5	0,8
6	10	1,0	1,5	25	30	92	57	24	10	59	59	9	8	2,7	1,3
7	10	1,2	1,4	3	3	35	23	14	8	15	13	7	4	5,1	3,4
8	10	2,4	2,1	32	47	92	103	12	8	70	103	10	9	2,5	1,1
9	10	6,9	7	26	22	127	85	28	17	87	65	12	17	3,4	1
10	10	5,1	10,7	28	36	119	87	39	42	70	82	11	9	3,3	1
11	10	2,0	1,8	10	12	100	63	57	45	33	33	9	9	4,7	6,8
12	8	4,0	8,1	23	13	65	36	13	11	43	36	10	8	1,7	0,8
13	3	0,5	0,9	6	3	30	12	14	2	14	6	9	6	2,9	1,3
14	10	2,5	2,9	20	20	134	165	31	25	96	37	7	5	4,8	4,3
průměr		2,4	1,85	26,8	19	116	78	32	22	76,6	68	8,4	2	3,31	1,05
15	10	9,5	10,4	8	3	52	18	24	9	22	11	6	4	2,9	1,1
16	10	7,1	4,9	10	11	51	36	18	11	27	23	7	5	3	1,1
17	10	10,2	8	13	7	37	16	8	4	24	14	4	3	2,1	1,2
18	10	8,9	6,1	5	3	34	10	14	5	13	8	6	4	2,7	1,3
19	10	8,6	10,8	6	3	42	10	19	5	17	8	7	5	3,4	1,9
20	10	8,3	8,5	6	4	32	113	14	7	10	8	8	4	1,8	1
21	8	2,9	5,8	13	5	123	120	69	77	30	19	24	28	2,3	1,1
průměr		7,9	2,42	9	3,4	53	32	24	21	20	7,4	9	7	2,6	0,56

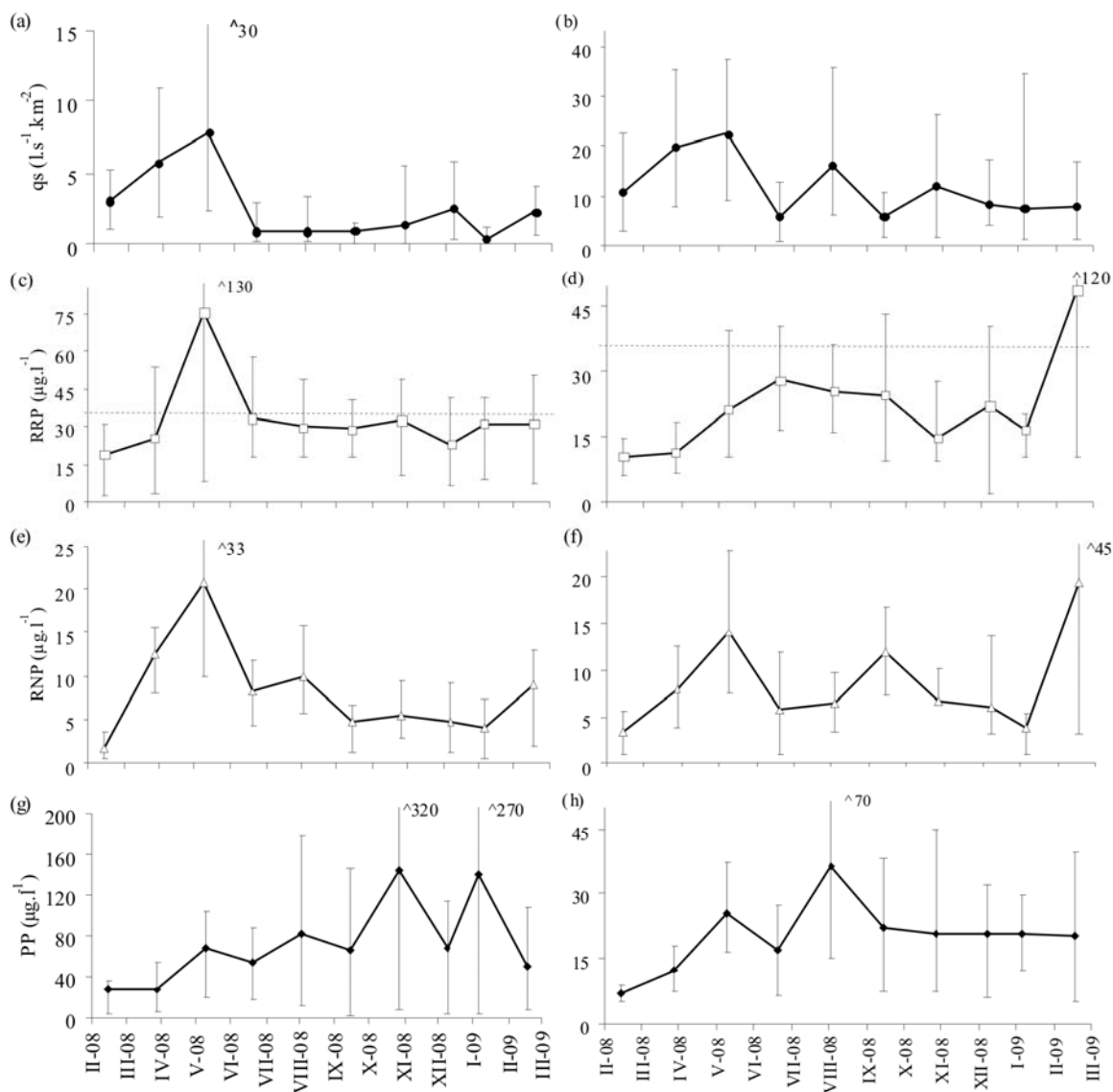
PP, RRP a kritické hodnoty pro eutrofizaci

Podíl PP tvořil u vzorků vod z povodí s OP v průměru 52 % a u TTP 42 % z VP. Průměrné koncentrace RRP u povodí s ornou půdou se pohybovaly v rozmezí 10–91 μg.l⁻¹ s průměrem 32 μg.l⁻¹ (medián 28 μg.l⁻¹); u povodí s TTP se hodnoty RRP se pohybovaly v rozmezí 8–69 μg.l⁻¹ s průměrem 24 μg.l⁻¹ (medián 18 μg.l⁻¹). Průměrné koncentrace RRP se nelišily mezi povodími s ornou půdou a TTP (celkový průměr 29 μg.l⁻¹) a kritickou hodnotu pro eutrofizaci vod 35 μg.l⁻¹ překročilo svými průměrnými hodnotami pět povodí s ornou půdou (číslo 1, 2, 3, 10, 11), tedy více jak jedna třetina, a jedno s TTP (povodí 21). Průměrné koncentrace RNP byly povodí s OP v rozmezí 3–12 μg.l⁻¹ a u povodí s TTP v rozmezí 4–24 μg.l⁻¹. Koncentrace RRP ani RNP se mezi povodími s ornou půdou a TTP

významně nelišily ($p > 0,05$). Veškerý P v odtoku ze sledovaných zemědělských povodí se pohyboval v rozmezí $32\text{--}340 \mu\text{g.l}^{-1}$, přitom se jeho koncentrace lišily mezi povodími s ornou půdou (s rozmezím $30\text{--}340 \mu\text{g.l}^{-1}$) a TTP (s rozmezím $32\text{--}123 \mu\text{g.l}^{-1}$) ($p < 0,001$).

Průběh odtoků

Průběh hodnot specifického odtoku a jednotlivých forem P pro povodí s OP a TTP za sledované období je zobrazen na obr. 6. Hodnoty za jednotlivá období se značně lišily jak mezi OP a TTP povodími, tak především v rámci těchto dvou skupin. Spec. odtok u povodí s ornou půdou měl zřetelné maximum v době jarního tání ($8 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$), přičemž v dalších měsících byly hodnoty spec. odtoku pouze okolo $1 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$. Naměřený spec. odtok u povodí s TTP reflektoval jarní tání v rámci celého sledovaného období jen mírně, odtok byl v těchto povodích během roku vyrovnanější a pohyboval se okolo $12 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$. Průměrné koncentrace RRP u povodí s ornou půdou až na květnovou hodnotu $75 \mu\text{g.l}^{-1}$ nevykazovaly velké sezónní změny. Průměrné koncentrace RRP pro povodí s TTP neměly zvýšené hodnoty během jarního tání a během letních měsíců se koncentrace pohybovaly okolo $25 \mu\text{g.l}^{-1}$. Velký nárůst RRP u povodí s TTP v únoru 2009 byl způsoben povodím



Obr. 6 Průměrné hodnoty specifického odtoku a koncentrací forem P v jednotlivých odběrových termínech v povodích s OP (vlevo) a TTP (vpravo): (a), (b) – specifický odtok; (c), (d) – RRP; (e), (f) – RNP; (g), (h) – PP. Chybové úsečky představují 90% procentily. U grafu pro RRP je vynesena kritická hodnota 35 µg.l⁻¹.

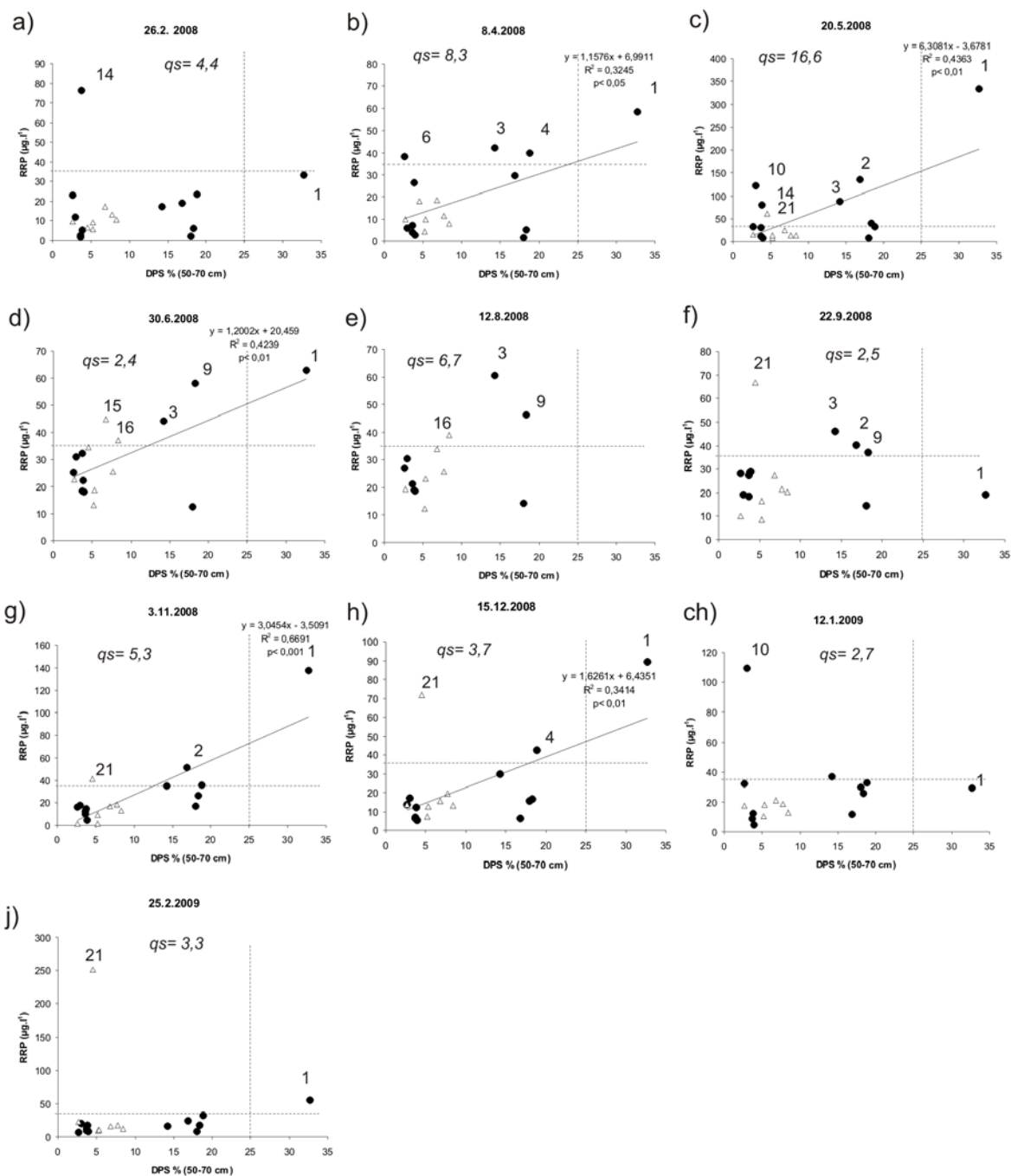
21, kde koncentrace RRP dosáhla hodnoty 252 µg.l⁻¹. Tato vysoká koncentrace zjevně byla způsobena odtokem vody z povrchu půdy s množstvím tlejících rostlinných zbytků pod tajícím sněhem. Barva vody tohoto vzorku byla silně hnědá, množství rozpuštěného org. C ve vzorku bylo 51 mg.l⁻¹ a jednalo se zde pravděpodobně o epizodní událost. Koncentrace RNP měly u povodí s ornými půdami obdobný průběh jako koncentrace RRP, pouze byly přibližně třikrát až čtyřikrát nižší. Koncentrace RNP

u povodí s TTP nevykazovaly zřetelné sezónní změny a zvýšená hodnota v únoru 2009 měla stejný důvod jako u RRP.

4.3.1 Vztah mezi půdním P a P v odtocích z povodí

Na obr. 7 je zobrazen soubor grafů znázorňující vztah mezi DPS v hloubce 50–70 cm na dolních transektech a koncentrací RRP v odtoku z povodí během jednotlivých odběrů za sledované období. Hodnoty překračující hranici DPS 25 % anebo koncentraci RRP 35 $\mu\text{g.l}^{-1}$ jsou označeny číslem příslušného povodí.

Významný vztah mezi hodnotou DPS v hluboké půdní vrstvě (50–70 cm) a RRP v odtoku byl signifikantní u pěti odběrových termínů. Lineární závislost ač statisticky významná, byla ale určena především bodem pro povodí 1, které jako jediné mělo DPS (33 %) hluboké půdní vrstvy nad kritickou hranicí 25 %. U ostatních odběrových termínů ani pro celoroční průměrné hodnoty nebyl prokázán trend ve zvyšující se koncentraci RRP.



Obr. 7 Vztah DPS vrstev 50-70 cm k RRP ($\mu\text{g.l}^{-1}$) v odtoku z povodí vyneseny pro jednotlivé odběrové termíny v období 26. 2. 2008 do 25. 2. 2009. Černé body reprezentují povodí s OP, bílé pak povodí s TTP. Hodnoty DPS jsou průměry jednotlivých vzorků vrstev C v daném povodí. Lineární funkce je proložena pouze pokud byla korelace signifikantní. Vertikální úsečka zobrazuje hranici DPS 25 %, horizontální pak hranici 35 $\mu\text{g.l}^{-1}$ RRP. Hodnoty přesahující tyto hranice jsou označeny číslem daného povodí. Qs reprezentuje průměrný specifický odtok za daný odběrový termín.

5 Diskuze

Vliv hydrologie a geomorfologie na odnos P

Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících transport P do povrchových vod jsou místní klimatické podmínky, především pak množství a intenzita srážek (Heathwaite et al. 2005). Vyšetřovaná povodí ve sledovaném období svými úhrny srážek i klimatickými podmínkami patří do vnitrozemského typu klimatu a proto oproti přímořským oblastem je nejen množství, ale i intenzita srážek rozdílná. Typické přívalové deště v letním období mohou způsobit velkou erozi půdy a povrchový odtok ze zemědělských půd a stát se tak hlavním důvodem zvýšeného transportu P do povrchových vod. Sharpley et al. (2001) poukazují na shodu mnoha studií, že zvýšené koncentrace, které mohou ovlivňovat negativně trofii v povrchových vodách, pocházejí často z určitých vymezených plošných zdrojů a pouze z několika málo intenzivních srážkových událostí během roku.

Způsob odběru vodních vzorků v této práci nebyl koncipován na zachycení těchto srážkových událostí, pouze reprezentoval pravidelnými odběry základní, popřípadě podpovrchový, odtok z daných povodí typický pro určité období. Výsledky je proto nutné tímto způsobem interpretovat. Specifické průtoky povodí se úměrně zvyšovaly s nadmořskou výškou, stejně tak i celkové úhrny srážek (viz tab. 1 a 11). Povodí s TTP měly tedy vyšší jak srážkové úhrny, tak i specifické odtoky, nicméně koncentrace P v odtocích byly relativně nízké. To bylo dáno především způsobem hospodaření. I když srážky a hydrologie území jsou jedním z faktorů ovlivňujících odnos P, neměly u těchto povodí rozhodující vliv.

Všechna povodí ležela na podloží metamorfovaných hornin nebo písčitohlinitých sedimentů, pouze povodí 15 mělo žulové podloží (tab. 1). Vyvěřelé kyselé horniny jako

granit mohou u nekultivovaných (lesních) půd určovat množství P a jeho větší mobilitu v půdě, v případě žul se jedná o větší obsah a vyluhovatelnost P (Kopáček et al. 1998). Množství P_{ox} v půdě povodí 15 bylo porovnatelné s okolními povodími. Průměrná koncentrace RRP v odtoku z toho povodí byla nicméně druhá nejvyšší pro povodí s TTP ($24 \mu\text{g.l}^{-1}$) a koncentrace RRP u tohoto povodí během sledovaného období kolísaly méně než u ostatních. Částečný vliv granitového podloží na koncentraci RRP v odtoku u tohoto povodí je možné pokládat za velmi pravděpodobný.

Zkoumané plochy vždy ležely v rámci povodí na svahu, proto byl testován vliv svažitosti ploch na rozdíl v obsahu jednotlivých analytů mezi horním a dolním transektem. Analýza variance – Repeated measurements ANOVA ovšem neprokázala vliv sklonitosti na množství jednotlivých forem P, C, N, Al, Fe ani u OP ani u TTP. To mohlo být dáno relativně malým rozsahem sklonitostí (1° – 9°) zkoumaných ploch. Vliv sklonu ploch byl ale nepřímo prokázán u PCA analýzy (viz níže).

Vliv pH, organické hmoty a redistribuce půdních částic

pH (KCl) bylo prokazatelně vyšší u orných půd, které náležely mezi kyselé a půdy TTP mezi silně kyselé půdy. Hodnota pH ovlivňuje rozpustnost minerálů s P, a může tudíž ovlivňovat jeho mobilitu v půdách (Stevenson 1986). Rozpustnost P ze sekundárních minerálů s P nebo oxidů Al a Fe se u nealkalických půd zvyšuje při pH nižším než 3 a vyšším jak 7 (Stevenson 1986). Naměřené pH, kromě jednoho vzorku s hodnotou 3,8 a jednoho s hodnotou 7,4 se pohybovaly v rozmezí, kdy je rozpustnost minerálů s P nejmenší (pH 4–6,5).

Všechny vzorky půd náležely k hlinitým a písčitohlinitým půdám (jejich klasifikace je znázorněna na obr. 3). Zrnitostní frakce, které byly stanoveny pro vrstvu 0–15 cm ukazují na větší podíl písku v mnoha vzorcích OP. PCA analýza (obr. 5) jasně ukázala vliv

selektivní eroze na redistribuci především prachových částic u OP, které se více akumulují ve spodních částech svahů. Naproti tomu prachová frakce u půd TTP v PCA analýze nevykázala tak silnou korelaci ke spodní části svahu, i když i zde je korelace této velikostní frakce ke spodní části svahu patrná (prachová frakce je orientovaná v levém sektoru první PCA osy společně s pozicí „dolní“). Na obr. 5 je dále vidět, že frakce jílu u OP je také orientovaná k dolní pozici, nicméně tento vztah není tak silný. U půd TTP pak jílová frakce nevykazuje žádnou korelaci. Zrnitostní kategorie písku převládá u OP v horních částech svahů. Tuto redistribuci jemnějších zrnitostních kategorií je možné přičíst na vrub procesu selektivní eroze u orných půd, kdy jsou splavovány menší a lehčí půdní částice po svahu dolů. Moranovo I kritérium prostorové autokorelace, respektive hodnoty z-skóre byly do PCA analýzy započítány jako kovariáty. Výsledek PCA analýzy s kovariáty se ovšem nijak významně nelišil od analýzy bez kovariátů.

S touto distribucí velikosti částic u OP také souvisí obsah organické hmoty (OH). Koncentrace celkového uhlíku a dusíku (C_{tot} , N_{tot}) se významně lišily jak mezi všemi vrstvami tak i transektu u obou managementů. Statisticky průkazný rozdíl mezi hospodařením vykázal jen C_{tot} . Z tabulky 10 je patrné, že v případě OP bylo více OH i N_{tot} na místě dolních transektů. Ve spojení s výsledky PCA analýzy je možné konstatovat, že prostorová distribuce půdní OH byla u orných půd vlivem selektivní eroze posunuta do dolní části svahů, kde se jí nacházelo signifikantně více a tato distribuce OH následně ovlivnila i obsah P v dolní části svahu.

Fosfor

Koncentrace P_{tot} se v analyzovaných vzorcích (0–15 cm) pohybovala od 550 do 3180 $mg.kg^{-1}$. Obvyklý rozsah koncentrace P_{tot} se pohybuje v širokém rozmezí od 100 do 3000 $mg.kg^{-1}$ (Condrón et al. 2005). V tomto ohledu lze považovat vyšetřované půdy za obvyklé

co do koncentrace P_{tot} . Koncentrace P_{tot} nevykázala signifikantní rozdíl mezi typy hospodaření.

Oxalátový P (jako P_{ox}) se pohyboval v rozmezí $50-900 \text{ mg.kg}^{-1}$ (0–15 cm); v porovnání například se šumavskými lesními půdami ($90-280 \text{ mg.kg}^{-1}$ Šantrůčková et al 2004) byl jeho obsah i třikrát vyšší. Co se týče obsahu NP_{ox} pohyboval se u OP a půd TTP v horní A vrstvě (0–15 cm) zhruba od 40 do 500 mg.kg^{-1} s průměrem 163 mg.kg^{-1} pro OP a 190 mg.kg^{-1} u půd TTP. U lesních šumavských půd se tato frakce oxalátového P pohybovala v průměru okolo $170-240 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Šantrůčková et al 2004), což jsou srovnatelné či mírně vyšší hodnoty. To by odpovídalo rychlejší mineralizaci P v OP a půdách TTP, přičemž i v půdách TTP bylo v průměru o něco více NP_{ox} než u OP.

Koncentrace P stanoveného agronomickou metodou Mehlich 3 se pohybovala v absolutním rozmezí $7-180 \text{ mg.kg}^{-1}$ (průměrné hodnoty viz tab. 5). V tomto případě byla koncentrace M3P u OP v průměru nižší (71 mg.kg^{-1}) než průměrná hodnota pro orné půdy Jihočeského kraje z Agrochemického zkoušení půd, která má hodnotu 97 mg.kg^{-1} (Klement 2005a). To může znamenat, že vyšetřovaná povodí patří spíše do půd s nižším obsahem přístupného P v porovnání s ostatními půdami v regionu. Stejně tomu bylo i u půd TTP, kdy průměrná koncentrace M3P byla v těchto povodích zjištěna zhruba 62 mg.kg^{-1} , přičemž průměrná hodnota pro travní porosty v Jihočeském kraji je 80 mg.kg^{-1} (Klement 2005a). U rozpuštěného reaktivního oxalátového P (P_{ox}) byla jasná stratifikace pouze u vrstev TTP půd, nikoli u OP a jeho obsah se mezi managementy průkazně lišil. NP_{ox} nevykazoval téměř žádné průkazné rozdíly mezi vrstvami a hospodařením, avšak jeho obsah se signifikantně lišil v rámci svahů, což je možné interpretovat v návaznosti na vyšší obsah OH v dolních částech svahů. Fosfor ze standardního agronomického testu Mehlich 3 nevykázal žádné významné rozdíly v rámci svahu a managementu.

Obr. 4 zobrazuje porovnání přístupného P extrahovaného pomocí oxalátové metody a metody Mehlich 3 vůči P_{tot} . Protože oxalátový roztok, respektive roztok šťavelanu amonného a kyseliny šťavelové je ve své podstatě chelatační činidlo, rozpuští velmi dobře minerály Al a Fe na které je P vázán a dosahuje tak vyšší extrakční síly než Mehlich 3, který extrahuje P především pomocí kyselého prostředí. Oxalátová metoda proto lépe reflektuje sorpční charakteristiky půdy než metoda Mehlich 3 a je tedy vhodnější pro stanovení saturačního stupně a ohodnocování půd z hlediska mobility P (Vadas et al. 2005, Gburek et al. 2005). I když vztah P_{ox} a M3P nevykazuje silnou korelaci, je možné konstatovat, že tyto dvě metody jsou porovnatelné a v případě těchto půdních vzorků jejich vztah nejlépe charakterizovala lineární funkce ve tvaru:

$$M3P = 0,2011 \times P_{\text{ox}} \quad (3)$$

Celkový a oxalátový Al a Fe

U celkových koncentrací Al a Fe (Al_{tot} , Fe_{tot}) v půdních částicích nebyla nalezena závislost na managementu ani významná stratifikace mezi vrstvami OP, u TTP ano. U vzorků TTP byl ale významný rozdíl mezi A a C vrstvou nalezen. Naopak oxalátový Al a Fe (Al_{ox} , Fe_{ox}) byl rozdílný mezi vzorky OP a TTP, nicméně ani u OP ani u TTP nebyla stratifikace těchto forem významná. Koncentrace Al_{ox} ve vyšetřovaných vzorcích se lišila mezi OP a půdami TTP. U OP se pohyboval v absolutním rozmezí od 474 do 2382 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a u půd TTP od 553 do 1791 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (v rámci všech tří vrstev) v porovnání s obsahem Al_{ox} šumavských lesních půd, kde se obsah této formy hliníku pohyboval mezi 4500 až 9000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Šantůčková et al. 2004) se jedná o relativně nízký obsah, nicméně šumavské půdy jsou výrazně kyselejší (pH 3,5–4,3 Šantůčková et al., 2004), což zvyšuje množství přístupného Al v půdě. Tyto půdy mají granitové podloží, které u nich výrazně ovlivňuje chemismus (Kopáček et al. 1998).

Koncentrace Fe_{ox} se nelišily mezi OP a půdami TTP a dosahovaly absolutního rozmezí od 941 do 10327 $mg.kg^{-1}$ s celkovým průměrem 3300 $mg.kg^{-1}$. Opět v porovnání s lesními acidifikovanými půdami (obsah Fe_{ox} 4500 až 14000 $mg.kg^{-1}$, Šantůčková et al., 2004) jde o výrazně menší koncentraci.

Koncentrace forem P v odtocích

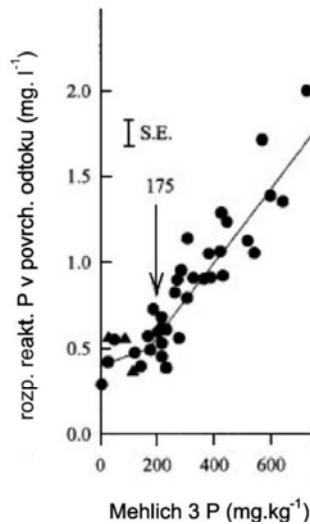
Původ částic zachycených v odběrech vod nebyl z eroze zemědělských půd, protože koncentrace veškerého P v částicích nejsou porovnatelné s hodnotami nacházejícími se v půdách. Ty se mohou pohybovat od 0,4 do 1,5 $g.kg^{-1}$ veškerého P (Brady et Weil 2002). U jednotlivých odběrů, kde se obsah veškerého P v částicích přiblížil těmto hodnotám, však nebyl naměřen zvýšený odtok z povodí oproti ostatním a částice tedy nemusí být přímo erozního původu, ale spíše z resuspenze částic v korytě, které jsou obohaceny o P více než půdy, popřípadě ze selektivní eroze jemných organických částic.

Na velikosti specifických průtoků v uzavěrových profilech povodí (tab. 11) se srážkové úhrny pravděpodobně podílely, nicméně je potřeba počítat s omezenou informací o těchto údajích, jelikož pravidelné odběry byly prováděny jen jednou za 6 týdnů nemohly tudíž poskytnout úplný přehled o hydrologických podmínkách ve vybraných povodích. Je také nutné počítat i s vlivem morfologie a hydromechanických vlastností daných půd (Gburek et al. 2005).

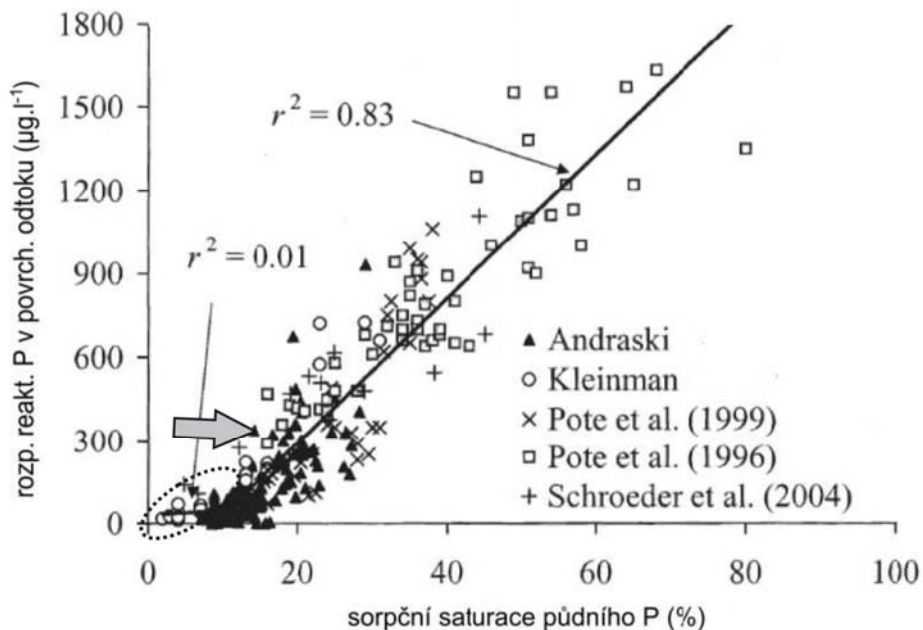
PP pocházel především z resuspenze a eroze částic v samotných vodotečích, jeho koncentrace jsou napříč povodími velmi různé a neukazují žádné významné sezónní rozdíly. Některé zvýšené koncentrace partikulovaného P během letních, podzimních a zimních měsíců souvisely spíše s hromaděním částic organického původu ve vodotečích během období s nižšími průtoky a jejich následnou resuspenzí.

Významný vztah mezi hodnotou DPS v hluboké půdní vrstvě (50–70 cm) a RRP v odtoku byl signifikantní u pěti odběrových termínů, tedy u celé poloviny. Nicméně linearitu těchto vztahů tvoří v podstatě jeden odlehlý bod povodí 1, které jako jediné překročilo hodnotami DPS v půdě kritickou hranici 25 %. Zvýšené koncentrace RRP (nad $35 \mu\text{g.l}^{-1}$) v odtoku u ostatních povodí nebyly způsobeny vysokým DPS, ale pravděpodobně se jednalo o P z jiných zdrojů, například u povodí 21, které bylo aktivní pastvinou pro skot, mohou být tyto koncentrace způsobeny transportem P z exkrementů nebo z rozkládající se organické hmoty. V posledním únorovém odběrovém termínu byla barva vody tohoto vzorku silně hnědá a množství rozpuštěného org. C ve vzorku bylo 51 mg.l^{-1} , což ukazuje na epizorní událost transportu rozpuštěných org. látek z tlejících rostlinných zbytků pod sněhovou pokrývkou.

Při porovnání zjištěných koncentrací M3P ve vyšetřovaných půdách a závislosti M3P na RRP v odtoku na obr. 8 (McDowell et Sharpley 2001), který ukazuje tzv. „change point“ při hodnotě 175 mg.kg^{-1} , je patrné, že hodnoty M3P se v půdách této studie pohybují pod touto prahovou hranicí. Maximální zjištěná hodnota M3P byla v této studii 179 mg.kg^{-1} , průměrná hodnota pro všechny vzorky pak 68 mg.kg^{-1} . Obdobný výsledek poskytl i DPS vyšetřovaných půd. Pouze jedno povodí (č. 1) mělo DPS půd větší než 25 %, přesně 33 %. Pokud se tato hodnota dosadí do obr. 9 (Vadas et al. 2005) je vidět, že velmi dobře zapadá do zjištěné lineární závislosti pro půdy s DPS nad 25 % (šedá šipka) (Na obr. 9. je DPS vypočítáno bez koeficientu 0,5, proto prahová hodnota dosahuje poloviční velikosti, tedy 12,5 %). Tečkovaný ovál reprezentuje přibližnou polohu hodnot DPS ve vztahu k RRP v odtoku pro zbytek vyšetřovaných povodí (viz také obr. 7)



Obr. 8 Nelineární závislost koncentrace Mehlich 3 P v půdě na koncentraci rozpuštěného P v povrchovém odtoku. Šipka značí tzv. „change point“ 175 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (prahovou hodnotu). S.E. je směrodatná odchylka (převzato z McDowell et. Sharpley 2001)



Obr. 9 Nelineární závislost RRP v povrchovém odtoku na DPS půd, která mění sklon při hodnotě 12,5 % bez koeficientu $\alpha = 0,5$ (respektive 25 % s tímto koeficientem). Šedá šipka vyznačuje zasazení koncentrace RRP v povodí 1, termín 20.5.2008, tečkovaný ovál přibližné zasazení ostatních hodnot. (hodnoty DPS byly vyděleny dvěma aby odpovídali použitému výpočtu v uvedené studii). Převzato od Vadas et al. (2005).

Nedostatkem této práce je s určitostí absence informací o typu, množství a období aplikace hnojiv v povodí. Tyto informace se během práce nepodařilo získat a proto je možné získané výsledky z vyšetřovaných půd a vod vyhodnocovat pouze k typu hospodaření v povodí. Další nedostatečností je poměrně malý rozsah zjištěných koncentrací P v půdách povodí, jehož důsledkem nebylo možné pro v této práci ověřit platnost nelineárního vztahu DPS v půdě a RRP v odtoku z povodí, popřípadě stanovit vlastní kritickou hodnotu DPS pro vyšetřované půdy. Tento cíl práce nebyl splněn. Posledním problémem práce je částečně také metodika monitoringu odtoku ze zemědělských povodí. Šestitýdenní interval poskytl relativně málo reprezentativní informace o reálné hydrologii vybraných povodí a nezahrnoval intenzivní srážkové události, které by mohl přinést cenné informace i o P z eroze zemědělských půd.

6 Závěry

Z 21 malých zemědělských povodí byly získány informace o hlavních formách půdního P a jeho vazebných partnerů, stejně tak jako údaje o koncentracích hlavních forem P v odtocích z těchto půd. Ze statistického porovnání koncentrací analyzovaných látek byl zjištěn průkazný vliv hospodaření na obsah přístupného P – P_{ox} , a jeho vazebných partnerů Al_{ox} a Fe_{ox} a také velký vliv půdní organické hmoty na koncentrace přístupného P v dolních částech svahů. Vyšetřované půdy obsahovaly spíše podprůměrné koncentrace M3P v porovnání s regionálními průměry u zemědělských půd.

Byl prokázán významně vyšší obsah organické hmoty na dolních transektech a vliv selektivní eroze na redistribuci organické hmoty. Nebyl nalezen vliv svažitosti ploch na distribuci P a jeho vazebných složek. Stupeň saturace půdy P byl prokazatelně vyšší u orných půd, nicméně v průměru nepřesahoval kritickou hranici 25 %.

I když se stupeň saturace půdy fosforem ve spodních půdních vrstvách orných půd a TTP statisticky nelišil, několik povodí s ornou půdou vykazovalo vyšší nasycení spodních půdních vrstev, a to se projevilo i na vyšších koncentracích rozpuštěných forem P v odtocích z těchto povodí. Nasycení těchto vrstev půd a koncentrace RRP v odtocích nicméně nedosahovaly vysokých hodnot, a tak nebylo možné prokázat závislost zvýšené mobility rozpuštěných forem P na velikosti DPS. Nicméně zjištěné informace odpovídaly vztahům popsaných jinými autory jak laboratorními tak i polními experimenty.

Koncentrací hlavních forem P v odtocích z těchto povodí prokázali, že vyšetřovaná malá zemědělská povodí nejsou velkým zdrojem P pro povrchové vody, nicméně několik povodí s ornými půdami vykazovalo v některých odběrových termínech zvýšené

koncentrace RRP které i několikrát překračovaly kritickou hranici pro potenciální eutrofizaci povrchových vod.

Koncentrace rozpuštěného P ve vodotečích ze zemědělských povodí jsou zjevně ovlivňovány zejména sorpčními podmínkami ve spodních půdních vrstvách, přes které se P dostává dále do vodotečí a hydrologickými podmínkami, které ovlivňují odtok z povodí.

Citovaná literatura

- Bennett, Elena M., Stephen R. Carpenter, and Nina F. Caraco. (2001): Human Impact on Erodable Phosphorus and Eutrophication: A Global Perspective. *BioScience* 51, no. 3: 227.
- Brady N. C. et Weil R. R. (2002): *The Nature and Properties of Soils*, thirteenth edition. Pearson
- Bundy L. G. Et al. (2005): *Phosphorus: Agriculture and Environment*, American Society of Agronomy, Agronomy Monograph no. 46. Madison, USA.
- Carpenter, S. R., N. F. Caraco, D. L. Correll, R. W. Howarth, A. N. Sharpley, and V. H. Smith. (1998): Nonpoint Pollution of Surface Waters With Phosphorus and Nitrogen. *Ecological Applications* 8, no. 3 (August): 559-568.
- Condon L. M., Turner B. L., Cade-Menun B. J.(2005):*Chemistry and Dynamics of Soil Organic Phosphorus. Agriculture and Environment*, American Society of Agronomy, Agronomy Monograph no. 46. Madison, USA.
- Dougan, W.K. a Wilson A.L., (1974): The absorptiometric determination of aluminium in water. A comparison of some chromogenic reagents and the development of an improved method. *Analyst* 99: 413-430
- Froelich P. N. (1988): Kinetic control of dissolved phosphate in natural rivers and estuaries: A primer on the phosphate buffer mechanism. *Limnol. Oceanogr.* 33: 649-668.
- Gburek W. J. (2005): Phosphorus mobility in the landscape, *Phosphorus: Agriculture and Environment*, American Society of Agronomy, Agronomy Monograph no. 46. Madison, USA.
- Gelbrecht J., Lengsfeld H., Pöthig R., Opitz D. (2005): Temporal and spatial variation of phosphorus input, retention and loss in a small catchment of NE Germany. *Journal of Hydrology* 304: 151–165.

- Haygarth P. M., Hepworth L. et Jarvis S. C. (1998): Forms of phosphorus transfer in hydrological pathways from soil under grazed grassland. *European Journal of Soil Science* 49: 60-72.
- Heathwaite L., Haygarth P., Matthews R., Preedy N. et Butler P. (2005): Evaluating Colloidal Phosphorus Delivery to Surface Waters from Diffuse Agricultural Sources. *J. Environ. Qual.* 34: 287–298.
- Holtan, H., Kamp-Nielsen L. et Stuanes A. O. (1988): Phosphorus in soil, water and sediment: An overview. *Hydrobiologia* 170: 19–34.
- Horáková M., Lischke P., Grünwald A. (1986): Chemické a fyzikální metody analýzy vod. SNTL Nakladatelství technické literatury, Praha.
- Horta M. C. et Torrent J. (2007): The Olsen P method as an agronomic and environmental test for predicting phosphate release from acid soils. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 77: 283-292.
- Jandák J. (2003): Cvičení z půdoznalství, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 92 p.
- Klement V. (2005a): Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 1999–2004. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno.
- Klement (2005b): Porovnání vývoje agrochemických vlastností půd za období 1993–1998 a 1999–2004. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno.
- Kopáček J., Veselý J. e Hejzlar J., (1998): Bedrock and soil composition: Crucial factors governing phosphorus input and trophic status of forest lakes in Bohemian Forest. *Acta Univers. Carolina – Geologica* 42: 55–59.
- Kopáček J., Borovec J., Hejzlar J., Porcal P. (2001): Spectrophotometric determination of iron, aluminum, and phosphorus in soil and sediment extracts after their nitric acid and perchloric acid digestion. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32: 1431–1443.
- Kopáček, J., Hejzlar J.: *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 53, 1993, 173-183.
- Kopáček J. et Hejzlar J.(1991): Semimikrostanovení rozpuštěného reaktivního a veškerého fosforu ve vodách. *Hydrochémia*. Bratislava.

- Maguire R. O. et Sims J. T. (2002): Soil Testing to Predict Phosphorus Leaching. *J. Environ. Qual.* 31: 1601-1609.
- McDowell, R. W., Sharpley, A. N., Condon, L. M., Haygarth, P. M., Brookes, P. C. (2001): Processes controlling soil phosphorus release to runoff and implication for agricultural management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59: 269-284.
- McDowell, R W, and a N Sharpley. (2001): Phosphorus losses in subsurface flow before and after manure application to intensively farmed land. *The Science of the total*
- Mehlich A. (1984): Mehlich 3 Soil Test Extractant: A Modification of Mehlich 2 Extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1984, 15, 277-294.
- Motavalli P. P. et Miles R. J. (2002): Soil phosphorus fractions after 111 years of animal manure and fertilizer applications. *Biol Fertil Soils* 36: 35-42.
- Nelson D.W. et Sommers L.E. (1996): Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: D.L. Sparks, Editor, *Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods.* SSSA Book Series No. 5, SSSA, Madison, WI, pp. 961–1010.
- Němeček, J. (2001): Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU Praha, 79 p.
- Pierzynski G. M. et al (2005): *Phosphorus: Agriculture and Environment*, American Society of Agronomy, Agronomy Monograph no. 46. Madison, USA.
- Pierzynski G. M. et Sharpley A. N. (2000): *Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters: Introduction.* In: Pierzynski (ed). *Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters.* Southern Cooperative Series Bulletin No. # 396.
- Pote D.H., Daniel T.C., Sharpley A.N., Moore P.A., Jr., Edwards D.R. a Nichols D.J. (1996): Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 855–859.
- Pulleman, M.M., Bouma, J., van Essen, E.A., Meiles, E.W., (2000): Soil Organic Matter Content as a Function of Different Land Use History. *Soil Science Society of American Journal*, 64: 689–693.
- Sharpley A. N. (1995): Soil phosphorus dynamics: agronomic and environmental impacts. *Ecological Engineering* 5: 261-279.

- Sharpley A. N., McDowell R. W. et Kleinman P. J. A. (2001): Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. *Plant and Soil* 237 287–307.
- Shoumans O. F. (2000): Determination of the Degree of Phosphate Saturation In Non-Calcareous Soils. In: Pierzynski (ed). *Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters*. Southern Cooperative Series Bulletin No. # 396.
- Sims J. T. (2000): Soil Test Phosphorus: Mehlich 3. In: Pierzynski (ed). *Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters*. Southern Cooperative Series Bulletin No. # 396.
- Sims J.T. & Sharpley, A.N. (2005): *Phosphorus: agriculture and the environment*. Monograph of the Soil Science Society of America, Madison, WI
- Smith V. H. (2003): Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: a global problem. *Environmental science and pollution research international* 10, no. 2 (January): 126-39.
- Stevenson F.J. (1986): *Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. A Wiley-Interscience Publication, 380pp.
- Šantrůčková H., Vrba J., Píček T. et Kopáček J. (2004): Soil biochemical activity and phosphorus transformations and losses from acidified forest soils. *Soil Biology & Biochemistry* 36:1569-1576.
- G. W. Thomas (1996): *Soil pH and Soil acidity*. *Methods of Soil Analysis, Part 3 Chemical Methods*.
- Turner B. L., Condron L. M., Richardson S. J., Peltzer D. A. et Allison V. J. (2007): Soil Organic Phosphorus Transformations During Pedogenesis. *Ecosystems* 10: 1166–1181.
- Vadas P. A., Kleinman P. J. A., Sharpley A. N. and Turner B. L. (2005): Relating Soil Phosphorus to Dissolved Phosphorus in Runoff: A Single Extraction Coefficient for Water Quality Modeling. *J. Environ. Qual.* 34: 572–580.
- Verstraeten, Gert, and Jean Poesen. *Agricultural Watersheds*. Seven: 870-879.

www.geology.cz -

http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/index.php?start_y=785255&start_x=1178677 13.4.2011

Přílohy

Tab. 12 Tabulka primárních dat půdních analýz (1.část)

číslo povodí	kód vzorku	P _{tot}	Al _{tot}	Fe _{tot}	TP _{ox}	Al _{ox}	Fe _{ox}	P _{ox}	NP _{ox} (org. P)	Mehlich3 P	C _{tot}	N _{tot}	pH	humus	hospodaření	sklon	DPS
		mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	(KCl)	%		plocha (stupni)
1	4HA				648	968	3104	557	91	95			6,0		orná p.	1,4	39,4
1	4DA				548	945	3130	499	50	80			5,5		orná p.	1,4	35,4
1	5HA				400	741	1917	329	71	59			6,2		orná p.	3,0	34,4
1	5DA				274	474	1344	301	0	61			6,1		orná p.	3,0	46,6
1	5/DC	2236	21966	22644	416	925	1638	322	94		3332	341		0,6	orná p.	3,0	32,7
2	1HA				537	758	2710	582		92			6,0		orná p.	1,4	49,1
2	1DA				533	965	4189	419	114	57			5,4		orná p.	1,4	24,4
2	1/DC	1403	28213	27707	666	1577	7000	479	186		4694	369		0,8	orná p.	1,4	16,8
2	2HA				538	997	3244	407	130	58			5,4		orná p.	1,1	27,7
2	2DA							457		70			5,4		orná p.	1,1	
2	3HA							551		104			5,5		orná p.	1,0	
2	3DA							577		89			5,4		orná p.	1,0	
3	8HA				494	927	3524	473	36	55			5,4		orná p.	2,5	31,3
3	8DA				566	1048	3463	458	105	64	12895	1134	5,3	2,2	orná p.	2,5	29,3
3	8/DC	879	46667	36564	358	1915	3226	284	74		3369	375		0,6	orná p.	2,5	14,2
3	9/A				852	1345	4277	602	250	112					orná p.		30,8
4	10/A	1408	25844	22059	596	1587	4400	417	179		16130	1315		2,8	orná p.	2,0	19,6
4	10/C	1371	36260	29878	461	1629	3585	364	98		2427	253		0,4	orná p.	2,0	18,9
5	1/1HA				309	868	2119	229	81	69	11018	847	4,8	1,9	orná p.	5,0	21,1
5	1/1HB				208	729	2191	155	53		15350	1025		2,6	orná p.	5,0	15,1
5	1/1DA				278	676	3344	183	96	38	13232	999	5,7	2,3	orná p.	5,0	13,9
5	1/1DB				200	728	3044	163	36		8452	718		1,5	orná p.	5,0	12,9
5	1/2A	645	25022	19588	267	648	3578	243	24	41	13942	1082	5,5	2,4	orná p.	3,0	17,8
5	1/2B				309	699	3389	265	44		12509	923		2,2	orná p.	3,0	19,7
5	1/2C	398	50938	39510	40	1301	2456	46	0		3318	347		0,6	orná p.	3,0	3,2
5	1/3HA				241	560	1553	161	80	53	12845	926	5,1	2,2	orná p.	4,0	21,4
5	1/3HB				245	549	1631	159	86		10292	752		1,8	orná p.	4,0	20,7
5	1/3DA	708	26874	20632	348	632	3780	245	103	43	19991	1668	5,6	3,4	orná p.	4,0	17,4
5	1/3DB				390	616	4301	278	112		19453	1434		3,4	orná p.	4,0	18,0
5	1/3DC	340	47469	36246	40	1148	2421	52	0		3002	274		0,5	orná p.	4,0	3,9
6	2/1HA				268	668	2854	184	85	37	12648	834	5,4	2,2	orná p.	4,0	15,6
6	2/1HB				226	631	2572	163	63		9787	674		1,7	orná p.	4,0	15,2
6	2/1DA	838	38594	29870	408	1184	4039	187	222	99	23179	1576	6,9	4,0	orná p.	4,0	10,4
6	2/1DB				390	1086	3782	191	199		23009	1533		4,0	orná p.	4,0	11,4
6	2/1DC	248	29362	33976	52	869	4741	38	14		4379	301		0,8	orná p.	4,0	2,1
6	2/2HA				404	1006	2149	234	170	36	15645	1049	5,0	2,7	orná p.	5,0	19,9
6	2/2HB				331	901	2001	198	134		13027	907		2,2	orná p.	5,0	18,4
6	2/2DA	548	24287	22171	248	956	3471	109	139	26	19830	1870	4,7	3,4	orná p.	5,0	7,2
6	2/2DB				190	825	3150	75	115		18576	1155		3,2	orná p.	5,0	5,6
6	2/2DC	249	28738	29666	28	730	1890	30	0		2285	275		0,4	orná p.	5,0	3,2
7	3/1HA				287	806	3536	211	77	48	11547	847	5,7	2,0	orná p.	2,0	14,6
7	3/1HB				190	792	2924	181	8		8812	713		1,5	orná p.	2,0	14,3
7	3/1DA	833	32431	25919	525	1034	6241	353	173	39	24753	1667	6,0	4,3	orná p.	2,0	15,2
7	3/1DB				600	1033	6962	384	216		23205	1614		4,0	orná p.	2,0	15,2
7	3/1DC	320	25754	19376	130	938	3997	77	53		6124	497		1,1	orná p.	2,0	4,7
7	3/2HA				286	879	3981	190	97	43	10885	767	7,4	1,9	orná p.	3,0	11,8
7	3/2HB				200	908	3718	155	45		8058	605		1,4	orná p.	3,0	10,0
7	3/2DA				379	1335	5553	205	174	23	20965	1492	5,0	3,6	orná p.	3,0	8,9
7	3/2DB				572	2203	9660	179	392		19087	1289		3,3	orná p.	3,0	4,6
7	3/3HA				200	809	3224	156	44	35	9317	774	5,9	1,6	orná p.	4,0	11,5
7	3/3HB				334	917	4018	215	119		12876	1025		2,2	orná p.	4,0	13,1
7	3/3DA	679	21476	19800	323	795	3553	216	107	59	16974	1335	6,2	2,9	orná p.	4,0	15,0
7	3/3DB				278	677	3252	207	71		15211	1206		2,6	orná p.	4,0	16,1
7	3/3DC	125	25813	19683	19	590	1619	21	0		2409	250		0,4	orná p.	4,0	2,7

Tab. 12 Tabulka primárních dat půdních analýz (2.část)

číslo povodí	kód vzorku	P _{tot}	Al _{ox}	Fe _{tot}	TP _{ox}	Al _{ox}	Fe _{ox}	P _{ox}	NP _{ox} (org. P)	Mehlich3 P	C _{tot}	N _{tot}	pH	humus	hospodaření	sklon	DPS	
		mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	(KCl)	%		plocha (stupň)	%
8	4/1HA				487	802	1137	456	31	94	17090	1027	4,2	2,9	omá p.	5,0	58,9	
8	4/1HB				330	716	941	245	85		8500	582		1,5	omá p.	5,0	36,5	
8	4/1DA	1534	28196	26488	648	912	4816	602	46	43	26356	1909	5,1	4,5	omá p.	5,0	32,4	
8	4/1DB				694	951	5376	560	134		19262	1414		3,3	omá p.	5,0	27,5	
8	4/1DC	1122	27359	26643	615	900	8156	500	115		7805	598		1,3	omá p.	5,0	18,0	
9	5/1HA				580	890	1647	518	62	99	12937	986	5,2	2,2	omá p.	4,0	53,5	
9	5/1HB				422	893	1293	386	36		11210	767		1,9	omá p.	4,0	44,3	
9	5/1DA				566	1135	2237	406	159	101	13233	1085	4,5	2,3	omá p.	4,0	31,9	
9	5/1DB				540	1136	2267	385	155		10494	849		1,8	omá p.	4,0	30,1	
9	5/1DC				814	1427	5161	497	317						omá p.	4,0	22,1	
9	5/2HA				1008	1254	2255	892	115	97	16622	1255	5,1	2,9	omá p.	8,0	66,4	
9	5/2HB				843	1084	1819	818	25		10207	907		1,8	omá p.	8,0	72,6	
9	5/2DA	3183	27014	27560	919	1088	2585	840	79	85	17284	1268	5,1	3,0	omá p.	8,0	62,6	
9	5/2DB				975	1170	3012	855	120		14447	1055		2,5	omá p.	8,0	56,8	
9	5/2DC	2001	37167	41700	913	1834	10327	571	342		13909	1067		2,4	omá p.	8,0	14,6	
10	6/1HA				569	1067	2171	532	37	160	15717	1212	6,1	2,7	omá p.	3,0	43,8	
10	6/1HB				482	720	1755	385	97		14180	1049		2,4	omá p.	3,0	42,8	
10	6/1DA	973	30696	24608	510	1213	2347	330	181	127	15390	1191	4,2	2,7	omá p.	3,0	24,5	
10	6/1DB				496	1209	2295	352	144		15213	1174		2,6	omá p.	3,0	26,4	
10	6/1DC	261	26336	19428	81	1089	2009	35	46		5251	372		0,9	omá p.	3,0	3,0	
10	6/2A				606	986	4217	456	150	104	26149	1849	6,6	4,5	sad	4,0	26,3	
10	6/2B				321	922	2647	237	84		15150	1001		2,6	sad	4,0	18,8	
10	6/3HA				606	1035	3969	396	210	84	35603	2520	5,6	6,1	TTP	1,0	23,4	
10	6/3HB				397	1072	3969	209	188		18195	1374		3,1	TTP	1,0	12,2	
10	6/3DA	1047	31810	21922	450	1141	3253	320	130	40	33338	2492	5,1	5,7	TTP	1,0	20,6	
10	6/3DB				296	1019	3533	126	170		14920	1196		2,6	TTP	1,0	8,1	
10	6/3DC	290	33316	28408	96	553	3594	98	0		2847	289		0,5	TTP	1,0	7,5	
11	7/1A	597	9160	23712	578	534	4125	288	290	82	24850	1972	6,3	4,3	omá p.	4,0	19,9	
11	7/1B				558	483	4275	283	275		23213	1796		6,0	omá p.	4,0	19,4	
11	7/1C	61	6449	23836	9	621	3375	18	0		2773	236		0,5	omá p.	4,0	1,4	
11	7/2HA				693	945	2178	192	500	115	17747	1319	5,0	3,1	omá p.	6,0	16,8	
11	7/2HB				545	731	2087	269	276		11275	905		1,9	omá p.	6,0	26,9	
11	7/2DA	776	12663	29025	550	575	3298	276	274	89	28397	2284	6,5	4,9	omá p.	6,0	22,2	
11	7/2DB				561	532	3389	272	289		22575	1781		3,9	omá p.	6,0	21,8	
12	8/1HA				214	1245	2630	100	114	13	19487	1604	5,6	3,4	omá p.	6,0	6,9	
12	8/1HB				251	842	1262	152	100		8255	774		3,8	1,4	omá p.	6,0	18,2
12	8/1DA	800	28913	31811	332	1113	2247	147	185	40	18165	1384	4,3	3,1	omá p.	6,0	11,6	
12	8/1DB				416	1663	4212	138	278		14542	1224		4,3	2,5	omá p.	6,0	6,5
12	8/1DC	430	29380	26280	219	1369	3244	64	155		5941	476		1,0	omá p.	6,0	3,8	
12	8/2HA				281	919	2504	148	132	42	12222	1040	5,1	2,1	omá p.	3,0	12,2	
12	8/2HB				279	874	2315	145	134		10704	914	4,9	1,8	omá p.	3,0	12,7	
12	8/2DA	1386	33901	25623	758	1563	3228	471	287	179	38675	2845	6,6	6,7	omá p.	3,0	26,3	
12	8/2DB				173	1132	2931	78	95		12063	1022	5,7	2,1	omá p.	3,0	5,3	
12	8/2DC	267	12152	15005	120	1049	4907	70	50		5700	451		1,0	omá p.	3,0	3,6	
13	9/1HA				341	1050	2308	148	193	54	21078	1402	4,8	3,6	omá p.	1,0	11,9	
13	9/1HB				319	1085	2509	196	123		18401	1297	4,8	3,2	omá p.	1,0	14,9	
13	9/1DA				417	928	2428	258	159	78	20368	1610	5,0	3,5	omá p.	1,0	21,4	
13	9/1DB				417	1212	2361	184	233		11170	845		1,9	omá p.	1,0	13,7	
13	9/2HA				411	1109	2269	205	206	62	20170	1455	4,4	3,5	TTP	3,0	16,2	
13	9/2HB				394	1151	2093	196	198		15186	1113	4,3	2,6	TTP	3,0	15,8	
13	9/2DA				351	818	1835	256	96	86	23133	1554	5,3	4,0	TTP	3,0	26,1	
13	9/2DB				430	1092	2724	236	195		19102	1456	5,0	3,3	TTP	3,0	17,0	
14	10/1HA				624	1631	3696	307	316	87	20648		4,7	3,6	omá p.	4,0	15,7	
14	10/1HB				559	1985	4527	202	357		14348			2,5	omá p.	4,0	8,4	
14	10/1DA	933	38176	34543	729	2382	7339	232	497	52	18313		4,7	3,2	omá p.	4,0	6,8	
14	10/1DB				553	1800	4950	215	337		20917	2767		3,6	omá p.	4,0	8,9	
14	10/1DC	298	30400	26467	145	1179	2929	60	85		6560	581		1,1	omá p.	4,0	4,1	
14	10/2HA				882	1613	4380	496	386	138	54950	4550	6,7	9,5	TTP	4,0	23,2	
14	10/2HB				418	1591	4632	141	277		28394	2975		4,9	TTP	4,0	6,4	
14	10/2DA	697	26711	19267	423	1675	4825	140	283	32	58300	4352	6,2	10,1	TTP	4,0	6,1	
14	10/2DB				284	1298	3655	92	192		33029	2223		5,7	TTP	4,0	5,2	
14	10/2DC	338	47567	47067	38	714	2298	38	0		3048	305		0,5	TTP	4,0	3,7	
14	10/3HA				614	1663	3149	316	298	119	17065	969	4,8	2,9	omá p.	3,0	17,3	
14	10/3HB				463	1494	3006	204	258		11434	644		2,0	omá p.	3,0	12,1	
14	10/3DA	865	29338	29005	462	1207	2581	225	237	85	14291	902	4,9	2,5	omá p.	3,0	16,0	
14	10/3DB				464	1366	2901	212	253		13260	1540		2,3	omá p.	3,0	13,3	
14	10/3DC	442	28617	27248	171	1427	2981	58	113		6338	466		1,1	omá p.	3,0	3,5	

Tab. 12 Tabulka primárních dat půdních analýz (3.část)

číslo povodí	kód vzorku	P _{tot}	Al _{ox}	Fe _{ox}	TP _{ox}	Al _{ox}	Fe _{ox}	P _{ox}	NP _{ox} (org. Mehlich3 P)		C _{tot}	N _{tot}	pH	humus	hospodaření	sklon	DPS
		mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	(KCl)	%		plocha (stupni)
15	11/1HA				440	1387	2683	225	215	80	19078	1462	4,8	3,3	TTP	6,0	14,6
15	11/1HB				257	950	1948	139	118		6495	549		1,1	TTP	6,0	12,8
15	11/1DA	625	19739	13101	311	1249	3417	163	148	38	19101	1284	5,0	3,3	TTP	6,0	9,8
15	11/1DB				258	1285	3389	126	132		13090	1095		2,3	TTP	6,0	7,5
15	11/1DC	212	22126	14866	73	1274	2823	50	23		2533	228		0,4	TTP	6,0	3,3
15	11/2HA				372	1252	1922	157	215	42	19726	1446	4,7	3,4	TTP	9,0	12,5
15	11/2HB				307	1168	1873	132	175		10066	762		1,7	TTP	9,0	11,1
15	11/2DA	637	22974	14705	315	1252	2989	144	172	39	26116	1718	4,5	4,5	TTP	9,0	9,3
15	11/2DB				208	1162	2832	94	114		13512	1099		2,3	TTP	9,0	6,5
15	11/2DC	479	25019	23529	169	624	4041	153	16		2384	159		0,4	TTP	9,0	10,3
16	12/1HA				369	1102	3126	250	119	54	16196	930	6,1	2,8	TTP	5,0	16,7
16	12/1HB				423	1650	2915	182	241		11886	807		2,0	TTP	5,0	10,4
16	12/1DA	651	25321	19771	334	1372	4616	172	162	34	25671	1555	5,6	4,4	TTP	5,0	8,3
16	12/1DB				258	1376	4505	106	151		13183	808		2,3	TTP	5,0	5,2
16	12/1DC	384	32198	26356	171	1223	4671	147	24		4167	353		0,7	TTP	5,0	7,4
16	12/2HA				475	1237	2510	265	210	102	16843	1281	5,7	2,9	TTP	6,0	18,8
16	12/2HB				308	1184	2382	171	137		6663	513		1,1	TTP	6,0	12,8
16	12/2DA	654	22610	21382	304	1103	3297	195	109	60	10459	768	5,8	1,8	TTP	6,0	12,6
16	12/2DB				397	1134	3076	258	138		17024	1120		2,9	TTP	6,0	17,2
16	12/2DC	442	32742	30748	159	964	3664	147	12		2215	245		0,4	TTP	6,0	9,4
17	13/1A				318	1248	1510	220	96	84	10511	802	3,9	1,8	TTP	10,0	19,4
17	13/1B				444	1791	3394	207	237		16808	1051	5,7	2,9	TTP	10,0	10,5
17	13/2A				457	1595	2418	217	240	61	22309	1350	4,8	3,8	TTP	6,0	13,7
17	13/2B				437	1663	2551	199	238		13419	930	5,1	2,3	TTP	6,0	11,9
17	13/3A	695	24778	27758	369	1639	2558	166	203	40	22693	1392	5,0	3,9	TTP	7,0	10,1
17	13/3B				289	1677	2614	109	179		14908	956	4,9	2,6	TTP	7,0	6,5
17	13/3C	358	28993	31845	179	1445	3445	111	68		3770	280		0,7	TTP	7,0	6,2
17	13/4A	796	31528	33392	360	1605	2337	176	185	55	22474	1350	4,6	3,9	TTP	5,0	11,2
17	13/4B				189	1198	2022	102	87		6714	600	4,5	1,2	TTP	5,0	8,1
17	13/4C	415	46060	39859	116	1436	3647	78	38		2769	336		0,5	TTP	5,0	4,2
18	14/1HA				573	1232	2588	458	114	113	22802	1303	5,5	3,9	TTP	7,0	32,2
18	14/1HB				386	1063	2289	188	198		9686	620		1,7	TTP	7,0	15,1
18	14/1DA	829	26377	21074	470	1244	3057	208	262	62	16721	1034	4,7	2,9	TTP	7,0	13,3
18	14/1DB				303	1078	2907	255	48		6630	520		1,1	TTP	7,0	17,9
18	14/1DC	343	38312	31834	124	1154	3358	84	40		3169	272		0,5	TTP	7,0	5,3
18	14/2A	848	31921	28614	297	918	4927	143	154	23	21087	1273	4,3	3,6	TTP	4,0	7,5
18	14/2B				428	1066	4822	281	147		9039	675		1,6	TTP	4,0	14,4
18	14/2C	811	29703	28590	403	973	6413	386	17		3046	252		0,5	TTP	4,0	16,5
18	14/3A				607	1324	2373	501	106	112	24672	1755	4,4	4,3	TTP	10,0	35,3
18	14/3B				453	1250	2386	340	113		11016	808		1,9	TTP	10,0	24,7
19	15/1HA				515	1401	3520	371	143	80	31232	1999	4,6	5,4	TTP	2,0	20,9
19	15/1HB				433	1464	4054	265	168		15934	1090		2,7	TTP	2,0	13,5
19	15/1DA	1164	31522	24902	510	1337	4360	441	69	69	30630	1819	4,7	5,3	TTP	2,0	22,3
19	15/1DB				455	1265	4399	298	157		13278	844		2,3	TTP	2,0	15,3
19	15/1DC	495	33409	23493	228	1424	5004	170	58		3294	328		0,6	TTP	2,0	7,7
20	16/1HA				589	1115	3267	332	256	92	33789	2168	5,4	5,8	TTP	3,0	21,5
20	16/1HB				445	1098	3281	231	214		13940	962		2,4	TTP	3,0	15,0
20	16/1DA				324	1567	3880	105	219	16	31165	1899	5,0	5,4	TTP	3,0	5,3
20	16/1DB				167	1554	3175	50	117		17298	921		3,0	TTP	3,0	2,8
20	16/2HA				469	1167	1997	249	221	100	27183	1715	5,0	4,7	TTP	5,0	20,3
20	16/2HB				485	1410	2385	237	248		16475	1074		2,8	TTP	5,0	16,1
20	16/2DA	935	28279	21071	434	1060	2139	242	192	79	29187	1816	4,6	5,0	TTP	5,0	20,2
20	16/2DB				410	1244	2689	187	224		17013	1278		2,9	TTP	5,0	12,8
20	16/2DC	341	31778	23682	131	1628	3095	46	85		4667	372		0,8	TTP	5,0	2,6
20	16/3HA				377	1707	3334	173	204	32	31058	1827	4,8	5,4	TTP	5,0	9,1
20	16/3HB				290	1720	3775	102	189		18572	1147		3,2	TTP	5,0	5,0
20	16/3DA	939	33075	24147	399	1204	2332	180	219	69	29526	1846	4,1	5,1	TTP	5,0	13,4
20	16/3DB				389	1295	2632	158	231		13062	886		2,3	TTP	5,0	10,7
20	16/3DC	239	38362	33316	36	1420	1204	32	4		1660	74		0,3	TTP	5,0	2,8
21	17/1HA				272	1351	2918	109	163	29	33145	1744	4,7	5,7	TTP	3,0	6,9
21	17/1HB				114	1234	3658	43	72		10513	531		1,8	TTP	3,0	2,5
21	17/1DA				227	1237	3584	114	113	14	26590	1436	4,6	4,6	TTP	3,0	6,7
21	17/1DB				98	926	4141	43	56		7050	398		1,2	TTP	3,0	2,5
21	17/2HA				255	1357	3521	61	194	7	39223	2058	5,0	6,8	TTP	4,0	3,5
21	17/2HB				225	1527	3912	43	182		24082	1200		4,2	TTP	4,0	2,2
21	17/2DA	1090	29371	22012	562	1298	3408	362	190	97	42318	2061	4,7	7,3	TTP	4,0	21,4
21	17/2DB				435	1241	3267	271	163		27877	1324		4,8	TTP	4,0	16,8
21	17/2DC	296	39149	30070	75	1544	3629	62	13		6348	300		1,1	TTP	4,0	3,3
21	17/3HA				565	1718	2551	311	244	101	28712	1557	5,0	4,9	TTP	5,0	18,4

Tab. 13 Primární data z odběrů vod (1. část)

Číslo	Datum odběru/dodání	Kód	Průtok	NL			ZŽ (Shimadzu)			VP	RP (F0,4)	RRP (F0,4)	NP (VP-RP)	PP	RNP
				l/s	mg/l	%	mg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	mg/g	μg/l		
1	15.1.2008	1	1,2	0,9	44,0	6,84	37,5	33,3	33,2	4,2	4,7	0,1			
1	8.4.2008	2	4,3	6,6	24,0	7,77	92,5	70,4	58,4	22,1	3,3	12,0			
1	19.5.2008	3		44,6	25,0	7,78	563,4	369,1	334,0	194,3	4,4	35,1			
1	29.6.2008	4	0,05	28,7	15	5,65	123,1	67,6	62,9	55,5	1,9	4,7			
1		5	0												
1	22.9.2008	6	0,005	177,8	21,0	8,65	169,6	23,8	19,1	145,8	0,8	4,7			
1	3.11.2008	7	0,02	121,7	14,0	5,15	465,7	141,0	137,7	324,7	2,7	3,3			
1	15.12.2008	8	0,35	20,5	14,0	5,52	148,3	99,5	89,5	48,8	2,4	10,0			
1	12.1.2009	9	0,8	35,3	12,0	3,87	133,5	29,4	29,2	104,1	2,9	0,2			
1	23.2.2009	10	0,2	29,1	16,0	4,59	156,7	60,7	54,6	96,0	3,3	6,1			
1		avg		0,8	51,7	20,6	6,2	210,0	99,4	91,0	110,6	2,9	8,5		
1		stdev		1,4	58,9	10,0	1,6	178,7	107,7	97,9	100,2	1,2	10,7		
2	15.1.2008	1	0,05	48,7	20,0	4,84	246,7	21,6	19,2	225,1	4,6	2,4			
2	8.4.2008	2	1,7	7,7	21,0	7,52	60,8	38,7	29,6	22,1	2,9	9,1			
2	19.5.2008	3		29,3	26,0	10,78	247,8	147,7	134,7	100,1	3,4	13,0			
2		4	0												
2		5	0												
2	22.9.2008	6	0,015	42,2	25,0	7,09	44,8	42,0	40,1	2,8	0,1	1,9			
2	3.11.2008	7	0,01	100,6	22,0	4,97	516,3	55,0	51,6	461,3	4,6	3,4			
2	15.12.2008	8	0,12	49,9	22,0	5,29	278,0	20,3	6,5	257,7	5,2	13,8			
2	12.1.2009	9	0,03	289,6	17,0	4,40	1184,7	15,8	11,8	1168,9	4,0	4,0			
2	23.2.2009	10	1,3	38,0	19,0	4,86	144,7	34,1	24,2	110,6	2,9	9,9			
2		avg		0,4	75,8	21,5	6,2	340,5	46,9	39,7	293,6	3,5	7,2		
2		stdev		0,7	90,3	3,0	2,2	372,0	42,8	41,1	383,5	1,6	4,8		
3	15.1.2008	1	1,5	2,1	21,0	3,64	30,4	17,8	17,1	12,6	6,0	0,7			
3	8.4.2008	2	5	24,0	15,0	6,01	94,4	56,9	42,2	37,5	1,6	14,7			
3	19.5.2008	3		21,8	26,0	13,71	198,6	98,1	87,0	100,5	4,6	11,1			
3	29.6.2008	4	0,1	13,6	12	3,12	134,4	45,8	44,1	88,6	6,5	1,7			
3	11.8.2008	5	0,20	2,1	40,0	2,31	72,0	70,6	60,4	1,4	0,7	10,2			
3	22.9.2008	6	0,45	1,5	26,0	3,13	53,4	50,6	46,2	2,8	1,9	4,4			
3	3.11.2008	7	0,5	6,0	13,0	1,86	79,9	48,3	34,9	31,6	5,3	13,4			
3	15.12.2008	8	1,6	13,3	15,0	4,12	103,2	33,3	29,7	69,9	5,3	3,6			
3	12.1.2009	9	0,001	51,8	13,0	2,71	313,4	37,4	36,9	276,0	5,3	0,5			
3	23.2.2009	10	0,35	1,3	17,0	2,86	31,9	24,1	16,6	7,8	6,0	7,5			
3		avg		1,1	13,8	19,8	4,3	111,2	48,3	41,5	62,9	4,3	6,8		
3		stdev		1,6	15,8	8,8	3,5	87,0	23,4	20,8	83,1	2,1	5,3		
4	15.1.2008	1	0,2	25,5	12,0	3,09	68,2	25,3	23,6	42,9	1,7	1,7			
4	8.4.2008	2	1,5	17,6	18,0	5,22	81,6	53,6	40,0	28,0	1,6	13,6			
4	19.5.2008	3		11,8	17,0	3,76	53,6	33,9	32,3	19,7	1,7	1,7			
4		4	0												
4		5	0												
4		6	0												
4	3.11.2008	7	0,03	1,4	18,0	1,89	43,7	37,1	35,9	6,6	4,7	1,2			
4	15.12.2008	8	0,03	43,0	12,0	3,91	116,5	42,6	42,5	73,9	1,7	0,1			
4	12.1.2009	9	0,15	28,6	10,0	2,14	78,4	35,6	32,6	42,8	1,5	3,0			
4	23.2.2009	10	0,7	97,9	10,0	2,13	229,0	33,7	32,6	195,3	2,0	1,1			
4		avg		0,3	32,3	13,9	3,2	95,9	37,4	34,2	58,5	2,1	3,2		
4		stdev		0,5	31,8	3,7	1,2	63,2	8,8	6,1	64,0	1,2	4,7		
5	26.2.2008	1	1,20	1,8	25,0	4,82	11,7	7,0	5,5	4,7	2,6	1,5			
5	8.4.2008	2	1,5	6,9	29,0	3,87	31,5	10,1	2,9	21,4	3,1	7,2			
5	19.5.2008	3		40,8	17,0	4,38	81,7	20,4	6,9	61,3	1,5	13,5			
5	29.6.2008	4	0,15	59,4	14	1,4	102,52	22,52	18,2	80,0	1,3	4,3			
5	11.8.2008	5	0,15	24,5	21,0	1,32	80,9	24,7	18,7	56,2	2,3	6,0			
5	22.9.2008	6	0,35	55,7	20,0	3,24	157,9	42,4	28,9	115,5	2,1	13,5			
5	3.11.2008	7	0,3	39,8	22,0	1,01	99,1	9,5	5,0	89,6	2,3	4,5			
5	15.12.2008	8	0,5	10,8	18,0	1,40	38,4	6,4	5,4	32,0	3,0	1,0			
5	12.1.2009	9	0,05	14,5	13,0	1,12	38,0	5,6	4,9	32,4	2,2	0,7			
5	23.2.2009	10	1,2	21,3	13,0	3,31	113,8	20,8	7,7	93,0	4,4	13,1			
5		avg		0,6	27,6	19,2	2,6	75,6	16,9	10,4	58,6	2,5	6,5		
5		stdev		0,5	20,3	5,3	1,5	45,2	11,6	8,5	35,8	0,9	5,2		
6	26.2.2008	1	2,10	4,3	17,0	4,63	33,4	26,9	22,9	6,5	1,5	4,0			
6	8.4.2008	2	1,9	8,2	44,0	8,00	113,8	65,9	38,4	47,9	5,8	27,5			
6	19.5.2008	3		7,6	29,0	8,22	70,0	49,1	32,3	20,9	2,8	16,8			
6	29.6.2008	4	0,2	9,9	18	7,16	61,1	36,6	25,1	24,5	2,5	11,5			
6	11.8.2008	5	0,05	30,0	17,0	4,55	111,4	33,7	26,8	77,7	2,6	6,9			
6	22.9.2008	6	0,2	3,6	19,0	3,62	46,1	34,9	28,1	11,2	3,1	6,8			
6	3.11.2008	7	0,05	94,1	15,0	2,55	211,9	20,9	16,0	191,0	2,0	4,9			
6	15.12.2008	8	0,3	59,3	15,0	2,74	138,0	18,2	13,6	119,8	2,0	4,6			
6	12.1.2009	9	0,07	24,3	15,0	2,88	112,5	32,8	32,3	79,7	3,3	0,5			
6	23.2.2009	10	0,3	10,3	19,0	3,56	22,9	8,8	6,3	14,1	1,4	2,5			
6		avg		0,6	25,2	20,8	4,8	92,1	32,8	24,2	59,3	2,7	8,6		
6		stdev		0,8	29,6	9,1	2,2	57,3	16,1	9,8	59,4	1,3	8,1		
7	26.2.2008	1	1,20	1,8	36,0	1,89	9,0	3,3	2,7	5,7	3,2	0,6			
7	8.4.2008	2	2,2	2,0	34,0	6,20	21,5	16,2	7,0	5,3	2,7	9,2			
7	19.5.2008	3		8,3	35,0	10,46	74,2	45,2	31,2	29,0	3,5	14,0			
7	29.6.2008	4	0,15	1,9	28	3,25	32,9	23,3	18,4	9,6	5,1	4,9			
7	11.8.2008	5	1,00	10,9	16,0	3,13	67,3	27,3	21,3	40,0	3,7	6,0			
7	22.9.2008	6	0,3	1,3	25,0	3,43	34,1	24,7	18,2	9,4	7,2	6,5			
7	3.11.2008	7	0,1	1,7	17,0	2,72	29,6	18,9	12,2	10,7	6,3	6,7			
7	15.12.2008	8	0,6	1,4	29,0	5,06	15,7	9,7	6,8	6,0	4,3	2,9			
7	12.1.2009	9	0,3	1,6	10,0	3,47	14,3	12,1	8,6	2,2	1,4	3,5			
7	23.2.2009	10	0,3	2,2	25,0	4,35	54,7	25,1	13,3	29,6	13,5	11,8			
7		avg		0,7	3,3	25,5	4,4	35,3	20,6	14,0	14,8	5,1	6,6		
7		stdev		0,7	3,4	8,8	2,5	22,8	11,6	8,5	13,1	3,4	4,1		

Tab. 13 Primární data z odběrů vod (2. část)

Číslo	Datum odběru/dodání	Kód	Průtok	NL	ZŽ	DOC	VP	RP (F0,4)	RRP	NP (VP-RP)	PP	RNP
				mg/l	%	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/g	µg/l
8	26.2.2008	1	1,20	1,0	44,0	2,32	3,7	2,5	2,1	1,2	1,2	0,4
8	8.4.2008	2	1,2	1,2	38,0	3,31	15,0	9,0	1,5	6,0	5,0	7,5
8	19.5.2008	3	3,2	13,4	32,0	9,78	58,4	39,0	7,9	19,4	1,4	31,1
8	1.7.2008	4	1,8	11,3	23	2,42	57,5	24,3	12,6	33,2	2,9	11,7
8	11.8.2008	5	3,00	128,0	20,0	2,30	319,5	21,2	14,4	298,3	2,3	6,8
8	23.9.2008	6	0,11	49,3	21,0	2,09	123,8	16,6	14,5	107,2	2,2	2,1
8	4.11.2008	7		104,4	22,0	2,46	225,4	21,4	17,1	204,0	2,0	4,3
8	16.12.2008	8	4	2,9	22,0	2,18	23,9	19,6	15,8	4,3	1,5	3,8
8	13.1.2009	9		3,1	40,0	2,31	60,3	49,4	29,6	10,9	3,5	19,8
8	25.2.2009	10	1,5	5,4	31,0	3,35	31,2	17,0	7,9	14,2	2,6	9,1
8		avg	2,0	32,0	29,3	3,3	91,9	22,0	12,3	69,9	2,5	9,7
8		stdev	1,3	46,9	8,9	2,3	103,3	13,6	8,2	102,8	1,1	9,3
9	26.2.2008	1	5,50	4,9	17,0	2,45	27,5	7,9	6,3	19,6	4,0	1,6
9	8.4.2008	2	3,4	1,9	33,0	3,84	20,2	15,8	5,2	4,4	2,3	10,6
9	19.5.2008	3	18,75	34,1	29,0	16,71	202,8	98,2	39,5	104,6	3,1	58,7
9	1.7.2008	4	neměřen	66,8	23	3,64	243,6	66,1	58,1	177,5	2,7	8,0
9	11.8.2008	5	neměřen	25,3	23,0	2,56	205,4	57,8	46,3	147,6	5,8	11,5
9	23.9.2008	6	5,5	51,4	20,0	2,72	187,5	41,3	37,2	146,2	2,8	4,1
9	4.11.2008	7	6	41,9	20,0	2,42	178,6	31,5	26,2	147,1	3,5	5,3
9	16.12.2008	8	12	13,1	20,0	2,23	65,2	18,8	16,4	46,4	3,5	2,4
9	13.1.2009	9		20,8	18,0	1,88	95,0	33,2	25,6	61,8	3,0	7,6
9	25.2.2009	10	6,8	4,5	27,0	3,58	44,2	30,9	17,9	13,3	3,0	13,0
9		avg	8,3	26,5	23,0	4,2	127,0	40,2	27,9	86,9	3,4	12,3
9		stdev	5,3	21,9	5,2	4,4	84,9	27,2	17,3	65,3	1,0	16,8
10	26.2.2008	1	1,00	2,9	37,0	4,45	29,6	16,1	12,0	13,5	4,7	4,1
10	8.4.2008	2	2	1,6	33,0	6,22	24,8	18,9	6,0	5,9	3,7	12,9
10	19.5.2008	3	20	13,8	48,0	17,65	216,3	155,8	122,7	60,5	4,4	33,1
10	1.7.2008	4	3	5,9	28	7,75	61,2	40,7	31	20,5	3,5	9,7
10	11.8.2008	5	0,37	83,2	30,0	6,98	149,8	44,1	30,3	105,7	1,3	13,8
10	23.9.2008	6	0,4	45,4	35,0	5,47	169,6	23,8	19,1	145,8	3,2	4,7
10	4.11.2008	7	0,3	98,1	40,0	5,08	284,0	22,4	17,5	261,6	2,7	4,9
10	16.12.2008	8	0,8	21,3	38,0	5,07	84,3	22,6	16,9	61,7	2,9	5,7
10	13.1.2009	9		5,3	27,0	5,90	129,9	115,2	109,7	14,7	2,8	5,5
10	25.2.2009	10	1,1	2,5	44,0	6,10	42,4	33,5	20,4	8,9	3,6	13,1
10		avg	3,2	28,0	36,0	7,1	119,2	49,3	38,6	69,9	3,3	10,8
10		stdev	6,4	35,7	6,8	3,8	86,7	47,3	41,7	81,9	1,0	8,7
11	26.2.2008	1	1,20	2,6	21,0	2,94	30,8	26,5	25,1	4,3	1,7	1,4
11	8.4.2008	2	1	34,8	20,0	5,52	168,6	86,2	72,4	82,4	2,4	13,8
11	19.5.2008	3	1,2	20,3	25,0	13,14	135,5	86,3	61,7	49,2	2,4	24,6
11	1.7.2008	4	0,16	2,9	22	2,8	115,1	46,3	40,5	68,8	23,7	5,8
11	11.8.2008	5	0,20	2,9	19,0	2,49	67,7	54,1	29,9	13,6	4,7	24,2
11	23.9.2008	6	0,35	2,5	30,0	3,29	44,4	42,0	40,8	2,4	1,0	1,2
11	4.11.2008	7	2,8	25,8	23,0	2,60	122,6	43,1	40,4	79,5	3,1	2,7
11	16.12.2008	8	0,5	4,3	23,0	2,66	43,7	39,0	35,9	4,7	1,1	3,1
11	13.1.2009	9	0,2	1,7	18,0	2,06	47,8	43,5	41,9	4,3	2,5	1,6
11	25.2.2009	10	1,1	5,6	32,0	7,91	219,4	195,8	179,5	23,6	4,2	16,3
11		avg	0,9	10,3	23,3	4,5	99,6	66,3	56,8	33,3	4,7	9,5
11		stdev	0,8	12,0	4,6	3,5	63,1	49,5	45,3	33,3	6,8	9,5
12	26.2.2008	1	1,50	18,0	25,0	4,98	14,2	3,6	1,9	10,6	0,6	1,7
12	8.4.2008	2	1,8	30,1	22,0	7,86	77,0	19,8	3,8	57,2	1,9	16,0
12	19.5.2008	3	7,84	40,7	28,0	14,17	97,6	33,1	10,9	64,5	1,6	22,2
12	1.7.2008	4	0,06	27	32	6,68	66,3	48,6	32,3	17,7	0,7	16,3
12		5	0									
12	23.9.2008	6	0,1	4,1	33,0	5,64	40,4	33,9	27,3	6,5	1,6	6,6
12	3.11.2008	7	0,1	30,3	28,0	4,04	100,1	17,2	10,4	82,9	2,7	6,8
12	15.12.2008	8	0,08	31,7	32,0	3,83	104,7	11,7	6,5	93,0	2,9	5,2
12		9	0,00									
12	25.2.2009	10	0,5	4,3	24,0	4,77	19,7	11,3	9,4	8,4	2,0	1,9
12		avg	1,2	23,3	28,0	6,5	65,0	22,4	12,8	42,6	1,7	9,6
12		stdev	2,4	13,3	4,1	3,4	36,4	14,9	11,0	35,8	0,8	7,6
13	26.2.2008	1	1,50	6,8	14,0	3,91	19,4	8,7	5,8	10,7	1,6	2,9
13	8.4.2008	2	0,8	2,6	37,0	6,52	27,5	16,5	5,9	11,0	4,2	10,6
13	19.5.2008	3	0,9	7,4	31,0	6,61	43,4	22,5	8,7	20,9	2,8	13,8
13		4	0									
13		5	0									
13		6	0									
13		7	0									
13		8	0									
13		9	0									
13		10	0									
13		avg	0,3	5,6	27,3	5,7	30,1	15,9	6,8	14,2	2,9	9,1
13		stdev	0,5	2,6	11,9	1,5	12,2	6,9	1,6	5,8	1,3	5,6
14	26.2.2008	1	3,00	2,8	27,0	3,76	87,0	77,3	76,4	9,7	3,5	0,9
14	8.4.2008	2	3	2,8	34,0	5,50	45,3	37,0	26,5	8,3	3,0	10,5
14	20.5.2008	3	9,6	20,5	20,0	7,72	141,1	89,2	79,4	51,9	2,5	9,8
14	30.6.2008	4	1	9,7	19	2,77	59,7	33,9	22,2	25,8	2,7	11,7
14	12.8.2008	5	2,70	22,9	18,0	7,31	100,5	23,2	19,0	77,3	3,4	4,2
14	22.9.2008	6	0,7	13,1	26,0	3,81	133,9	29,0	28,3	104,9	8,0	0,7
14	3.11.2008	7	0,75	36,2	22,0	1,71	597,9	25,0	15,0	572,9	15,8	10,0
14	15.12.2008	8	0,7	12,0	21,0	2,70	75,9	18,3	12,3	57,6	4,8	6,0
14	12.1.2009	9	0,8	11,6	15,0	2,11	46,3	14,5	12,5	31,8	2,7	2,0
14	23.2.2009	10	1	6,9	18,0	3,44	58,0	29,4	17,5	28,6	4,1	11,9
14		avg	2,3	13,9	22,0	4,1	134,6	37,7	30,9	96,9	5,1	6,8
14		stdev	2,7	10,2	5,6	2,1	166,3	25,1	25,3	170,0	4,1	4,5

Tab. 13 Primární data z odběrů vod (3. část)

Číslo	Datum odběru/dodání	Kód	Průtok	NL	ZŽ	DOC	VP	RP (F0,4)	RRP	NP (VP-RP)	PP	RNP
				mg/l	%	mg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	mg/g	μg/l
15	26.2.2008	1	24,00	2,6	26,0	3,34	26,7	18,6	17,2	8,1	3,1	1,4
15	8.4.2008	2	35	4,4	24,0	4,40	45,3	29,9	18,6	15,4	3,5	11,3
15	20.5.2008	3	35	9,3	24,0	5,58	53,9	32,3	24,9	21,6	2,3	7,4
15	30.6.2008	4	16,2	9,8	26	4,31	66,1	54,2	44,8	11,9	1,2	9,4
15	12.8.2008	5	26,00	10,8	26,0	8,36	65,4	40,5	33,9	24,9	2,3	6,6
15	22.9.2008	6	12,2	11,4	28,0	3,86	73,5	38,8	27,5	34,7	3,0	11,3
15	3.11.2008	7	25	8,6	30,0	2,37	70,9	28,0	17,2	42,9	5,0	10,8
15	15.12.2008	8	23	4,6	27,0	3,36	32,3	15,9	15,4	16,4	3,6	0,5
15	12.1.2009	9	28	9,1	16,0	2,02	52,6	25,6	21,2	27,0	3,0	4,4
15	23.2.2009	10	22	8,7	20,0	2,84	29,9	16,9	16,6	13,0	1,5	0,3
15		avg	24,6	7,9	24,7	4,0	51,7	30,1	23,7	21,6	2,9	6,3
15		stdev	7,2	3,0	4,1	1,8	17,5	12,0	9,4	11,0	1,1	4,5
16	26.2.2008	1	9,45	2,2	27,0	3,39	17,4	11,2	10,6	6,2	2,8	0,6
16	8.4.2008	2	9	7,3	23,0	4,51	30,9	10,5	7,8	20,4	2,8	2,7
16	20.5.2008	3	0,97	17,8	28,0	6,96	64,5	23,1	13,4	41,4	2,3	9,7
16	30.6.2008	4	2,2	10,5	28	4,9	82,7	52,7	37,2	30,0	2,9	15,5
16	12.8.2008	5	7,00	39,4	21,0	5,62	136,8	51,3	39,0	85,5	2,2	12,3
16	22.9.2008	6	4	4,4	45,0	6,81	46,8	31,7	20,1	15,1	3,4	11,6
16	3.11.2008	7	7	4,3	29,0	3,28	33,1	15,1	13,1	18,0	4,2	2,0
16	15.12.2008	8	3,3	2,5	27,0	2,85	21,8	15,8	13,3	6,0	2,4	2,5
16	12.1.2009	9		11,1	18,0	2,75	39,5	17,8	12,8	21,7	2,0	5,0
16	23.2.2009	10	4,5	4,1	25,0	3,01	39,9	17,3	12,1	22,6	5,5	5,2
16		avg	5,3	10,4	27,1	4,4	51,3	24,7	17,9	26,7	3,0	6,7
16		stdev	3,0	11,3	7,2	1,6	35,8	15,6	11,1	23,2	1,1	5,2
17	26.2.2008	1	11,00	5,1	24,0	2,45	14,5	7,9	5,8	6,6	1,3	2,1
17	8.4.2008	2	18	8,9	23,0	3,41	25,1	9,3	4,5	15,8	1,8	4,8
17	20.5.2008	3	42	24,2	22,0	5,04	49,3	14,5	6,8	34,8	1,4	7,7
17	30.6.2008	4	8	20,8	23	4,14	40,1	14,4	13,1	25,7	1,2	1,3
17	12.8.2008	5	22,00	14,6	23,0	3,93	62,4	16,1	12,4	46,3	3,2	3,7
17	22.9.2008	6	7,5	23,4	26,0	3,82	58,0	14,2	8,6	43,8	1,9	5,6
17	3.11.2008	7	25	6,4	31,0	2,66	22,4	10,4	1,8	12,0	1,9	8,6
17	15.12.2008	8	10	8,5	28,0	2,06	27,3	10,2	7,2	17,1	2,0	3,0
17	12.1.2009	9		5,9	21,0	2,05	41,6	11,1	10,4	30,5	5,2	0,7
17	23.2.2009	10	9	13,3	20,0	2,05	26,9	14,9	9,9	12,0	0,9	5,0
17		avg	16,9	13,1	24,1	3,2	36,8	12,3	8,1	24,5	2,1	4,3
17		stdev	11,4	7,4	3,3	1,1	16,1	2,8	3,5	14,0	1,2	2,6
18	26.2.2008	1	13,50	4,2	20,0	4,06	19,1	11,9	9,3	7,2	1,7	2,6
18	8.4.2008	2	42	3,5	27,0	4,76	21,7	14,2	9,8	7,5	2,1	4,4
18	20.5.2008	3	29	9,8	27,0	7,07	45,4	22,8	13,2	22,6	2,3	9,6
18	30.6.2008	4	9	2,9	32	7,49	30,1	24,4	18,6	5,7	2,0	5,8
18	12.8.2008	5	29,00	3,2	35,0	5,41	35,3	28,7	23,2	6,6	2,1	5,5
18	22.9.2008	6	11,1	5,2	31,0	4,98	39,0	29,0	16,4	10,0	1,9	12,6
18	3.11.2008	7	26	1,5	33,0	3,60	22,5	15,3	9,6	7,2	4,8	5,7
18	15.12.2008	8	13	9,8	26,0	3,45	38,4	13,9	12,7	24,5	2,5	1,2
18	12.1.2009	9		5,9	21,0	2,90	36,3	24,2	18,4	12,1	2,1	5,8
18	23.2.2009	10	11,6	4,5	20,0	3,42	47,8	22,5	11,1	25,3	5,6	11,4
18		avg	20,5	5,1	27,2	4,7	33,6	20,7	14,2	12,9	2,7	6,5
18		stdev	11,4	2,8	5,5	1,6	9,9	6,3	4,7	8,0	1,3	3,7
19	26.2.2008	1	4,50	2,5	42,0	8,64	25,0	18,2	13,3	6,8	2,7	4,9
19	8.4.2008	2	10	4,7	34,0	11,92	31,5	22,6	11,4	8,9	1,9	11,2
19	20.5.2008	3	28	6,6	38,0	4,15	43,0	29,7	14,0	13,3	2,0	15,7
19	30.6.2008	4	4,5	3,5	32	7,07	47,1	26,1	25,5	21,0	6,0	0,6
19	12.8.2008	5	40,00	14,0	36,0	6,25	57,7	28,3	25,5	29,4	2,1	2,8
19	22.9.2008	6	5,5	3,6	41,0	10,18	49,3	32,0	21,5	17,3	4,8	10,5
19	3.11.2008	7	3	3,2	36,0	7,13	37,2	23,8	18,6	13,4	4,2	5,2
19	15.12.2008	8	2,01	5,4	42,0	8,82	43,9	25,8	19,6	18,1	3,4	6,2
19	12.1.2009	9	2	4,5	34,0	4,26	50,3	21,3	18,8	29,0	6,4	2,5
19	23.2.2009	10	4	8,0	36,0	7,96	34,0	26,2	17,4	7,8	1,0	8,8
19		avg	10,4	5,6	37,1	7,6	41,9	25,4	18,6	16,5	3,4	6,8
19		stdev	13,0	3,4	3,5	2,4	9,9	4,1	4,8	8,1	1,9	4,7
20	26.2.2008	1	5,00	3,2	27,0	4,71	20,0	15,8	9,8	4,2	1,3	6,0
20	8.4.2008	2	20	5,2	25,0	5,81	27,2	16,4	9,7	10,8	2,1	6,7
20	20.5.2008	3	17,5	10,4	29,0	8,61	52,6	33,8	15,1	18,8	1,8	18,7
20	30.6.2008	4	0,8	2	31	4,53	32,7	25,7	22,7	7,0	3,5	3,0
20	12.8.2008	5	1,75	12,4	48,0	5,18	50,0	26,4	19,2	23,6	1,9	7,2
20	22.9.2008	6	2,5	2,5	51,0	4,79	21,5	18,5	10,0	3,0	1,2	8,5
20	3.11.2008	7	4,5	1,9	48,0	4,32	10,3	5,6	1,6	4,7	2,5	4,0
20	15.12.2008	8	4,5	9,9	42,0	6,44	45,3	24,3	13,8	21,0	2,1	10,5
20	12.1.2009	9	8	4,1	27,0	3,93	25,8	21,6	17,4	4,2	1,0	4,2
20	23.2.2009	10	1,3	3,4	28,0	3,51	38,7	37,3	22,3	1,4	0,4	15,0
20		avg	6,6	5,5	35,6	5,2	32,4	22,5	14,2	9,9	1,8	8,4
20		stdev	6,8	3,9	10,4	1,5	14,0	9,2	6,6	8,2	0,9	5,1
21	26.2.2008	1	2,00	6,9	28,0	3,65	22,1	11,7	6,5	10,4	1,5	5,2
21	8.4.2008	2	8,2	5,9	23,0	6,03	39,6	32,4	18,2	7,2	1,2	14,2
21	20.5.2008	3	19	13,6	27,0	12,45	116,2	90,3	61,1	25,9	1,9	29,2
21	30.6.2008	4	0,3	9,9	15	5,32	55,6	38,4	34,5	17,2	1,7	3,9
21		5	0									
21	22.9.2008	6	0,3	11,0	29,0	13,63	119,8	89,6	66,8	30,2	2,7	22,8
21	3.11.2008	7	18,4	24,0	5,96	98,4	50,5	40,9	47,9	2,6	9,6	
21	15.12.2008	8	0,5	21,5	36,0	9,20	132,9	89,7	71,5	43,2	2,0	18,2
21		9	0,0									
21	23.2.2009	10	0,4	12,8	26,0	51,47	402,1	341,8	251,6	60,3	4,7	90,2
21		avg	3,4	12,5	26,0	13,5	123,3	93,1	68,9	30,3	2,3	24,2
21		stdev	6,4	5,4	6,0	15,8	119,7	104,9	77,4	18,9	1,1	28,0