

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra pedologie a ochrany půd**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Variabilita hydraulických vlastností půdy v průběhu  
vegetačního období pšenice pěstované v konvenčním  
a ekologickém režimu hospodaření**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Klára Walterová**

**Obor studia: Ekologické zemědělství**

**Vedoucí práce: Ing. Antonín Nikodem, Ph.D., DiS.**

**Konzultant: Ing. Miroslav Fér, Ph.D.**



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Variabilita hydraulických vlastností půdy v průběhu vegetačního období pšenice pěstované v konvenčním a ekologickém režimu hospodaření" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26. 4. 2021

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu této práce Ing. Antonínu Nikodemovi, Ph.D., DiS. za cenné rady a za ochotu a pomoc s prací terénu a v laboratoři. Dále mé díky patří Ing. Miroslavu Férovi, Ph.D. a všem, kteří se v nepředvídatelné době pandemie podíleli na práci v terénu a v laboratoři. Bez Vás by tato práce nikdy nevznikla.

# Variabilita hydraulických vlastností půdy v průběhu vegetačního období pšenice pěstované v konvenčním a ekologickém režimu hospodaření

## Souhrn

Tato diplomová práce je zaměřena na zhodnocení vlivu různých způsobů hospodaření (ekologického a konvenčního) a vegetačního období na půdní vlastnosti. V rešeršní části se práce zabývá popisem vybraných chemických, fyzikálních a hydrofyzikálních vlastností půdy, dále porovnáním konvenčního a ekologického způsobu hospodaření a vlivu těchto hospodaření na půdní vlastnosti.

V praktické části bylo charakterizováno vybrané území. Za ekologické hospodaření byly vzorky odebrány na poli patřící Biohospodářství Kokonín a za konvenční hospodaření na poli farmy Kokonínská zemědělská. Na odebraných porušených vzorcích byly v laboratorních podmínkách stanoveny základní chemické a fyzikální vlastnosti půdy. Na neporušených vzorcích byly pomocí přetlakového aparátu a Tempských cel měřeny hydraulické vlastnosti (retenční čáry půdní vlhkosti a křivka hydraulických vodivosti). Pro proložení naměřených bodů retenčních čar z přetlakového aparátu pomocí rovnice van Genuchtena byl použit program RETC. Získaná data z Tempských cel byla využita při numerickém inverzním modelování pomocí programu HYDRUS-1D, při kterém byly získány van Genuchtenovy hydraulické parametry. Dále byly vypočteny parametry inflexních bodů a charakteristiky popisující půdní pórový systém. Výsledné hodnoty všech charakteristik byly statisticky vyhodnoceny pomocí metody ANOVA hlavních komponent.

Z výsledků práce vyplívá, že rozdílný způsob hospodaření na stejné lokalitě nemusí mít žádný vliv na hydraulické vlastnosti půd a jejich parametrů, protože u majority zkoumaných charakteristik nebyly statisticky prokázány významné rozdíly, nebo byly výsledky dvou metod odlišné. Naproti tomu výsledky práce dokazují, že se většina parametrů hydraulických vlastností značně mění v průběhu vegetační sezony, protože u majority zkoumaných charakteristik byly statisticky prokázány významné rozdíly u obou metod.

**Klíčová slova:** půda, hydraulické vlastnosti, konvenční hospodaření, ekologické hospodaření

# Variability of soil hydraulic properties during the growing season of wheat grown in conventional and ecological farming

## Summary

This diploma thesis is focused on the evaluation of the influence of different farming methods (organic and conventional) and vegetation period on soil properties. In the research part, the work deals with the description of selected chemical, physical and hydrophysical properties of soil, as well as a comparison of conventional and organic farming methods and the influence of these farming methods on soil properties.

In the practical part, the selected area was characterized. For organic farming, samples were taken in the field belonging to Biohospodářství Kokonín and for conventional farming in the field belonging to Kokonínská zemědělská. Basic chemical and physical properties of the soil were determined under laboratory conditions using the collected damaged samples. Hydraulic properties (water retention curve and hydraulic conductivity curve) were measured on intact samples using an overpressure apparatus and Tempe cells. The RETC program was used to interpolate the measured points of the retention curves from the pressure plate apparatus using the van Genuchten equation. The data obtained from the Tempe cells were used in numerical inverse modeling using the HYDRUS-1D program, in which van Genuchten's hydraulic parameters were obtained. Furthermore, the parameters of inflection points and characteristics describing the soil pore system were calculated. The resulting values of all characteristics were statistically evaluated using the ANOVA of the main components method.

The results show that different farming methods in the same locality may not have any effect on the hydraulic properties of soils and their parameters, because there were not statistically significant differences for most of the characteristics examined, or the results of the two methods were different. In contrast, the results of the work prove that most parameters of hydraulic properties change significantly during the growing season, because there were statistically significant differences for most of the examined characteristics in both methods.

**Keywords:** soil, hydraulic properties, conventional farming, organic farming

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Půda a její vlastnosti .....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Fyzikální vlastnosti půdy .....	11
3.1.1.1 Zrnitost .....	11
3.1.1.2 Specifická (měrná) hmotnost .....	12
3.1.1.3 Objemová hmotnost .....	12
3.1.1.4 Pórovitost .....	14
3.1.1.5 Struktura půdy .....	14
3.1.2 Hydraulické vlastnosti půdy .....	15
3.1.2.1 Retenční čára půdní vlhkosti .....	16
3.1.2.2 Nasycená hydraulická vodivost.....	18
3.1.2.3 Křivka hydraulických vodivostí.....	18
3.1.3 Obsah vody v půdě a půdní hydrolimity.....	20
<b>3.2 Zemědělské systémy .....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Konvenční zemědělství.....	22
3.2.2 Ekologické zemědělství .....	24
<b>4 Metodika .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Popis lokality odběru vzorků .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Způsoby hospodaření na zkoumané půdě.....</b>	<b>29</b>
<b>4.3 Odběr vzorků.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4 Analýza vzorků.....</b>	<b>30</b>
4.4.1 Příprava vzorků.....	30
4.4.2 Základní chemické vlastnosti.....	30
4.4.2.1 Půdní reakce .....	30
4.4.2.2 Obsah organického uhlíku.....	31
4.4.3 Základní fyzikální vlastnosti.....	31
4.4.3.1 Zrnitost půdy .....	31
4.4.3.2 Specifická hmotnost půdy .....	32
4.4.3.3 Objemová hmotnost .....	32
4.4.3.4 Pórovitost .....	32
4.4.4 Hydraulické vlastnosti .....	33
4.4.4.1 Přetlakový aparát.....	33
4.4.4.2 Tempské cely .....	36

4.4.5	Inflexní body .....	38
4.4.6	Charakteristiky popisující půdní pórový systém .....	40
4.4.7	Statistické zpracování výsledků .....	40
4.4.8	Použité programy .....	41
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>42</b>
<b>5.1</b>	<b>Vybrané chemické vlastnosti .....</b>	<b>42</b>
5.1.1	Půdní reakce .....	42
5.1.2	Obsah oxidovatelného uhlíku ( $C_{ox}$ ) a humusu .....	43
<b>5.2</b>	<b>Fyzikální vlastnosti .....</b>	<b>45</b>
5.2.1	Zrnitost .....	45
5.2.2	Specifická hmotnost ( $\rho_z$ ) .....	47
5.2.3	Objemová hmotnost ( $\rho_d$ ) .....	48
5.2.4	Pórovitost ( $P$ ) .....	49
<b>5.3</b>	<b>Hydrofyzikální vlastnosti .....</b>	<b>49</b>
5.3.1	Přetlakový aparát .....	49
5.3.1.1	Hydraulické vlastnosti .....	49
5.3.1.2	Parametry retenčních čar .....	55
5.3.1.3	Parametry inflexních bodů .....	68
5.3.1.4	Charakteristiky popisující půdní pórový systém .....	77
5.3.2	Tempské cely .....	91
5.3.2.1	Hydraulické vlastnosti .....	91
5.3.2.2	Parametry retenčních čar .....	101
5.3.2.3	Nasyčená hydraulická vodivost ( $K_s$ ) .....	112
5.3.2.4	Inflexní body .....	119
5.3.2.5	Charakteristiky popisující půdní pórový systém .....	128
5.3.3	Porovnání použitých metod .....	141
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>145</b>
<b>6.1</b>	<b>Přetlakový aparát .....</b>	<b>146</b>
<b>6.2</b>	<b>Tempské cely .....</b>	<b>147</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>148</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>150</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>



# 1 Úvod

Rostoucí populace a spotřeba kladou nebyvalé požadavky na zemědělství a přírodní zdroje. V dnešní době je přibližně miliarda lidí chronicky podvyživená, zatímco naše zemědělské systémy současně degradují půdu, vodu, biologickou rozmanitost a klima v globálním měřítku. K uspokojení budoucích potřeb potravinového zabezpečení a udržitelnosti na světě musí výroba potravin podstatně vzrůst, zatímco se současně musí dramaticky zmenšit ekologická stopa zemědělství (Foley et al. 2011). Proto se v zemědělství v poslední době klade velký důraz na biologickou rozmanitost, půdu, vodu a atmosféru. Pokud budou současné trendy růstu populace, spotřeby surovin a energie a plýtvání potravinami pokračovat, tak se budou tyto charakteristiky zhoršovat. Zemědělské systémy, které jsou vysoce produktivní a minimalizují škody na životním prostředí, jsou kriticky potřebné (Ponisio et al. 2015).

Změna ve využití půdy je složitý proces formovaný lidskou činností a ovlivňovaný ekologickými, ekonomickými a sociálními faktory, proces schopný ovlivňovat širokou škálu environmentálních a ekonomických podmínek (Horel et al. 2015). Ochranu půdy ohrožuje řada faktorů, zejména účinky intenzivních zemědělských postupů, zvyšující se tlak na produkci potravin související s rostoucí populací lidí, vzorce spotřeby v rozvinutých a rozvíjejících se ekonomikách a přeměna zemědělství na produkci komodit. Intenzivní zemědělství má tendenci zhoršovat erozi půdy a ztrátu půdní organické hmoty, což představuje hrozbu pro dlouhodobou udržitelnost zemědělství, zejména při extrémních klimatických událostech, jako je sucho (Gomiero 2013). Následky způsobu využívání půdy a změny půdního pokryvu, které změnilly vlastnosti půdy, vyvolaly v posledních několika desetiletích velkou pozornost. Tvorba půdy je pomalý proces, zatímco fyzikální, chemické a biologické procesy degradace půdy, jako je zhutňování půdy, eroze, acidifikace, pokles obsahu organické hmoty atd. mohou nastat relativně rychle, a to zejména v oblastech intenzivního využití zemědělské půdy. V důsledku rychlé degradace, způsobené lidskou činností, není půda v současnosti udržitelným přírodním zdrojem (Horel et al. 2015).

Byly vyvinuty zemědělské techniky schopné účinně snižovat erozi půdy při zachování a zvyšování úrodnosti a jsou postupně přijímány zemědělci v mnoha různých regionech. Omezené zpracování půdy a ekologické zemědělství přinášejí slibné výsledky. Udržitelnost potravinového systému je však třeba řešit z mnoha různých pohledů, a to holistickým způsobem a s ohledem na dlouhodobou perspektivu. Vzhledem k zásadní úloze, kterou v našem životě hraje produkce potravin, by mělo být naším hlavním zájmem zajistit, aby zemědělská praxe zaručovala odolnost systému výroby potravin (Gomiero 2013).

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Hypotéza: Různé způsoby hospodaření na zemědělské půdě mohou modifikovat hydraulické vlastnosti půd. Hydraulické vlastnosti orné půdy se v čase značně mění v důsledku konsolidace půdy, růstu kořenů, bobtnání a smršťování půdy a podobně.

Cíl práce: Cílem práce je zhodnotit vliv rozdílného způsobu hospodaření na hydraulické vlastnosti zemědělské půdy a popsat sezónní variabilitu sledovaných parametrů.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Půda a její vlastnosti

#### 3.1.1 Fyzikální vlastnosti půdy

Fyzikální vlastnosti půdy jsou významně proměnlivé v prostoru i čase. Fyzikální vlastnosti půdy ovlivňuje mnoho faktorů: struktura půdy, obsah organických látek, biologická aktivita půdy, klima, osevňovací postup nebo způsob zpracování půdy (Coutadeur et al. 2002). V průběhu vegetačního období se fyzikální vlastnosti půdy mění v závislosti na podmínkách prostředí, jako je množství a intenzita srážek nebo cykly zvlhčení – usušení, promrznutí – rozmrazení (Bodner et al. 2013). Je známo, že fyzikální vlastnosti půdy se mění v důsledku zpracování půdy (Alletto et al. 2010). Struktura půdy a hydraulické vlastnosti orných půd se v průběhu roku značně liší kvůli periodickému zpracování půdy, hnojení, růstu rostlin a kořenů, vlivu podnebí atd. Znalost těchto vlastností půdy je zásadní při hodnocení vodního režimu a souvisejícího transportu rozpuštěných látek v půdách. Struktura půdy, stabilita agregátů a hydraulické vlastnosti půdy jsou vzájemně propojeny a závisí na růstu rostlin, srážkách a zpracování půdy (Jirků et al. 2013). Například omezené zpracování půdy může zlepšit fyzikální kvalitu půdy v porovnání s klasickou orbou, protože snižuje míru narušení půdy, zanechává organickou hmotu na povrchu půdy a stimuluje biologickou aktivitu půdy (Crittenden et al. 2015).

Fyzikální vlastnosti jsou:

- základní fyzikální vlastnosti: zrnitost, měrná a objemová hmotnost, pórovitost a struktura půdy
- hydrofyzikální a aerační vlastnosti: vlhkost, vodní kapacita, propustnost, vzlínavost, vzdušná kapacita atd.
- teplotní vlastnosti: tepelná a teplotní vodivost, teplota
- fyzikálně-mechanické vlastnosti: soudržnost, přilnavost, konzistence, uléhavost, hutnost, hrudkovatění atd. (Šarapatka 2014).

Fyzikální vlastnosti půdy přímo i nepřímo ovlivňují růst rostlin. Například zadržování vody, difúze kyslíku a mechanická odolnost přímo ovlivňují klíčení a zakládání kořenů, zatímco objemová hustota, struktura, stabilita agregátů, distribuce a velikost pórů a další nepřímo ovlivňují růst rostlin. Ekologické zemědělství celkově může z dlouhodobého hlediska zlepšit fyzikální vlastnosti půdy a poskytnout zemědělcům strategii pro zlepšení fyzikální kvality půdy a udržitelnosti zemědělství. V konvenčním zemědělství může zlepšit fyzikální kvalitu půdy diverzifikace plodin ve srovnání s konvenčními systémy s malým počtem plodin v rotaci, což zdůrazňuje význam diverzifikace plodin pro obdělávání půdy (Williams et al. 2017).

##### 3.1.1.1 Zrnitost

Třídění půd podle zrnitosti patří mezi nejstarší systémy klasifikace (Šarapatka 2014). Zrnitost půdy je dána velikostí a poměrem zastoupení jednotlivých půdních frakcí. Zrnitost

půdy se významně podílí na agronomické a ekologické charakteristice půdy a na průběhu pedogenetických procesů. Klasifikace zrnitosti jsou různé. V ČR se nejčastěji používá jednoduchá a praktická Nováková klasifikace. Půdu je možné přesně zařadit do skupiny zrnitosti podle poměru jednotlivých frakcí na základě výsledků laboratorních rozborů. V terénu se zrnitost určuje odhadem prstovou zkouškou a k vyjádření se používá klasifikační stupnice zrnitosti (Sáňka & Materna 2004). V mezinárodní taxonomii WRB a taxonomii USDA se používá klasifikace textury hodnocením poměru frakcí jemnozeme (<2 mm) podle trojúhelníkového diagramu WRB (Sáňka et al. 2018). Podle obsahu jednotlivých frakcí je dán půdní druh, ten tvoří skupina půd s podobným zastoupením zrnitostních frakcí (Šarapatka 2014).

Většina půd v České republice spadá do kategorie střední, půdní druh hlinitý. Půdní druh je důležitý parametr, který ovlivňuje také další vlastnosti půdy (Sáňka & Materna 2004). Jeho využitelnost je především jako jedna z charakteristik úrodnosti půd, jedná se o jeden z parametrů charakterizujících hlavní půdní jednotku v kódu bonitované půdně ekologické jednotky – BPEJ, a dále jako kritérium třídění pro použití diferencovaných limitů obsahů rizikových látek a obsahů živin v půdě. Zrnitost je též parametrem, který vstupuje do metodických postupů při výpočtu zranitelnosti půd (Sáňka et al. 2018).

### 3.1.1.2 Specifická (měrná) hmotnost

Měrná hmotnost (specifická hmotnost, hustota pevné půdní fáze) je obecně definována jako poměr hmotnosti k objemu. Měrná hmotnost půdy vyjadřuje hmotnost daného objemu půdy bez půdního vzduchu (půdních pórů). Uvádí se zpravidla v  $\text{g cm}^{-3}$  (Sáňka et al. 2018). Průměrná měrná hmotnost minerálních půd v České republice se pohybuje kolem 2,6 – 2,7  $\text{t m}^{-3}$ , u organických půd klesá i pod 1,5  $\text{t m}^{-3}$ . Měrná hmotnost půdy závisí především na mineralogickém složení a obsahu organické hmoty v půdě (Sáňka & Materna 2004), není však závislá na pórovitosti půdy (Šarapatka 2014). Měrná hmotnost je tedy vždy vyšší než objemová hmotnost (Šarapatka 1996). Měrná hmotnost půdy závisí hlavně na hmotnosti přítomných prvků – na mineralogickém složení půdy a obsahu organické hmoty. Měrná hmotnost minerálních půd je tedy zpravidla vyšší než měrná hmotnost půd s vyšším obsahem organické hmoty.

Pro půdy ČR byly průměrné hodnoty měrné hmotnosti stanoveny na úrovni 2,6–2,7  $\text{g cm}^{-3}$  s tím, že rozpětí hodnot se pohybuje v intervalu 1,8–2,92  $\text{g cm}^{-3}$ . Obecně je měrná hmotnost nižší v půdních horizontech s vyšším obsahem organické hmoty, tedy u humusových horizontů zemědělských půd a nadložních organických horizontů lesních půd, a vyšší v hlubších minerálních horizontech. Jedná se o hodnotu s velmi malou proměnlivostí její ovlivnění je možné realizovat nepřímo (zejména v humusových horizontech zemědělských půd) např. aplikací organických hnojiv nebo materiálů, které se do půd dostávají ve vysokých dávkách (Sáňka et al. 2018).

### 3.1.1.3 Objemová hmotnost

Udává hmotnost 1  $\text{m}^3$  půdy v přirozeném uložení ( $\text{t m}^{-3}$  nebo  $\text{g cm}^{-3}$ ) (Sáňka & Materna 2004), v neporušeném stavu, tj. s póry vyplněnými aktuálním obsahem vody a vzduchu. Její hodnota

je závislá na specifické hmotnosti, na podílu pórů v půdě a míře jejich zaplnění vodou. Je to hodnota nestálá, která se mění během roku v závislosti na vlhkostních poměrech v půdě. (Honzík et al. 2016). Je vždy nižší než specifická hmotnost (Sáňka & Materna 2004). Její hodnoty jsou ovlivněny výskytem půdních pórů, mezer, zrnitostí, strukturou půdy a vlhkostí (Sáňka et al. 2018). Je důležitým parametrem pro hodnocení míry zhutnění – pedokompakce – jako významného negativního faktoru (Sáňka & Materna 2004), náchylnost půdy ke zhutňování může být v systémech ekologického zemědělství snížena (Williams et al. 2017). Úzký poměr mezi objemovou hmotností a měrnou hmotností indikuje vysoký stupeň zhutnění půdy, naopak široký poměr (daný nízkou objemovou hmotností) naopak indikuje vysokou pórovitost půdy, a tedy menší míru pedokompakce (Sáňka et al. 2018). Objemová hmotnost je považována za jednu z nejdůležitějších vlastností půdy charakterizující komplex fyzikálních podmínek v půdě a jako faktor určující její úrodnost (Šarapatka 1996). Pro půdy české republiky byly průměrné hodnoty objemové hmotnosti stanoveny na hodnotu  $1,46 \text{ g cm}^{-3}$ , přičemž hodnoty kolísaly v intervalu  $0,41\text{--}1,90 \text{ g cm}^{-3}$ .

Objemová hmotnost bývá nižší u půd organických a vyšší u půd minerálních. To je dáno nejen nižší hmotností vlastních částic (určujících i hodnotu měrné hmotnosti), ale zejména výskytem většího množství půdních pórů a mezer v organickém materiálu (Sáňka et al. 2018). Objemová hmotnost minerálních půd kolísá mezi  $0,8\text{--}1,8 \text{ t m}^{-3}$ , zatímco u organických půd většinou mezi  $0,2\text{--}0,3 \text{ t m}^{-3}$ . Objemová hmotnost suché půdy neboli objemová hmotnost redukováná, je hmotnost jednotkového objemu vysušené půdy. Je to hodnota stabilnější a indikuje kyprost nebo ulehlost půdy (Honzík et al. 2016). Optimální hodnoty redukové objemové hmotnosti jsou kolem  $1,2 \text{ t m}^{-3}$ , pro kořenovou zeleninu jsou ještě nižší. Objemová hmotnost je důležitým parametrem pro hodnocení míry zhutnění. V České republice je z hlediska objemové hmotnosti velmi neuspokojivý stav půd (Sáňka & Materna 2004). Čím hlouběji položený daný horizont, tím se obvykle zvyšuje objemová hmotnost, což je způsobeno především nižším obsahem organických látek, menší tvorbou agregátů a utužením jednotlivých vrstev (Šarapatka 1996). Objemová hmotnost půdy jako indikátor utužení půdy je v praxi využívanou charakteristikou. Její měření je možné v laboratorních podmínkách, nebo orientačně přímo v terénu.

Utužení půdy má celou řadu negativních dopadů: stagnace vody na povrchu půdy, omezený přístup vzduchu, omezení biodiverzity atd. Zásadním negativním faktorem pro zemědělství je omezení růstu kořenů rostlin. Utužení půdy je možno předcházet správnou agrotechnikou, omezením počtu přejezdu techniky po pozemku (zejména v nevhodných termínech, např. po dešti), snížením tlaku na jednotku plochy (volba pneumatik), dodáváním organické hmoty do půd, využíváním meziplodin atd. (Sáňka et al. 2018).

Objemová hmotnost půdy v ekologickém zemědělství ve studii Williamse (2017) nebyla ovlivněná systémem hospodaření, ale ovlivněná byla objemová hustota Proctor: parametr zhutnitelnosti půdy nebo náchylnosti půdy ke zhutnění. Ošetření neovlivnilo kritický obsah vody (obsah vody, při kterém dochází k maximálnímu zhutnění). Výsledky Proctorova testu v této studii naznačují, že ekologické zemědělství a také rozmanitější konvenční hospodaření snižují náchylnost půdy ke zhutňování ve srovnání s konvenčním zemědělstvím s jednoduchými rotacemi plodin. Objemová hmotnost půdy může být ovlivněná tím, zdali se půda nachází na poli v řádku nebo meziřádku, vyšší hodnoty v řádku pozoroval Alletto et al. (2010).

#### 3.1.1.4 Pórovitost

Pórovitost vyjadřuje celkové procentuální množství volného prostoru v půdě, který není vyplněný pevnými částicemi půdy. Tento prostor se v průměru pohybuje kolem 50 % objemu pedonu (Sáňka & Materna 2004). Pórovitost ovlivňuje bezprostředně zadržování a pohyb vody v půdě a míru provzdušnění půdy (Sáňka et al. 2018). Póry umožňují vnikání vody a vzduchu do půdy a tímto ovlivňují zvětrávací a půdotvorné procesy (Šarapatka 2014). Důležité je zastoupení jednotlivých skupin pórů podle velikosti: nekapilární, semikapilární a kapilární (Sáňka & Materna 2004).

- Kapilární póry omezují gravitační pohyb vody a zajišťují její vzlínání, ale neumožňují výměnu vzduchu, jejich velikost se pohybuje pod 0,2 mm.
- Nekapilární póry se podílejí na výměně plynné fáze mezi půdou a ovzduším a dobře propouštějí gravitační vodu. Velikost pórů se pohybuje nad 0,2 mm (Šarapatka 2014).

Hodnoty pórovitosti půdy jsou určující pro obsah půdní vody, půdního vzduchu, ovlivňují růst kořenů rostlin a mikrobiální činnost půd. Jsou prakticky využívány pro stanovení kritických hodnot, při kterých půda ztrácí uvedené půdní funkce, následkem nadměrného technogenního utužení (Sáňka et al. 2018).

Pórovitost je spolu s objemovou hmotností významným ukazatelem stavu fyzikálních vlastností půdy (Sáňka & Materna 2004). Hodnota pórovitosti je ovlivněna druhem půdy a obsahem organických látek. U silně humózních půd se může procento pórovitosti pohybovat mezi 70-80 %, v utužených podpovrchových horizontech se snižuje až na 25-30 % (Šarapatka 2014).

Implementace ekologického zemědělství zvyšuje celkovou pórovitost půdy, což zvyšuje množství vody, které se může do půdy infiltrovat a pohybovat se zde. Korelace potvrzují, že pórovitost půdy je důležitá pro tok vody do půdy a uvnitř půdy (Williams et al. 2017).

#### 3.1.1.5 Struktura půdy

Je dána velikostí, tvarem, vyvinutostí a stavem povrchu půdních agregátů a prostorů mezi nimi (Sáňka & Materna 2004). Agregace půdy je důležitá pro tok vody do půdy a uvnitř půdy. Zvýšení stability agregátů a pórovitosti zvyšuje infiltraci vody a nasycenou hydraulickou vodivost (Williams et al. 2017). Je určována fyzikálními faktory: vysychání, zvlhčování, mrznutí, tání; chemickými faktory: mineralogická skladba, chemické vazby, tvorby agregátů; a biologickými faktory: působení kořenů, půdních živočichů, a mikroorganismů. Stanovuje se pro jednotlivé půdní horizonty. Základní typy struktury půdy jsou kulovitá, polyedrická, hranolovitá a deskovitá (Sáňka & Materna 2004). Znalost stability půdního agregátu, která je jednou z charakteristik struktury půdy, je nezbytná při hodnocení náchylnosti půdy k degradaci (Jakšík et al. 2015). Stabilitu půdních agregátů je možné stanovit a hodnotit podle různých metod (je popsáno např. Jakšík et al. 2015; Zádorová et al. 2011).

Ekologické zemědělství s využitím zeleného hnojení a hnoje zvířat zvyšuje vodostabilitu agregátů ve srovnání s konvenčním zemědělstvím, které k produkci plodin

používá syntetická hnojiva a herbicidy (Pulleman et al. 2003; Williams et al. 2017). Zvýšení vodostability agregátů v ekologicky obhospodařovaných půdách ovlivňuje mnoho půdních procesů, mimo jiné sníženou vodní erozi a zvýšenou makroporozitu. Živočišný hnůj je zdrojem organické hmoty, u které bylo prokázáno, že zvyšuje tvorbu a stabilitu makroagregátů (Williams et al. 2017). Zlepšená vodostabilita agregátů v ekologickém hospodaření je přičítána zvýšenému obsahu půdní organické hmoty v důsledku hnojení zelených hnojením a hnojem. Bylo prokázáno, že ekologické zemědělství se zvířecím hnojením zvyšuje vodostabilitu agregátů ve srovnání s konvenčním zemědělstvím s anorganickými hnojivy (Pulleman et al. 2003). Využití zeleného hnojení v ekologickém zemědělství zvýšilo vodostabilitu půdních agregátů nejen v blízkosti povrchu, ale také ve větších hloubkách profilu, zatímco využití skotu na ekologických pozemcích zlepšuje agregaci půdy pouze blízko povrchu. Vylepšená agregace půdy do hloubky může být způsobena přítomností vojtěšky, která si v rámci střídání plodin vyvíjí rozsáhlé a hluboké kořeny. Zvířecí hnůj je zpracován pouze do horní části půdy, což může vysvětlit zlepšení agregace půdy pouze v blízkosti povrchu půdy. Toto naznačuje, že pěstování vojtěšky jako zeleného hnojení při střídání plodin může rychleji zlepšit agregaci půdy hlouběji v půdě než dlouhodobá aplikace hnoje (Williams et al. 2017).

Nedostatek rozdílů ve stabilitě agregátů suché půdy, což je ukazatel erodovatelnosti půdy větrem, naznačuje, že ekologické zemědělství studie významně nesnižuje náchylnost půdy k větrné erozi. Rizika větrné eroze na organických pozemcích však mohou být snížena například díky ochraně půdy semenáčky vojtěšky a ozimé pšenice (Williams et al. 2017). Použití hnoje nemusí dlouhodobě zlepšit stabilitu suchého agregátu (Whalen et Chang 2002).

### **3.1.2 Hydraulické vlastnosti půdy**

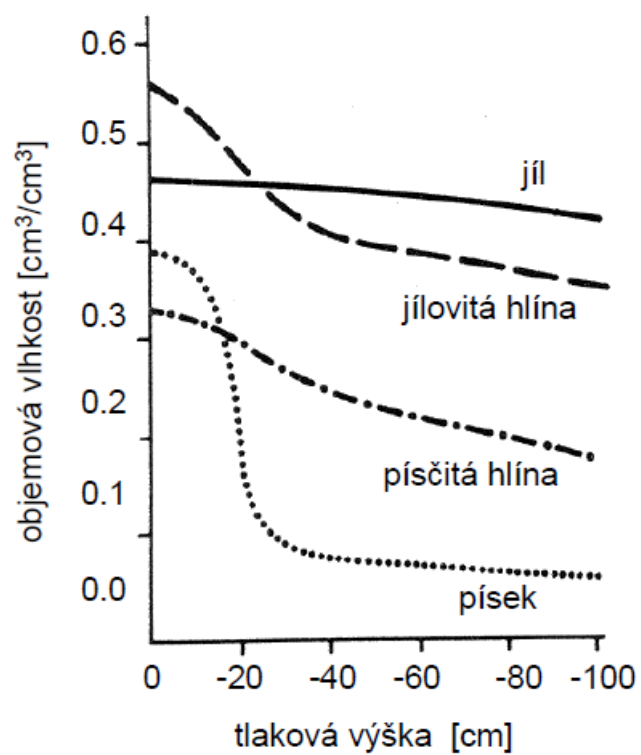
Voda v půdě ovlivňuje fyzikální, fyzikálně – chemické, chemické i biologické pochody v půdě (Šarapatka 2014). Pro popis pohybu vody v makroskopickém měřítku je nutné definovat dvě základní hydraulické charakteristiky nenasycených půd – retenční čáru půdní vlhkosti a křivku hydraulických vodivostí. Hydraulické vlastnosti půdy patří mezi nejdůležitější parametry, které určují kvalitu půdy a její schopnost sloužit ekosystému (Horel et al. 2015). Znalost hydraulických vlastností půdy je nepostradatelná pro řešení mnoha problémů v půdě a vodním hospodářství souvisejících se zemědělstvím, ekologií a otázkami životního prostředí. Hydraulické vlastnosti půdy jsou klíčové faktory, které regulují pohyb podzemní vody a transport rozpuštěných látek (Shwetha & Varija 2015). Jsou zásadní pro hodnocení vodního režimu půdy, který dále ovlivňuje růst rostlin, výnos, transport agrochemikálií a kontaminantů v půdě a jejich potenciální únik do podzemních vod (Chandrasekhar et al. 2018; Strudley et al. 2008). Využívání půdy může významně ovlivnit vlastnosti půdy, včetně jejích hydraulických podmínek (Horel et al. 2015). Struktura pórů půdy a následně také hydraulické vlastnosti půdy jsou ovlivňovány mnoha faktory, včetně mineralogického složení, stupně rozpadu organické hmoty, obsahu vody v půdě, transportních procesů v půdním profilu, počasí, kořenů rostlin, půdních organismů a způsobu obhospodařování (Kodešová et al. 2006). K pohybu vody zemským podpovrchem dochází hlavně infiltrací, evapotranspirací, perkolací do podzemní vody a kapilárním vzestupem z podzemní vody. Tyto procesy značně ovlivňují fyzikální a

biochemické vlastnosti půdy (struktura půdy, pórovitost, objemová hustota) a její vegetační pokryv (typ vegetace a kořenové struktury). Hydraulické vlastnosti půdy mohou ovlivňovat pohyb podzemní vody a rozpuštěných látek (Horel et al. 2015).

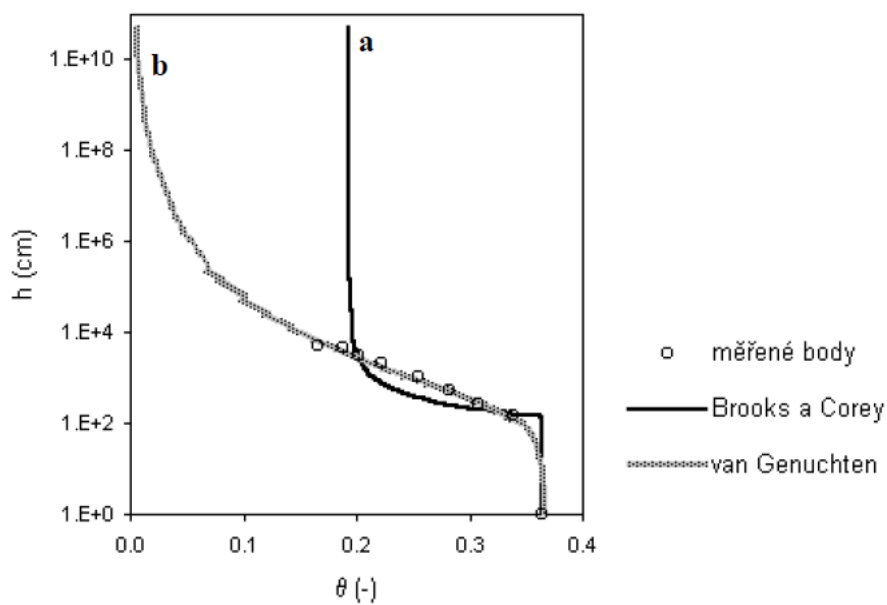
### 3.1.2.1 Retenční čára půdní vlhkosti

Retenční čára půdní vlhkosti je základní hydraulickou charakteristikou, která vyjadřuje vztah mezi objemovou půdní vlhkostí  $\theta$  ( $L^3L^{-3}$ ) a tlakovou výškou  $h$  (L) (Kodešová et al. 2015). Tato křivka vyjadřuje retenční vlastnosti půdy (schopnost půdy udržovat půdní vodu proti působení vnějších sil, je vstupní hodnotou pro výpočet dalších hydrofyzikálních charakteristik půdy (Šarapatka 2014). Retenční křivka se získá měřením. Její body se nejčastěji zjišťují jako posloupnost rovnovážných stavů vlhkostí odpovídajících po krocích nastaveným tlakovým výškám (Císlerová et al. 2008). Informace o retenční křivce jsou nezbytné pro modelování průtoku vody a transportních procesů rozpuštěných látek v půdách (Babaeian et al. 2015). Typické tvary retenčních křivek (Císlerová et al. 2008) pro různé půdní druhy jsou uvedeny v obr. 1. Retenční čáry půdní vlhkosti lze v laboratoři stanovit pomocí podtlakových a přetlakových přístrojů. Podtlakovým přístrojem je například pískový nebo jílový tank (Kodešová et al. 2015). Přetlakové přístroje jsou různé extraktory a kombinací přetlaku a podtlaku jsou Tempské cely. Tyto přístroje pracují s neporušenými půdními vzorky (ekotechnika.cz). Vzorky jsou nejprve nasyceny vodou, která je z nich poté vytlačována nebo vysávána pomocí podtlaku nebo přetlaku přes drenážní vrstvu. Body retenčních čar jsou dány objemovými vlhkostmi vzorků a jim odpovídajícími tlakovými výškami. Průběh retenčních čar půdní vlhkosti je také možné stanovit výpadovou metodou (Kodešová et al. 2015). Ukázka proložení bodů retenčních čar podle různých metod (Císlerová et al. 2008) je na obr. 2.





Obrázek 1. Retenční křivky pro různé půdní druhy (Císlarová et al. 2008).



Obrázek 2. Porovnání retenčních křivek proložených naměřenými body (a) podle Brookse a Coreyho, (b) podle van Genuchtena (Císlarová et al. 2008).

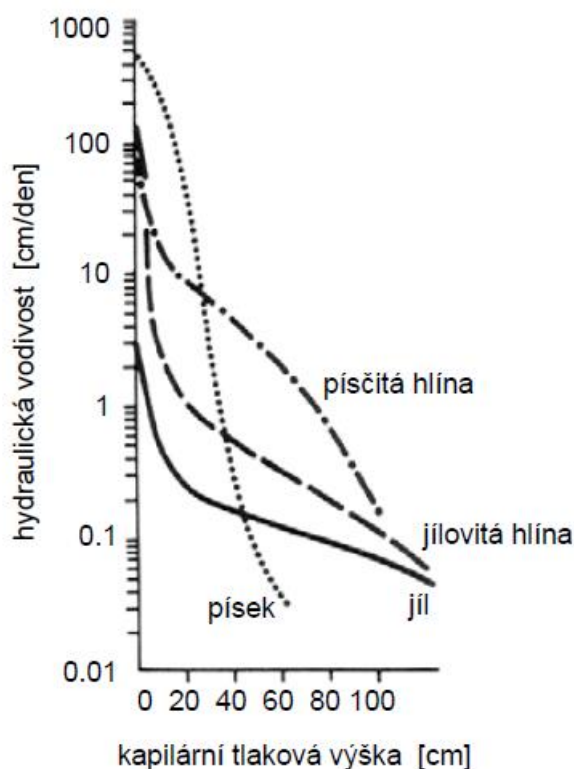
### 3.1.2.2 Nasycená hydraulická vodivost

Nasycená hydraulická vodivost ( $K_s$ ) je jedinečným parametrem, který řídí nejen rychlost toku vody pod hydraulickým gradientem, ale také působí jako měřítko v pro tok vody a transport solutů v nenasyčeném prostředí. Bez znalosti nasycené hydraulické vodivosti by bylo obtížné přesně popsat transport vody a rozpuštěných nebo suspendovaných složek v půdách a sedimentech a vypočítat další charakteristiky (Zhang & Schaap 2019). Nasycená hydraulická vodivost může být stanovena permeametrem, což je buď plně automatický nebo manuální, laboratorní (pro použití s neporušenými půdními vzorky) nebo terénní (pro měření nasycené hydraulické vodivosti s maximální hloubkou měření podle typu přístroje od 2 až do 15 metrů) systém (ekotechnika.cz). Dále může být stanovena metodou podle Hooghoudta (1936) a Ernsta (1950), která spočívá ve vyvrtání sondy, odčerpání vody v sondě, měření rychlosti stoupání hladiny v sondě a výpočtu nasycené hydraulické vodivosti z naměřených dat.

Retenční čára půdní vlhkosti a nasycená hydraulická vodivost jsou nejdůležitějšími hydraulickými vlastnostmi půd. Stanovení těchto hydraulických vlastností je nutné pro mnoho studií a aplikací souvisejících se zavlažováním, drenáží, pohybem vody a transportem látek v půdě (Shwetha et Varija 2015). Mnohá zemědělská rozhodnutí jsou založena na hydraulické vodivosti (např. stanovení rychlosti zavlažování, předpověď eroze nebo vyluhování živin (www.metergroup.com)). Přímé měření těchto charakteristik je však obvykle časově náročné a nákladné (Shwetha et Varija 2015). Proto se rozšířilo používání předpovědi průběhu hydraulické vodivosti odvozené z retenční čáry na základě teorie kapilárních modelů. V simulačních modelech proudění se používá k vyjádření retenční čáry řada analytických výrazů, jejichž parametry se vyšetří vhodnou optimalizací ze změřených bodů (Císlarová et al. 2008).

### 3.1.2.3 Křivka hydraulických vodivostí

Křivka hydraulických vodivostí vyjadřuje vztah mezi hydraulickou vodivostí  $K$  ( $LT^{-1}$ ) a objemovou půdní vlhkostí  $\theta$  ( $L^3L^{-3}$ ) nebo tlakovou výškou  $h$  (L) (Kodešová et al. 2015). Typické tvary křivek hydraulických vodivostí (Císlarová et al. 2008) pro různé druhy půd jsou zobrazeny na obr. 3.



Obrázek 3. Závislost nenasycené hydraulické vodivosti na tlakové výšce pro různé půdní druhy (Císlarová et al. 2008).

Hydraulické vlastnosti půdy, jako je retenční čára půdní vlhkosti, nasycená hydraulická vodivost a křivka hydraulické vodivosti půdy, jsou klíčovými prvky pro stanovení zadržování vody a pohybu vody v půdě a následně její dostupnosti pro příjem a růst rostlin (Horel et al. 2015).

Akumulace vody v půdě a následné doplňování podzemních vod závisí na infiltrační a retenční schopnosti půdy. Intenzivní srážky v kombinaci s nízkou schopností vodu adsorbovat, která může být dána charakterem půdního typu, aktuálními vlhkostními podmínkami ale také nevhodným způsobem jejího využívání, způsobují povrchový odtok vody a následně rychlou dotaci do povrchových vod. Povrchový odtok navíc vyvolává splach různých kontaminantů, jako jsou například látky užívané v zemědělství, do povrchových vod. S tím pak úzce souvisí problémy při využití vody pro vodárenské účely, rekreaci, chov ryb a podobně. Velkým problémem je i vodní eroze, která půdu nenávratně degraduje. Kromě redepozice erodovaného materiálu v rámci daného území rovněž často dochází k odnosu kvalitního půdního materiálu do vodních toků a recipientů (Kodešová et al. 2015). Hydraulické vlastnosti lze podstatně změnit změnou využití půdy nebo pokryvu a dopadem podmínek prostředí, jako jsou srážky nebo změny teploty. Změna využití půdy také nepřímo ovlivňuje klimatické podmínky v regionálních a globálních měřítkách. Nadužívání a nadměrné narušení půdy může, především změnou struktury půdy, způsobit snížení propustnosti, hydraulické vodivosti půdy a zvýšení objemové hustoty půdy a kapacity zadržování vody. Tyto modifikace mohou urychlit erozi

půdy (Horel et al. 2015). Ke zlepšení porozumění a k možné předpovědi transportu solutů v půdách je nutné posouzení variability fyzikálních vlastností půdy. Bylo prokázáno, že prostorová variabilita vlastností půdy ovlivňuje vyplavování rozpuštěných látek v půdě a že koncentrace rozpuštěných látek se mohou výrazně lišit na krátké vzdálenosti v důsledku heterogenity půdy (Alletto et al. 2010). V polních podmínkách může hydraulické vlastnosti ovlivňovat i umístění půdy v řádku nebo meziřádku. Hydraulická vodivost (Alletto et al. 2010) nebo infiltrace může být nižší v řádku než v meziřádku (Alletto & Coquet 2009).

### 3.1.3 Obsah vody v půdě a půdní hydrolimity

Obsah vody v půdě je zásadní parametr, který ovlivňuje růst rostlin. Aktuální zásoba vody v půdě závisí především na srážkách a výšce hladiny podzemní vody. Schopnost půdy zadržovat vodu, která závisí především na zrnitosti a struktuře, je velmi důležitá (Sánka & Materna 2004). Ekologicky obhospodařované půdy mají mnohem vyšší kapacitu zadržování vody než konvenčně obhospodařované půdy, což vede k mnohem větším výnosům ve srovnání s konvenčním zemědělstvím za podmínek nedostatku vody (Gomiero et al. 2011; Williams et al. 2017).

K popisu konkrétního obsahu vody v půdě se používají půdní hydrolimity, pomocí hydrolimitů lze vyjádřit pohyblivost a přístupnost vody pro rostliny. Půdní hydrolimity lze dělit podle Šarapatky (2014) na základní a podmíněné.

Základní půdní hydrolimity:

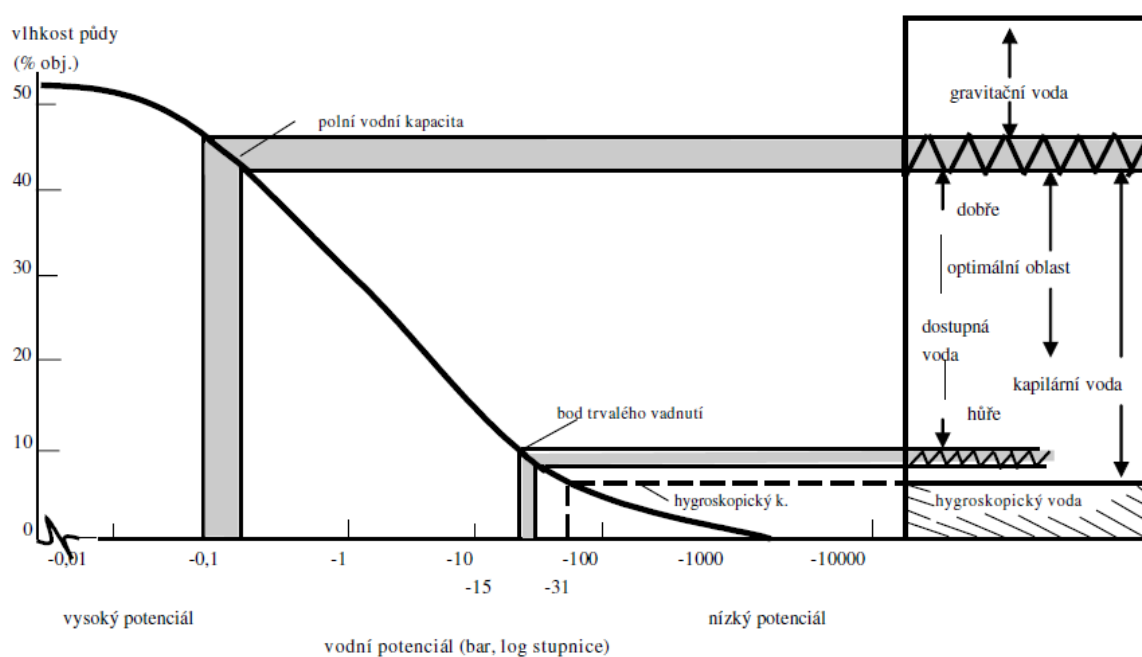
- Adsorpční vodní kapacita – maximální množství vody, které je v půdě poutáno adsorpčními silami
- Retenční vodní kapacita – maximální množství vody, jež je půda schopna zadržet vlastními silami delší čas
- Polní vodní kapacita – je retenční kapacitou stanovenou v polních podmínkách, stav vlhkosti po nadměrném zavlažení při vyloučení vlivu srážek, výparu a podzemní vody (Šarapatka 2014), obsah vody v půdě po ztrátě vody gravitační (Sánka et al. 2018)
- Maximální vodní kapacita – maximální množství vody, které je půda schopna zadržet v laboratorních podmínkách (Šarapatka 2014)
- Plná vodní kapacita = nasycená vlhkost ( $\theta_s$ ) - vlhkost půdy při úplném zaplnění všech pórů a dutin vodou. Uvádí se, že tato hodnota je prakticky rovna pórovitosti. Většinou však zůstává v části pórů uzavřen vzduch, proto je tedy ve skutečnosti nižší než pórovitost (Honzík et al. 2016).

Podmíněné hydrolimity:

- Monomolekulární adsorpční vodní kapacita (vlhkost půdy, při níž se na povrchu pevné fáze půdy tvoří obal o tloušťce jedné molekuly vody)
- Číslo hygroskopicity (vlhkost půdy při 96-98 % nasycení vzduchu vodními parami) (Šarapatka 2014)

- Bod vadnutí – obsah vody při kterém již rostliny nejsou schopny překonat síly poutající molekuly vody v půdě (Sáňka et al. 2018), při zvýšení vlhkosti se již jejich růst neobnoví (neplatí pro všechny druhy), obsah vody nad tímto bodem se označuje jako fyziologicky využitelná, pod ním jako fyziologicky nevyužitelná voda
- Bod snížené dostupnosti – vlhkost půdy, při které dochází k omezení pohyblivosti půdní vody a k omezení příjmu kořinky rostlin, pokud se vlhkost pod tímto bodem udržuje delší dobu, tak dochází k omezení fyziologických funkcí rostlin (Šarapatka 2014)

Z hydrolimitů je možné vypočítat využitelnou vodní kapacitu – maximální množství vody využitelné rostlinami. Z fyzikálního hlediska je možné popsat vodu gravitační – vodu v nadbytku, nad polní kapacitou; kapilární vodu – vodu, která je využitelná rostlinami; a adsorpční vodu, která je vázána na povrchu půdních částic a je pro vyšší rostliny nepřijatelná (Šarapatka 2014). Různé kategorie půdní vody (Sáňka & Materna 2004) jsou zobrazeny na obr. 4.



Obrázek 4. Vztah půdní vlhkosti a vodního potenciálu a půdní hydrolimity ve středně těžké půdě. V pravé části obrázku jsou uvedeny kategorie půdní vody s ohledem na její přístupnost pro rostliny (Sáňka & Materna 2004).

V terénu je možné odhadnout vlhkost pocitem, který zemina vyvolává stiskem v dlani. Používá se základní pětistupňová stupnice: 1. vyprahlá 2. suchá 3. vlhá 4. vlhká 5. mokrá (Sáňka & Materna 2004). Využitelnost půdních hydrolimitů je pro praxi omezená, protože se standardně nestanovují. Důležité je uplatnění ve výzkumu a pokusnictví (Sáňka et al. 2018).

## 3.2 Zemědělské systémy

### 3.2.1 Konvenční zemědělství

Zemědělství podporuje živobytí a obživu největšího počtu lidí na celém světě a je zásadní pro rozvoj venkova a zmírňování chudoby, jakož i pro výrobu potravin, a také nepotravinářství (WBSCD & IUCN 2008). Celosvětově se v současné době klade velká váha na zemědělství, které poskytuje potravu rostoucí populaci i surovinu pro bioenergetický průmysl. Bohužel intenzifikace zemědělských operací za účelem uspokojení těchto rostoucích potřeb byla spojena s řadou rizik pro životní prostředí a lidské zdraví (Udeigwe et al. 2015). Cílem konvenčního zemědělství byla vždy maximální produkce a zisk, kterého bylo dosaženo intenzivním obděláváním monokultur, využitím chemické ochrany rostlin a umělých hnojiv a zaváděním geneticky modifikovaných organismů (Homolka et al. 2005). Po několik desetiletí byla intenzifikace zemědělství odpovědí na rostoucí poptávku po potravinách, krmivech a palivech. Protože intenzifikaci charakterizuje obhospodařování půdy zaměřené na maximalizaci produktivity, často pomocí agrochemikálií (hnojiv, pesticidů), zavlažování a mechanizace, přispělo to také ke zvýšené spotřebě zdrojů (vody, energie, minerálů), degradaci půdy a rozsáhlému znečištění (Foley et al. 2011).

Hlavní výzvy pro odvětví zemědělství do budoucna jsou: 1) zajistit dostatek vysoce kvalitní zemědělské produkce k uspokojení rostoucí poptávky; 2) zachování biologické rozmanitosti a řízení přírodních zdrojů; a 3) zlepšit lidské zdraví a blahobyt, zejména pro chudé venkovské oblasti v rozvojových zemích (WBSCD & IUCN 2008). Současné postupy využívání zemědělské půdy však již mají značné dopady na životní prostředí, jako je ztráta biologické rozmanitosti, zrychlená eroze a degradace půdy, eutrofizace včetně květů řas a oceánských mrtvých zón, účinky pesticidů na člověka a divokou zvěř, emise skleníkových plynů a změny režimu v hydrologických cyklech (Lorenz & Lal 2016; Ponisio et al. 2015).

Bohužel, v České republice se v současném konvenčním zemědělství se setkáváme s podobnými problémy, které ve druhé polovině minulého století vedly ke vzniku alternativních zemědělských metod. Jsou to například následující negativní jevy intenzifikace zemědělské výroby, které se zvyšováním specializace zemědělských podniků a oddělováním živočišné a rostlinné výroby ještě prohlubují: závislost na neobnovitelných zdrojích fosforu a draslíku, závislost na fosilní energii, vyplavování živin (hlavně dusíku a fosforu), znečišťování vody, snižování úrodnosti půdy, eroze, snižování biodiverzity, problémy s nadměrným používáním léčiv v chovu zvířat, poruchy chování zvířat, kontaminace potravin rezidui pesticidů atd. (Dlouhý & Urban 2011).

Pokud budou pokračovat současné světové trendy v populačním růstu, spotřebě potravin a energie a plýtvání potravinami, drasticky se zhorší problémy hladu, nejistoty potravin a zhoršování životního prostředí. Konvenční přístupy ke zintenzivnění zemědělství a zejména nekontrolované používání zavlažování a hnojiv patří mezi hlavní příčiny degradace životního prostředí (Foley et al. 2011). Dnešní industriální zemědělství je závislé na neustálém přísunu vstupů zvenčí, biologické a ekologické problémy a nerovnováhy řeší primárně pomocí pesticidů a průmyslových hnojiv. Je závislé na spotřebě konečných zdrojů, není proto trvale udržitelné (Dlouhý & Urban 2011).

Z těchto důvodů byla navržena udržitelná intenzifikace zemědělství ke snížení negativních biofyzikálních dopadů moderních zemědělských postupů (Garnett et al. 2013). Cílem udržitelné intenzifikace je optimalizovat produkci plodin na jednotku plochy při zohlednění sociálních, politických a environmentálních dopadů. Zaměřuje se na zvýšení efektivity výroby při nižších nákladech na životní prostředí a zdroje. Příklady postupů udržitelné intenzifikace zahrnují použití vylepšených zavlažovacích technik, zvýšení výnosu na jednotku vstupu, přijetí klimaticky inteligentního zemědělství, které produkuje méně skleníkových plynů na jednotku produktu, snížení spotřeby energie pomocí ochranného zemědělství a recyklace živin. Cílem mnoha z těchto postupů je dosáhnout a udržet nejvyšší možnou produktivitu v daném místě za nejnižší ekonomické a environmentální náklady (Bennett et al. 2014).

Udržitelnější a odolnější zemědělské postupy však mohou ve srovnání se současnými postupy přinést nižší výnosy a k produkci stejného množství potravin by bylo zapotřebí více půdy. Ke splnění budoucích globálních požadavků je třeba snížit také plýtvání potravinami a masem a zlepšit distribuci potravin (Foley et al. 2011). Vyžadují se tedy více než pouhé změny v systémech zemědělské výroby a je třeba usilovat o stejně radikální agendy ke snížení spotřeby a plýtvání náročným na zdroje a ke zlepšení správy, efektivity a odolnosti (Garnett et al. 2013).

V konvenčním zemědělství se může počet postupů šetrných k životnímu prostředí a intenzita jejich používání extrémně lišit, zatímco v ekologickém odvětví existují přísné regulační a certifikační mechanismy, které ponechávají zemědělcům menší výběr.

Tabulka 1. ekologické vs konvenční zemědělství (Boone et al. 2019).

<b>Ekologické</b>	<b>Konvenční</b>
	<b>Hnojení</b>
Hlavně organický hnůj	Organický hnůj + vysoká spotřeba minerálních hnojiv
Udržování zásob organické hmoty je velmi důležité	Zásoba organické hmoty je důležitá, ale není hlavní prioritou
Často se používá kompost.	Omezené použití kompostu
Omezené používání přírodních a nechemicky ošetřených minerálních hnojiv	Intenzivní používání minerálních hnojiv (zejména přírodních produktů chemicky ošetřených)
	<b>Ochrana plodin</b>
Přírodní přípravky na ochranu rostlin	Synteticky vyráběné přípravky na ochranu rostlin
Hlavně mechanicky	Hlavně chemicky

### 3.2.2 Ekologické zemědělství

Ekologické zemědělství je zvláštní druh zemědělského hospodaření, který dbá na životní prostředí a jeho jednotlivé složky stanovením omezení či zákazů používání látek a postupů, které zatěžují, znečišťují nebo zamořují životní prostředí nebo zvyšují rizika kontaminace řetězce, a který zvýšeně dbá na vnější životní projevy a chování a na pohodu chovaných hospodářských zvířat v souladu s požadavky zvláštního právního předpisu (Zákon 242/2000 Sb.). Základní rozdíly mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím jsou uvedeny v tab. 1.

Ekologické zemědělství a výroba biopotravin v České republice jsou v celém procesu kontrolovány specializovanou a nezávislou kontrolou, po certifikaci jsou biopotraviny označeny a takto odlišeny od ostatních potravin (Dvorský & Urban 2014).

Vznik ekologického zemědělství inicioval rakouský duchovní filozof Rudolf Steiner na počátku 20. století (Kirchmann et al. 2008). Organické postupy byly postaveny na životních filozofiích a přesvědčeních zakladatelů týkajících se toho, jak vnímat přírodu. Termín „organický“ tedy nesouvisí s typem použitých vstupů, ale odkazuje na koncept farmy jako organismu, ve kterém všechny součásti – půdní minerály, organická hmota, mikroorganismy, hmyz, rostliny, zvířata a lidé – vytvářejí souvislý celek (Stockdale et al. 2001). Kvalita bioproduktů je v ekologickém zemědělství chápána jako výsledek kvality celého zemědělského systému (Dlouhý & Urban 2011). Steinerovy přednášky tvořily základ biodynamického zemědělství, které bylo vyvinuto na konci 20. let v Německu, Švýcarsku, Anglii, Dánsku a Nizozemsku. Později byla filozofie diverzifikována řadou klíčových osobností a novější verze se řídí zásadami vydanými Mezinárodní federací ekologických zemědělských hnutí (IFOAM), která byla založena v roce 1972. Od té doby se výzkum a praxe v oblasti biodynamiky, organického, biologického a moderního ekologického zemědělství celosvětově rozšířily (Kirchmann et al. 2008). Mezinárodní federace pro organická zemědělská hnutí (IFOAM) požaduje, aby se ekologické farmy vyhýbaly všem formám znečištění a udržovaly genetickou rozmanitost zemědělského systému a jeho okolí, včetně ochrany rostlin a přírodních stanovišť (Stockdale et al. 2001).

Cíle ekologického zemědělství (Dvorský & Urban 2014):

- udržovat a zlepšovat půdní úrodnost, využívat co nejvíce uzavřených koloběhů látek
- neznečišťovat zemědělskou činností životní prostředí
- minimalizovat využívání neobnovitelných surovin a fosilní energie, uchovat přírodní ekosystémy v krajině, chránit přírodu a biodiverzitu
- nepoužívat rychle rozpustná průmyslová hnojiva a syntetické pesticidy
- hospodářským zvířatům vytvořit podmínky, které odpovídají jejich fyziologickým a etologickým potřebám a humánním, etickým zásadám
- produkovat kvalitní (bio)potraviny a krmiva o vysoké nutriční hodnotě a v dostatečném množství



Ekologické zemědělství se praktikuje na 1% celosvětové zemědělské půdy a jeho význam stále roste. Mnoho lidí konkrétně ekologické zemědělství vnímá jako méně negativně působící na životní prostředí než konvenční zemědělství, protože aplikace rozpustných minerálních hnojiv a syntetických herbicidů a pesticidů je zakázána (Lorenz & Lal 2016). Neustále se zvyšující zájem o ekologické zemědělství a biopotraviny je, mimo jiné, také odrazem zvyšující se informovanosti spotřebitelů o negativních vlivech současného konvenčního zemědělství (Dlouhý & Urban 2011). Management systémů ekologického pěstování je založen na dlouhodobých strategiích a vyhýbá se pěstitelským postupům, které umožňují rychlý zásah do rostlinné výroby, jako je používání syntetických pesticidů a ve vodě rozpustných chemických hnojiv. Udržení nebo podpora úrodnosti půdy může být řešena pěstováním luštěnin (Watson et al. 2002). Namísto použití synteticky vyrobených vstupů (hnojiva, pesticidy) se postupy ekologického zemědělství spoléhají na biologické cykly např. vhodným střídáním plodin a krycích plodin, promyšlenými možnostmi týkajícími se načasování setí a mechanické kultivace (hubení plevelů) a využívání biologické kontroly a přírodních pesticidů (hubení škůdců) (Meier et al. 2015). Dopad přizpůsobeného řízení se často odráží ve snížení emisí skleníkových plynů a lepších výkonech, co se týká biologické rozmanitosti, účinnosti využívání vody, kvality půdy, vody a ovzduší a dalších ekologických služeb. Vědecké důkazy pro lepší dopad na životní prostředí jsou však nedostatečné.

Konkrétně, výnosy ekologického hospodaření jsou asi o 19 % nižší (Lorenz & Lal 2016). Pokles výnosů může ovšem kolísat mezi 20–40 %; rozdíly silně závisí na vlastnostech lokality a systému (Meier et al. 2015). Systémy ekologického zemědělství tedy obvykle vyžadují více půdy k produkci stejného množství suroviny (Lorenz & Lal 2016; Meier et al. 2015). Nižší výnosy plodin dosažené organickými systémy ve srovnání s konvenčními zemědělskými systémy tedy mohou při hodnocení dopadu na životní prostředí na jednotku produktu převážit nad výhodami používání postupů šetrnějších k životnímu prostředí. Ačkoli jsou postupy ekologického zemědělství přínosné pro životní prostředí, což se odráží v poskytování celé řady ekosystémových služeb, důraz se tradičně zaměřuje pouze na sklizený produkt (Meier et al. 2015). Boone et al. (2019) prokazuje, že asi u poloviny studovaných potravinářských produktů (včetně kukuřice, brambor) má ekologické zemědělství jasné přínosy pro životní prostředí, pokud jde o spotřebu zdrojů ve srovnání s konvenčními pěstitelskými metodami. Navrhuje, aby byl dopad na životní prostředí rozdělen mezi produkci celého zemědělského systému (konvenčního, ekologického a alternativního), protože jakýkoliv zemědělský produkt ve skutečnosti zahrnuje také všechny ekosystémové služby. Navíc vhodné investice do agroekologického výzkumu za účelem zlepšení systémů ekologického managementu by mohly u některých plodin nebo regionů výrazně snížit nebo eliminovat mezeru mezi výnosy (Ponisio et al. 2015).

Ekologické zemědělství může zvýšit úrodnost půdy, koloběh a zadržování živin, zadržování vody, kontrolu škůdců a chorob, opylování a další důležité pozitivní zemědělské vstupy – ekosystémové služby. Podobně jako u konvenčních zemědělských postupů však mohou negativní dopady ekologického zemědělství na životní prostředí vznikat z: používání zvířecího hnoje, používání přírodních hnojiv a pesticidů, nakládání se zbytky po sklizni, zavlažování a zpracování půdy (Udeigwe et al. 2015). V ekologickém zemědělství může

nepřetržitá orba popírat všechny výhody pro strukturu a funkci půdy způsobené zvýšeným používáním statkových hnojiv a rozmanitějším střídáním plodin, které jsou zvláště důležitými složkami ekologického zemědělství. Konvenční pluhové systémy pro zpracování půdy potlačují plevel, začleňují organický materiál (posklizňové zbytky a hnůj) a uvolňují půdu na povrchu. Zpracování půdy krátkodobě zvyšuje pórovitost, ale dlouhodobě snižuje stabilní agregaci půdy a může snížit obsah organické hmoty v půdě, zhoršit strukturu půdy, snížit kapacitu zadržování vody a kompaktnost podloží (Crittenden et al. 2015). Navzdory použití zpracování půdy pro správu plevelů mohou systémy dlouhodobého ekologického zemědělství zlepšit většinu fyzikálních vlastností půdy a představují strategii pro správu půdy a zlepšení udržitelnosti zemědělství (Williams et al. 2017).

Ekologické zemědělství je nejrychleji rostoucí, diskutabilní a inovativní zemědělský systém, který vyvažuje několik cílů udržitelnosti na podporu globální bezpečnosti potravin a ekosystémů. Globální podíl zemědělské půdy v rámci ekologického zemědělství je však malý, ale poptávka spotřebitelů po ekologických produktech bude i nadále růst díky obavám o bezpečnost potravin a rostoucímu bohatství. Kvůli nižším výnosům však mohou být přírodní ekosystémy stále více přeměňovány na agroekosystémy, aby uspokojily poptávku s méně známými důsledky pro životní prostředí. Metody odvozené z ekologického zemědělství však mohou přispět k udržitelné intenzifikaci zemědělských systémů (Lorenz & Lal 2016).

Politika stimuluje zemědělství k udržitelnějším zemědělským postupům. Ekologické zemědělství jednou z možností, jak se posunout směrem k udržitelnějším systémům zemědělství (Boone et al. 2019).

## 4 Metodika

V rámci experimentální části práce byly vybrány dva sousedící zemědělské půdní bloky stejného půdního typu s různými způsoby obhospodařování: konvenční a ekologické hospodaření. Na těchto lokalitách byl proveden pedologický průzkum. Ve stejném výškovém transektu svahu byly opakovaně v průběhu sezony odebrány porušené a neporušené půdní vzorky. V laboratoři byly následně na neporušených půdních vzorcích, odebraných do 100 cm<sup>3</sup> (Kopeckého) válečků, změřeny vybrané fyzikální, hydrofyzikální a hydraulické vlastnosti: celková pórovitost, objemová hmotnost a retenční čáry půdní vlhkosti. Na porušených půdních vzorcích stanoveny základní fyzikální a chemické půdní charakteristiky.

Naměřená data byla statisticky zpracována a oba typy zemědělského hospodaření byly porovnány z hlediska pozitivního vlivu na půdu.

### 4.1 Popis lokality odběru vzorků

Obě hospodářství, na kterých probíhal odběr vzorků půdy a terénní měření se nachází v podhůří Jizerských hor v okrese Jablonec nad Nisou v části města Kokonín, souřadnice 50.701830, 15.160777. Nadmořská výška je 550 m n. m., klimatický region mírně chladný, vlhký, průměrná roční teplota 5-6 °C, průměrný úhrn srážek 700–800 mm (Němeček et al. 2011) Půdní typ je kambizem dystrická (mapy.geology.cz/pudy), půdotvorný substrát krystalická břidlice, obsah skeletu do 25 %. Jedná se o půdu produkčně málo významnou, středně hlubokou až hlubokou, ohroženou acidifikací (Němeček et al. 2011). Pěstitelské pozemky (orná půda) se nacházejí na jižním svahu s mírnou sklonitostí (3-7°) na kraji katastrálního území Kokonín. Za účelem popisu a určení mocností jednotlivých půdních horizontů byla vykopána půdní sonda (viz obr. 5.). Na základě pedologických map (mapy.geology.cz/pudy) a terénního průzkumu a změřených analytických dat byl určen půdní typ jako kambizem dystrická (Němeček et al. 2011).



Obrázek 5. Půdní sonda s vyznačenými půdními horizonty: Ap – horizont orniční, Bv – kambický horizont, B/C – přechod do půdotvorného substrátu, Cr – rozpad horniny.

Půdní horizonty byly popsány následovně (obr. 5.):

- Ap – horizont orniční (0-35 cm v ekologickém zemědělství; 0-23 cm v konvenčním zemědělství),
- Bv – kambický horizont (35-45 cm),
- B/C – přechod do půdotvorného substrátu (45-55 cm)
- Cr – rozpad horniny (níže 55 cm)

Porovnávány byly vzorky odebrané z pole zástupce ekologického zemědělství: Biohospodářství Kokonín (biohospodarstvi.cz) a zástupce konvenčního zemědělství: Kokonínská zemědělská a.s. (kokoninskazemedelska.cz). Obě zájmové lokality se nachází v těsném sousedství, viz mapa zájmových lokalit (obr. 6.), a mají stejné klimatické a půdní podmínky. Pedologický průzkum byl proveden na obou vybraných půdních dílech. Zkoumaná lokalita se nachází v mírném svahu s průměrnou sklonitostí 6,56°.



Obrázek 6. Mapa lokality odebraných vzorků s vyznačeným místem odběru (červeně konvenční zemědělství, zeleně ekologické zemědělství) (eagri.cz).

## 4.2 Způsoby hospodaření na zkoumané půdě

Ekologické hospodaření je primárně samozásobitelského charakteru s prodejem přebytků (brambory, mrkev a další) od roku 2017. Plocha obdělávaných pozemků je malá: 2,69 ha. Podnik je zaměřen na pěstování tržních plodin a zeleniny na orné půdě bez chovu zvířat pěstování ovoce. Trvalé travní porosty jsou v nájmu a jsou využívány především k zajištění krmiv pro zájmový chov zvířat. Pro hnojení orné půdy jsou používána statková hnojiva od místního malochovatele skotu a jetelotravní směsky a další rostliny poutající vzdušný dusík. Osevní sled je plánován jako pětiletý. K potlačení plevelů a chorob je využívána podzimní orba a pravidelné sečení jetelotravní směsky. V okopaninách se provádí vícenásobná proorávka nebo plečkování. Tam kde se to jeví jako účelné jsou plevelé likvidovány ruční okopávkou a vytrháváním. Plísně a škůdci jsou potlačovány povolenými biologickými preparáty na bázi symbiotických hub, výtažků z řas, bakterií atp. (biohospodarstvi.cz).

Společnost konvenčního zemědělce byla založena v roce 2000 jako dceřiná společnost místního zemědělského družstva. Společnost je zaměřena na výrobu mléka a usiluje o zachování chovu a pastvy skotu v horských a podhorských oblastech. Vlastní 400 ks dojníc a cca 550 ks mladého dobytka. Hospodaří na cca 1100 ha zemědělské půdy, z čehož větší část tvoří trvalé travní porosty – louky a pastviny. Menší část: asi 400 ha tvoří orná půda, kde jsou pěstovány plodiny téměř výhradně na krmný fond. Plochy jsou obhospodařovány konvenčně, dochází k použití hnojiv, pesticidů a herbicidů (kokoninskazemedelska.cz).

### 4.3 Odběr vzorků

Odběry vzorků probíhaly postupně v průběhu sezóny každý měsíc od dubna do září. Na obou zkoumaných plochách byly odebrány porušené i neporušené půdní vzorky, a to ve dvou variantách: v řádku mezi rostlinami pšenice ozimé (*Triticum aestivum*) a v meziřádku. Umístění půdy v řádku nebo meziřádku by mohlo ovlivňovat jak fyzikální, tak i hydraulické vlastnosti půdy (Alletto et al. 2010; Alletto & Coquet 2009). Porušené půdní vzorky byly odebrány z povrchu půdy, neporušené vzorky byly odebrány do Kopeckého válečků o objemu 100 cm<sup>3</sup>. Za každý odběr bylo odebráno 24 neporušených půdních vzorků; pro každou z variant ekologické zemědělství řádek, ekologické zemědělství meziřádek, konvenční zemědělství řádek, konvenční zemědělství meziřádek 6 neporušených půdních vzorků. Pro každou ze dvou metod měření hydraulických vlastností byly poté použity 3 neporušené vzorky za každou variantu. Za každý odběr byly odebrány 4 porušené půdní vzorky (v dostatečném množství), jeden za každou z uvedených variant. Porušené půdní vzorky byly použity k měření základních fyzikálních a chemických vlastností. Na každou z těchto analýz byly použity 3 navážky vzorku pro každou variantu. Poté byly ze všech hodnocených parametrů vypočteny průměrné hodnoty. Během sezony proběhlo 5 odběrů, celkem bylo odebráno 120 neporušených a 20 porušených půdních vzorků.

### 4.4 Analýza vzorků

#### 4.4.1 Příprava vzorků

Porušené půdní vzorky byly v laboratoři vysušeny na vzduchu při laboratorní teplotě a následně v porcelánové třecí misce rozmělněny. Za účelem získání jemnozeme byly přesátý přes síto s průměrem ok 2 mm. Získaná jemnozeme byla použita k měření základních chemických a fyzikálních vlastností půdy.

#### 4.4.2 Základní chemické vlastnosti

Na odebraných porušených vzorcích byly stanoveny základní půdní vlastnosti pomocí standartních laboratorních postupů. Změřena byla půdní reakce, obsah oxidovatelného uhlíku a obsah humusu.

##### 4.4.2.1 Půdní reakce

Aktivní půdní reakce pH (H<sub>2</sub>O) a výměnná půdní reakce pH (KCl) byly hodnoceny běžně používanou metodou dle normy ISO, 10390: 2005. Měření byla provedena pomocí inoLab Level 1 pH-metru a skleněné elektrody (SenTix 41). Hodnocení bylo provedeno podle tab. 2.

Tabulka 2. Kritéria hodnocení aktivní a výměnné půdní reakce (Jandák, 2003).

pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Hodnocení
<4,9	<4,5	silně kyselá
5,0-5,9	4,6-5,5	kyselá
6,0-6,9	5,6-6,5	slabě kyselá
7,0	6,6-7,2	neutrální
7,1-8,0	>7,2	slabě alkalická
8,1-9,4	/	alkalická
>9,4	/	silně alkalická

#### 4.4.2.2 Obsah organického uhlíku

Obsah oxidovatelného organického uhlíku ( $C_{ox}$ ) byl stanoven standardizovanou laboratorní metodou (Skjemstad & Baldock 2008). Hodnocení bylo provedeno podle tab. 3.

Tabulka 3. Hodnocení obsahu humusu podle Sáňky et al. 2018.

Obsah humusu (%)	Zásoba humusu
<0,5	extrémně nízká
0,5–1,0	velmi nízká
1,0–2,0	nízká
2,0–3,0	střední
3,0–5,0	dobrá
> 5,0	velmi dobrá

#### 4.4.3 Základní fyzikální vlastnosti

##### 4.4.3.1 Zrnitost půdy

Zrnitost byla stanovena klasickou hustoměrnou metodou podle Gee & Or (2002). Získané hodnoty byly základem pro konstrukci zrnitostní křivky a stanovení obsahu jednotlivých frakcí. Půdní druh byl klasifikován podle Nováka – procentuálním zastoupením částí půdy menších než 0,01 mm, a podle taxonomie USDA, kde je používána klasifikace textury hodnocením poměru frakcí jemnozeme (<2 mm) podle trojúhelníkového diagramu WRB. Hodnocení bylo provedeno podle tab. 4.

Tabulka 4. Nováková klasifikace půdního druhu (Sáňka 2018).

Procento jílnatých částic <0,01 mm	Označení půdního druhu		
0–10	písčítá	p	lehké
10–20	hlinitopísčítá	hp	
20–30	písčítahlinitá	ph	střední

30–45	hlinitá	h	
45–60	jílovitohlinitá	jh	těžké
60–75	jílovitá	jv	
> 75	jíl	j	

#### 4.4.3.2 Specifická hmotnost půdy

Specifická hmotnost půdy ( $\rho_z$ ) byla stanovena na porušeném vzorku podle technické normy ISO 11508:2017, za dokonalého vytěsnění půdního vzduchu, kterého bylo docíleno vařením půdních částic ve vodě. Výpočet specifické hmotnosti půdy byl proveden podle vztahu:

$$\rho_z = \frac{N_z \rho_V}{N_z + P_{H_2O} - P_z} \quad (1)$$

Příčemž:  $\rho_z$  je specifická hmotnost zeminy ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $\rho_V$  je hustota vody při 20 °C ( $1 \text{ g cm}^{-3}$ ),  $N_z$  je navážka zeminy,  $P_{H_2O}$  je hmotnost pyknometru s vodou (g),  $P_z$  je hmotnost pyknometru se suspenzí (g).

#### 4.4.3.3 Objemová hmotnost

Na všech neporušených půdních vzorcích byla stanovena objemová hmotnost (Dane & Topp 2002), která udává hmotnost  $1 \text{ m}^3$  půdy v jeho přirozeném uložení a je definovaná jako poměr hmotnosti tělesa k objemu tělesa, včetně pórů, mezer a dutin, podle následující rovnice:

$$\rho_d = \frac{m_z}{V_s} \quad (2)$$

Příčemž:  $\rho_d$  je objemová hmotnost ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $m_z$  je hmotnost zeminy v přirozeném uložení, vysušené při 105 °C (g),  $V_s$  je objem vzorku ( $\text{cm}^3$ ).

#### 4.4.3.4 Pórovitost

Pórovitost, která je definována jako objem všech prostor mezi pevnými částicemi půdy, a udává, kolik procent z jednotkového objemu půdy v přirozeném uložení připadá na póry, byla stanovena podle vztahu (Dane & Topp 2002):

$$P = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_d} 100 \quad (3)$$

Příčemž:  $P$  je pórovitost (% obj.),  $\rho_z$  je specifická hmotnost půdy ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $\rho_d$  je objemová hmotnost ( $\text{g cm}^{-3}$ ).



Hodnocení bylo provedeno podle tab. 5.

Tabulka 5. Doporučené hodnoty objemové hmotnosti a pórovitosti (Sánka et al. 2018).

Strukturní stav humusového horizontu	Objemová hmotnost suché půdy ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Pórovitost (%)
výborný	> 1,2	> 54
dobrý	1,2–1,4	46–54
nevyhovující	1,4–1,6	39–46
nestrukturní	1,6–1,8	31–39

#### 4.4.4 Hydraulické vlastnosti

Hydraulické vlastnosti byly stanoveny pomocí dvou metod: v přetlakovém aparátu a v Tempských celách (kombinace podtlaku a přetlaku). Obě měřící aparatury jsou na obr. 7.



Obrázek 7. Aparatura ke stanovení retenčních čar: Tempské cely nalevo a přetlakový aparát napravo.

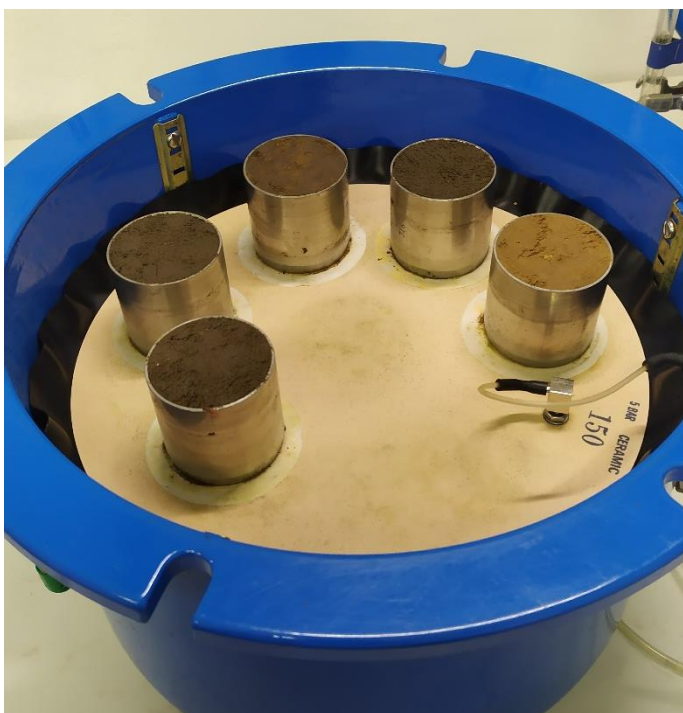
##### 4.4.4.1 Přetlakový aparát

Přetlakový aparát (Soilmoisture Equipment Corp. 2009) (viz obr. 8. a 9.) pracuje s keramickou deskou a vysokou vstupní hodnotou vzduchu. Skládá se z tlakové nádoby, polopropustné keramické membrány, kompresoru, regulátoru tlaku, manometru, hadičky a byrety. Otvor v horní části nádoby je spojen s kompresorem a přetlak vzduchu je nastavován pomocí regulátoru tlaku a manometru. Polopropustná keramická membrána umístěná v přetlakové nádobě je spojena hadičkou s byretou, je nasycena vodou a celý prostor mezi membránou a hladinou vody v byretě je vyplněn vodou (Kodešová et al. 2015).

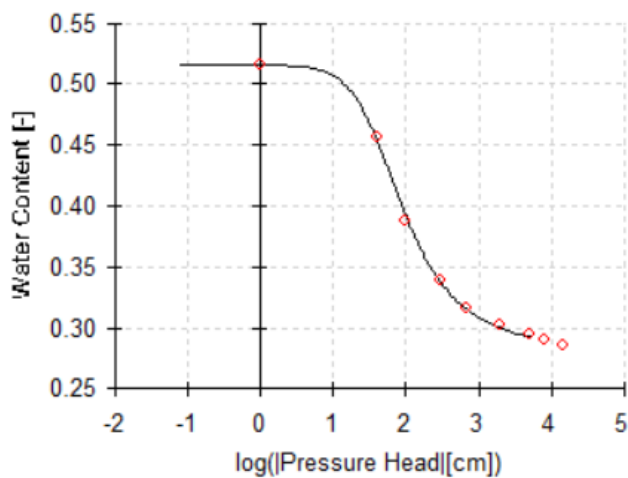


Obrázek 8. Přetlakový aparát (Soilmoisture Equipment Corp., 2009).

Křivky retenčních čar byly stanoveny na neporušených půdních vzorcích. Vzorky byly nejprve nasyceny vodou a poté umístěny na keramickou membránu v tlakové nádobě a v devíti postupných tlakových krocích (1, 40, 100, 300, 700, 2000, 5000, 8000, 15000) drénovány. Získané body retenčních čar jsou dány objemovými vlhkostmi půdních vzorků zjištěnými gravimetricky a odpovídajícími tlakovými výškami danými hodnotou přetlaku vzduchu (Kodešová et al. 2015). K proložení bodů retenčních čar byl použit program RETC (van Genuchten et al. 2009) (viz obr. 10.) za použití rovnice van Genuchtena (van Genuchten, 1980), čímž byly získány hodnoty nasycené a reziduální vlhkosti půdy a parametry zakřivení retenční čáry půdní vlhkosti ( $\alpha$ ,  $n$ ).



Obrázek 9. Umístění neporušených půdních vzorků v Kopeckého válečcích na keramické desce přetlakového aparátu.



Obrázek 10. Příklad proložení retenční čáry půdní vlhkosti – měřené body a simulovaný průběh (RETC).

$$\theta_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad \theta_e = \frac{1}{(1 + (\alpha|h|)^n)^m} \quad h < 0 \quad \theta_e = 1 \quad h \geq 0 \quad (4)$$

Příčemž:  $\theta_e$  je efektivní vlhkost ( $L^3 \cdot L^{-3}$ ),  
 $\theta_r$  je reziduální vlhkost ( $L^3 \cdot L^{-3}$ ),  
 $\theta_s$  je nasycená vlhkost ( $L^3 \cdot L^{-3}$ ),  
 $\alpha$  je reciproční hodnota vstupu vzduchu tlakové výšky ( $L^{-1}$ ),

$n$  je parametr, který souvisí se sklonem retenční čáry v inflexním bodě (bezrozměrný).

Parametry  $\theta_r$ ,  $\theta_s$ ,  $a$  a  $n$  byly optimalizovány.

#### 4.4.4.2 Tempské cely

Tempská cela (Soilmoisture Equipment Corp., 1995) (viz obr. 11.) je kombinací podtlakového a přetlakového přístroje. Podobně jako u přetlakového aparátu je její důležitou součástí keramická destička, která je nasycena vodou a prostor mezi destičkou a hladinou vody v byretě, která je připojena hadičkou ke spodnímu okraji Tempské cely, je vyplněn vodou. Tlaková výška vody může být nastavována umístěním byrety pod úroveň půdního vzorku, nebo pomocí zdroje přetlaku vzduchu (Kodešová et al. 2015).



Obrázek 11. Tempské cely.

Neporušené půdní vzorky v Kopeckého válečcích ( $100 \text{ cm}^3$ ) byly umístěny do tempských cel a plně nasyceny vodou. Pomocí rovnice byla stanovena nasycená hydraulická vodivost.

$$K_s = \frac{QL}{S\Delta t \left( \Delta H - \frac{QL_d}{S\Delta t K_{s,d}} \right)} \quad (5)$$

Kde:  $K_s$  je nasycená hydraulická vodivost ( $\text{L T}^{-1}$ )

$Q$  je průtok

$L$  je výška půdního vzorku ( $L = 5,1$  cm)

$S$  je průtočná plocha ( $S = 19,625$  cm<sup>2</sup>)

$\Delta t$  je rozdíl času

$\Delta H$  je rozdíl potenciálů ( $\Delta H = 50$  cm)

$L_d$  je výška porézní destičky ( $L_d = 0,57$ )

$K_{s,d}$  je nasycená hydraulická vodivost porézní destičky

Následně byl proveden multistep-outflow experiment (van Dam et al. 1994). Po dobu tří týdnů byl zjišťován kumulativní odtok v čase. Plně nasycené vzorky byly pomalu drénovány v devíti krocích (10, 30, 50, 100, 170, 250, 350, 500, 1000 cm) postupným snižováním tlakové výšky do ustáleného stavu. Tlaková výška byla nejprve snižována pomocí postupného snižování hladiny vody pod vzorkem (pro výšky 10 a 30 cm), poté zvyšováním přetlaku vzduchu nad vzorkem (pro další kroky). Vlhkosti odpovídající daným tlakovým výškám v ustáleném stavu (tj. když nebyl pozorován žádný další odtok za dané tlakové výšky) byly vyhodnoceny pomocí konečné objemové vlhkosti (stanovené gravimetricky) a vodní bilance ve vzorku půdy. Dále byla provedena numerická inverze v programu HYDRUS-1D (Šimůnek et al. 2018) (viz obr. 12. a 13.) pro simulaci kumulativního odtoku v čase a pro získání hydraulických parametrů van Genuchtena (1980) retenční čáry půdní vodivosti  $\theta(h)$  a křivky hydraulických vodivostí  $K(\theta)$ .

$$\theta_e = \frac{\theta(h) - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{(1 + |\alpha h|^n)^m} \quad h < 0 \quad \theta_e = 1 \quad h \geq 0 \quad (6)$$

$$K(\theta) = K_s \theta_e^1 \left[ 1 - \left( 1 - \theta_e^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2 \quad h < 0 \quad K(\theta) = K_s \quad h \geq 0 \quad (7)$$

Kde:  $\theta_e$  je efektivní objemová vlhkost půdy

$\theta_r$ ,  $\theta_s$  jsou reziduální a nasycená objemová vlhkost půdy (nasycená objemová vlhkost půdy  $\theta_s$  byla nastavena na naměřené hodnoty)

$h$  je tlaková výška

$\alpha$  je převrácená hodnota absolutní hodnoty tlakové výšky vstupujícího vzduchu

$n$  souvisí se sklonem retenční čáry v inflexním bodě

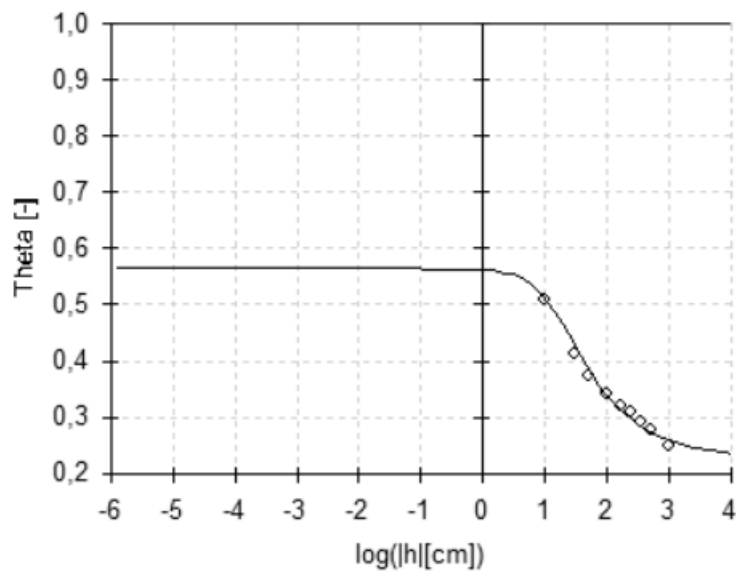
$m = 1 - (1/n)$

$K_s$  je nasycená hydraulická vodivost

$l$  je parametr pro konektivitu pórů, parametr připojení pórů byl nastaven na 0,5 (Mualem 1976)

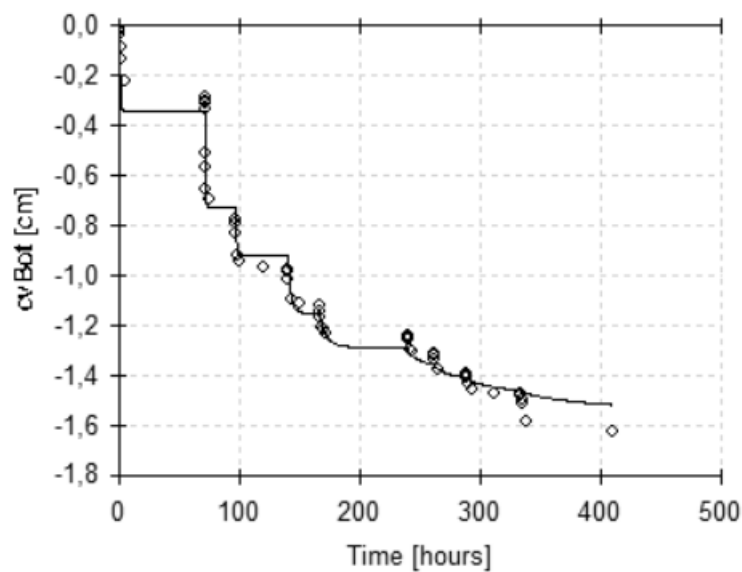
Parametry  $\theta_r$ ,  $\alpha$ ,  $n$  a  $K_s$  byly optimalizovány pomocí numerické inverze v programu HYDRUS-1D.

#### Hydraulic Properties: Theta vs. log h



Obrázek 12. Příklad proložení retenční čáry půdní vlhkosti – měřené body a simulovaný průběh (Hydrus-1D 2018).

#### Cum. Bottom Flux



Obrázek 13. Příklad kumulativního odtoku vody dnem Tempské cely – měřené body a simulovaný průběh (+ tok nahoru, - tok dolů) (Hydrus-1D 2018).

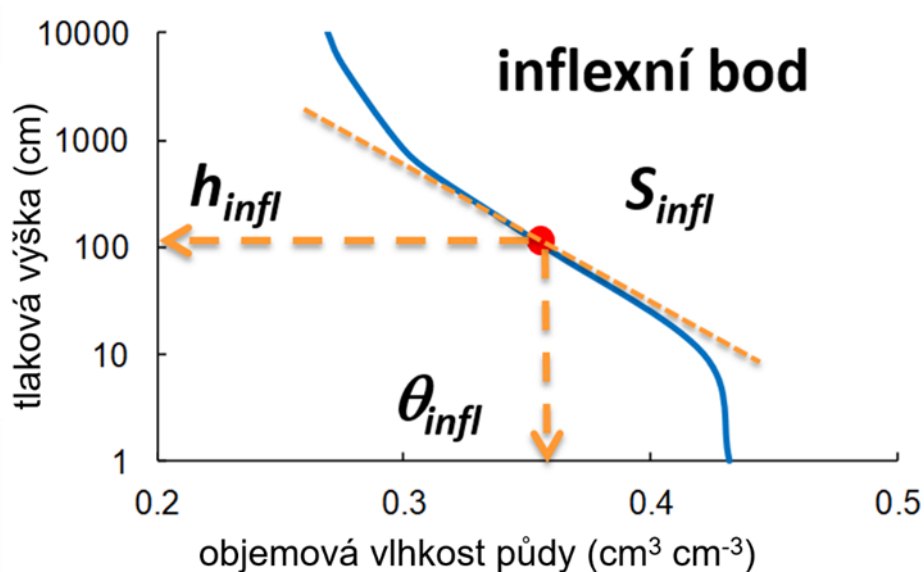
#### 4.4.5 Inflexní body

Z tvaru retenčních čar byly následně vypočteny inflexní body (bod, ve kterém se mění tvar retenční čáry půdní vlhkosti z konkávního na konvexní) a jejich parametry: tlaková výška ( $h_{INF}$ ), pro ni odpovídající objemová vlhkost ( $\theta_{INF}$ ) a sklon čáry ( $S_{INF}$ ) (viz obr. 14.) (Dexter 2004a,b,c; Dexter & Czyz 2007) podle následujících rovnic:

$$h_{INF} = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{1}{m} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (8)$$

$$\theta_{INF} = (\theta_S - \theta_r) \left( 1 + \frac{1}{m} \right)^{-m} + \theta_r \quad (9)$$

$$S_{INF} = -n(\theta_S - \theta_r) \left( 1 + \frac{1}{m} \right)^{-(1+m)} \quad (10)$$



Obrázek 14. Vyjádření parametrů inflexního bodu retenčních čar půdní vlhkosti.

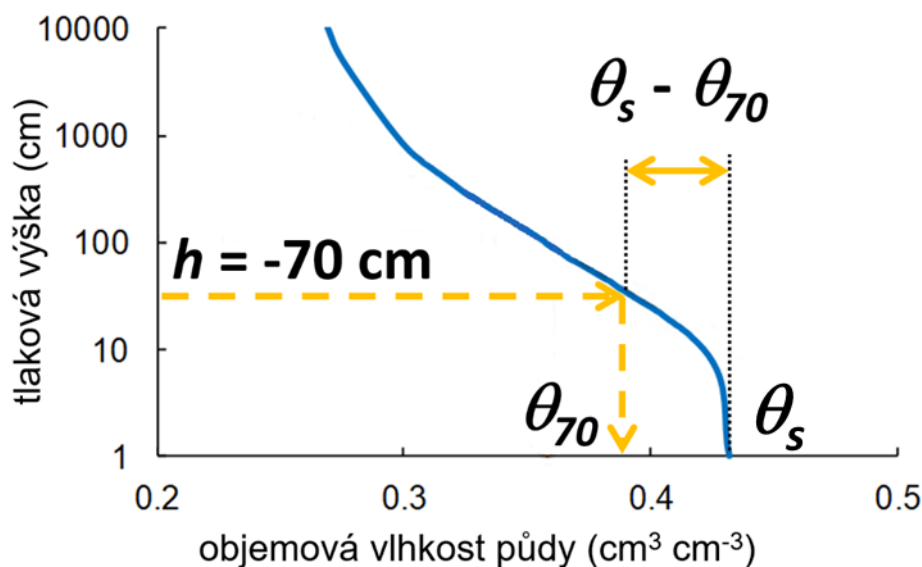
Získané parametry je možno použít k vyhodnocení kvality půdy z fyzikálního hlediska (Dexter 2004a,b,c; Fér et al. 2016, 2018, 2020; Jirků et al. 2013; Pavlů et al. 2021) (viz tabulka 6.). Je však třeba poznamenat, že různé metody používané pro měření retenčních čar mohou vést k různým tvarům těchto křivek (Fér et al. 2018; Gribb et al. 2004), a tedy k různým charakteristikám inflexního bodu (Fér et al. 2018). Vyhodnocené hodnoty jsou proto spíše vhodné pro srovnání kvality půdy na dané ploše nebo transektu než pro obecné posouzení fyzikální kvality půdy.

Tabulka 6. Hodnocení kvality půdy z fyzikálního hlediska (Dexter 2004a,b,c).

Kategorie hodnocení ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	Kvalita půdy
$S_{INF} \geq 0,05$	velmi dobrá
$0,05 > S_{INF} \geq 0,035$	dobrá
$0,035 > S_{INF} \geq 0,02$	špatná

#### 4.4.6 Charakteristiky popisující půdní pórový systém

Z retenčních čar půdní vlhkosti byly odhadnuty charakteristiky popisující půdní pórový systém: polní kapacita (vlhkost půdy pro tlakovou výšku 330 cm) ( $PK$ ), obsah půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm ( $\theta_{70}$ ) (tlaková výška -70 cm byla definována jako prahová hodnota mezi velkými a malými kapilárními póry) (Kodešová et al., 2006) a  $\theta_s - \theta_{70}$  (viz obr. 15.).



Obrázek 15. Vyjádření obsahu hrubých kapilárních pórů.

Dále byla v mm vody na 1 cm půdní vrstvy vyjádřena gravitační voda ( $GW$ ) a voda snadno dostupná pro vegetaci ( $RAW$ ) následujícím způsobem (Pavlů et al. 2021):

$$GW = (\theta_s - \theta_{100})10 \quad (11)$$

$$RAW = (\theta_{100} - \theta_{250})10 \quad (12)$$

Kde  $\theta_{100}$  a  $\theta_{250}$  jsou půdní vlhkosti pro tlakové výšky -100 cm, respektive -250 cm.

#### 4.4.7 Statistické zpracování výsledků

Pro všechny měřené vlastnosti půdy byly vypočteny průměrné hodnoty a jejich směrodatné odchylky. Dále byla použita statistická metoda ANOVA hlavních efektů pro statistické zhodnocení. Analýza byla provedena pomocí statistického softwaru Statistica 12 (StatSoft Inc. 2013).



#### 4.4.8 Použité programy

K proložení bodů retenčních čar získaných v přetlakovém aparátu byl použit program RETC (RETC for Windows, Version: 6.02) (van Genuchten et al. 2009). V programu HYDRUS-1D (Hydrus-1D for Windows, Version 4.17.0140) (Šimůnek et al. 2018) byla provedena numerická inverze dat získaných z temských cel pro simulaci kumulativního odtoku v čase a pro získání hydraulických parametrů van Genuchtena (1980), retenční čáry půdní vodivosti  $\theta(h)$  a křivky hydraulických vodivostí  $K(\theta)$ . Statistické zhodnocení výsledků bylo provedeno pomocí statistického softwaru Statistica 12 (StatSoft Inc. 2013).

## 5 Výsledky

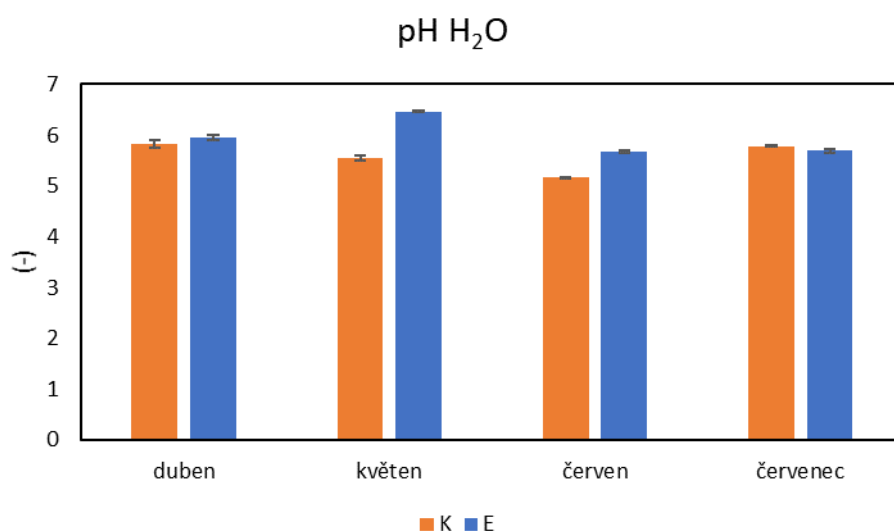
### 5.1 Vybrané chemické vlastnosti

#### 5.1.1 Půdní reakce

Stanovené průměrné hodnoty aktivní půdní reakce (pH H<sub>2</sub>O), výměnné půdní reakce (pH KCl) a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 7.

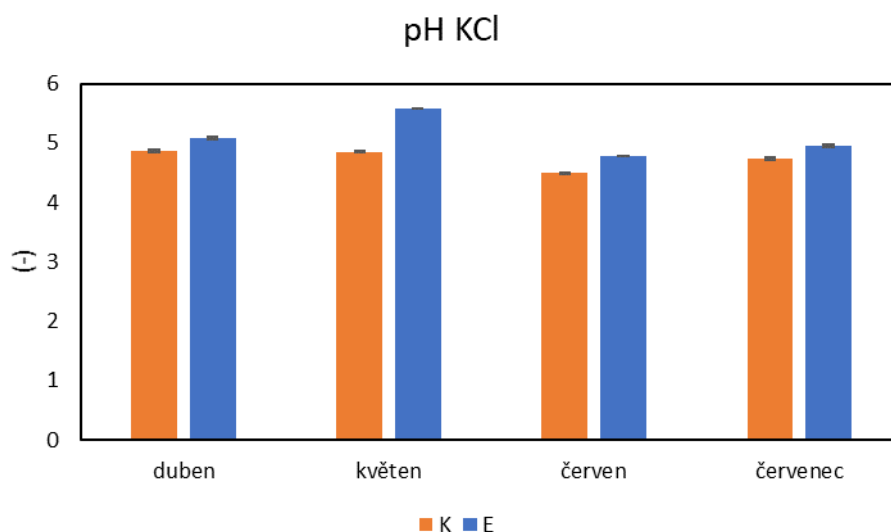
Tabulka 7. Výsledné hodnoty aktivní půdní reakce pH (H<sub>2</sub>O) a výměnné půdní reakce pH (KCl) a jejich směrodatné odchylky.

Odběr	pH H <sub>2</sub> O		pH KCl	
	K	E	K	E
duben	5,84±0,08	5,94±0,05	4,86±0,02	5,09±0,02
květen	5,54±0,05	6,46±0,01	4,86±0,01	5,59±0,00
červen	5,17±0,01	5,67±0,02	4,50±0,01	4,79±0,00
červenec	5,78±0,01	5,69±0,03	4,74±0,02	5,00±0,03



Obrázek 16. Graf výsledných hodnot aktivní půdní reakce pH (H<sub>2</sub>O) a směrodatné odchylky.

Z grafu (obr. 16.) vyplývá, že hodnoty aktivní půdní reakce pH (H<sub>2</sub>O) v ekologickém a konvenčním zemědělství jsou si velmi podobné, nicméně v měsíci květnu a červnu jsou rozdíly větší. V ekologickém zemědělství jsou v těchto dvou měsících hodnoty aktivní půdní reakce pH (H<sub>2</sub>O) vyšší než v konvenčním zemědělství. Nejvyšší hodnota aktivní půdní reakce pH (H<sub>2</sub>O) v ekologickém zemědělství byla naměřena v měsíci květnu: pH 6,46 a nejnižší hodnota v měsíci červnu: 5,67, v konvenčním zemědělství je nejvyšší hodnota naměřena v dubnu: 5,84 a nejnižší stejně jako v ekologickém zemědělství v červnu: 5,17. Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 1. Porovnání výsledků v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 33. Porovnání výsledků ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 34.



Obrázek 17. Graf výsledných hodnot výměnné půdní reakce pH (KCl) a směrodatné odchylky.

Z grafu (obr. 17.) vyplývá, že vývoj hodnot výměnné půdní reakce pH (KCl) v ekologickém a konvenčním zemědělství se podobá vývoji hodnot půdní reakce aktivní pH (H<sub>2</sub>O). V ekologickém zemědělství jsou hodnoty výměnné půdní reakce pH (KCl) v měsíci květnu výrazně a v ostatních měsících mírně vyšší než v konvenčním zemědělství. Nejvyšší hodnota výměnné půdní reakce pH (KCl) v ekologickém zemědělství byla naměřena v měsíci květnu: 5,59 a nejnižší hodnota v měsíci červnu: 4,79, v konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota naměřena v dubnu: 4,86 a nejnižší stejně jako v ekologickém zemědělství v červnu: 4,50. Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 2. Porovnání výsledků v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 35. Porovnání výsledků ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 36.

Hodnoty výměnné půdní reakce (pH KCl) v ekologickém zemědělství se pohybují v rozmezí 4,79 – 5,59, tyto hodnoty značí půdy silně kyselé až kyselé. Hodnoty výměnné půdní reakce (pH KCl) v konvenčním zemědělství se pohybují v rozmezí 4,50 - 4,86, tyto hodnoty značí půdy silně kyselé (Sánka et al. 2018).

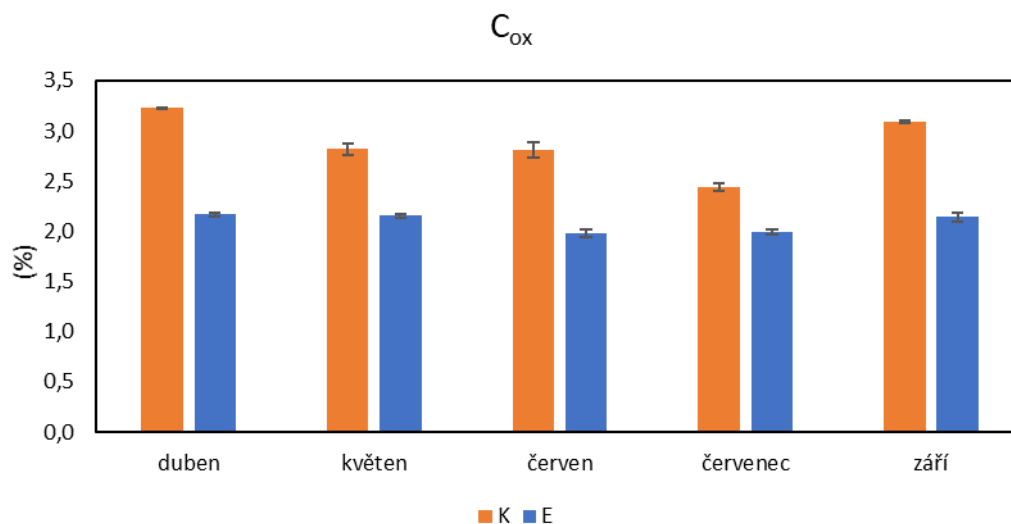
### 5.1.2 Obsah oxidovatelného uhlíku (C<sub>ox</sub>) a humusu

Stanovené průměrné obsahy oxidovatelného uhlíku a humusu v jednotlivých měsících a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8. Výsledné hodnoty obsahu oxidovatelného uhlíku a humusu (%) a jejich směrodatné odchylky.

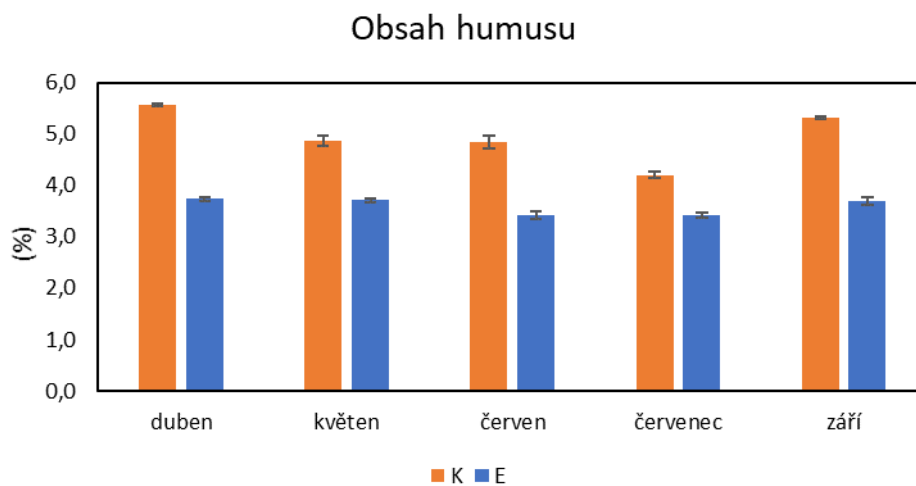
Odběr	Obsah oxidovatelného uhlíku (%)		Obsah humusu (%)	
	K	E	K	E
duben	3,23±0,01	2,16±0,01	5,56±0,02	3,73±0,03

květen	2,82±0,06	2,15±0,02	4,86±0,1	3,71±0,03
červen	2,81±0,07	1,98±0,04	4,84±0,13	3,41±0,07
červenec	2,44±0,04	1,99±0,03	4,20±0,07	3,43±0,05
září	3,08±0,01	2,14±0,05	5,32±0,02	3,69±0,08



Obrázek 18. Graf výsledných hodnot obsahu oxidovatelného uhlíku  $C_{ox}$  (%) a směrodatné odchylky.

Z grafu (obr. 18.) vyplývá, že hodnoty obsahu oxidovatelného uhlíku  $C_{ox}$  (%) jsou v průběhu vegetační sezony vyšší v konvenčním zemědělství než v zemědělství ekologickém. Na obou lokalitách byly nejvyšší hodnoty naměřeny v dubnu a nejnižší v červnu. Hodnoty obsahu oxidovatelného uhlíku  $C_{ox}$  se v konvenčním zemědělství pohybují v rozmezí 2,81 % (v červnu) – 3,23 % (v dubnu), v ekologickém zemědělství se výsledné hodnoty pohybují v rozmezí 1,98 % (v červnu) – 2,16 % (v dubnu). V obou typech hospodaření mají půdy nízký až střední obsah oxidovatelného uhlíku  $C_{ox}$ . Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 3. Porovnání výsledků v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 37. Porovnání výsledků ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 38.



Obrázek 19. Graf výsledných hodnot obsahu humusu (%) a směrodatné odchylky.

Z grafu (obr. 19.) vyplývá, že hodnoty obsahu humusu (%) jsou v průběhu vegetační sezony také vyšší v konvenčním zemědělství než v zemědělství ekologickém. Hodnoty obsahu humusu se v konvenčním zemědělství pohybují v rozmezí 4,20 % (v červenci) – 5,56 % (v dubnu), v ekologickém zemědělství se výsledné hodnoty pohybují v rozmezí 3,41 % (v červnu) – 3,73 % (v dubnu). V obou typech hospodaření mají půdy dobrou zásobu humusu (Sánka, et.al., 2018). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 4. Porovnání výsledků v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 39. Porovnání výsledků ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 40.

## 5.2 Fyzikální vlastnosti

Výsledné průměrné hodnoty základních fyzikálních vlastností a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9. Výsledné hodnoty specifické hmotnosti ( $\rho_z$ ), objemové hmotnosti ( $\rho_d$ ) a pórovitosti ( $P$ ) a jejich směrodatné odchylky.

Odběr	Var.	$\rho_z$ (g cm <sup>-3</sup> )	$\rho_d$ (g cm <sup>-3</sup> )	$P$ (%)
Duben	EŘ	2,53±0,01	1,11±0,01	0,56±0
	EM	2,53±0,01	1,2±0,03	0,53±0,01
	KŘ	2,46±0	1,14±0,02	0,54±0,01
	KM	2,46±0	1,11±0,06	0,55±0,02
Květen	EŘ	2,52±0,01	1,37±0,07	0,45±0,03
	EM	2,52±0,01	1,28±0,01	0,49±0
	KŘ	2,49±0	1,14±0,04	0,54±0,02
	KM	2,49±0		
Červen	EŘ	2,52±0	1,15±0,03	0,54±0,01
	EM	2,52±0	1,13±0,02	0,55±0,01
	KŘ	2,48±0,01	1,15±0,04	0,54±0,01
	KM	2,48±0,01	1,12±0,05	0,55±0,02
Červenec	EŘ	2,52±0,02	1,08±0,04	0,57±0,01
	EM	2,52±0,02	1,17±0,08	0,53±0,03
	KŘ	2,5±0,02	1,08±0,05	0,57±0,02
	KM	2,5±0,02	1,27±0,03	0,49±0,01
Září	EŘ	2,52±0,01	1,16±0,02	0,54±0,01
	EM	2,52±0,01	1,06±0,09	0,58±0,03
	KŘ	2,47±0,01	0,97±0,04	0,61±0,01
	KM	2,47±0,01	1,09±0,03	0,56±0,01

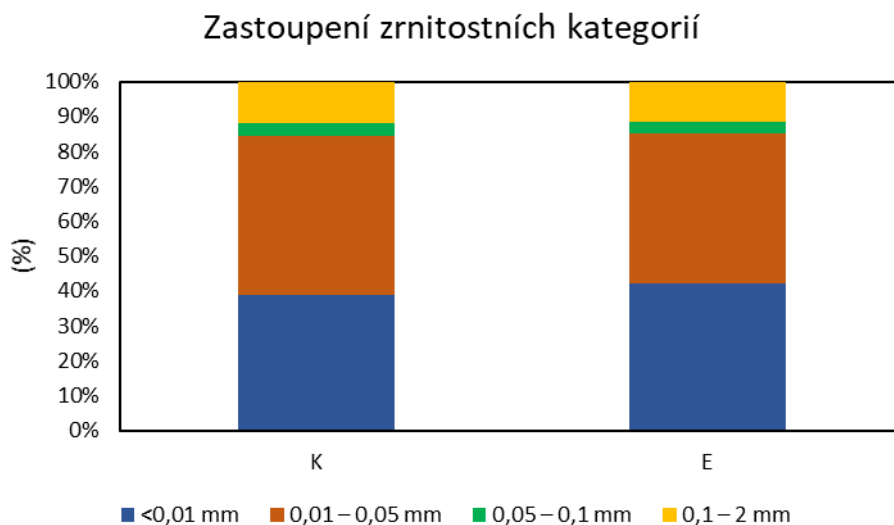
### 5.2.1 Zrnitost

Procentuální zastoupení zrnitostních kategorií podle velikosti půdních částic u konvenčního a ekologického zemědělství je zobrazena v grafu (obr. 20.) a tabulce 10. Naměřené zastoupení částic menších než 0,01 mm bylo 39 % pro konvenční zemědělství a

42,06 % pro ekologické zemědělství. Dle Novákovy klasifikace půdního druhu byly obě varianty zařazeny jako půda hlinitá, středně těžká.

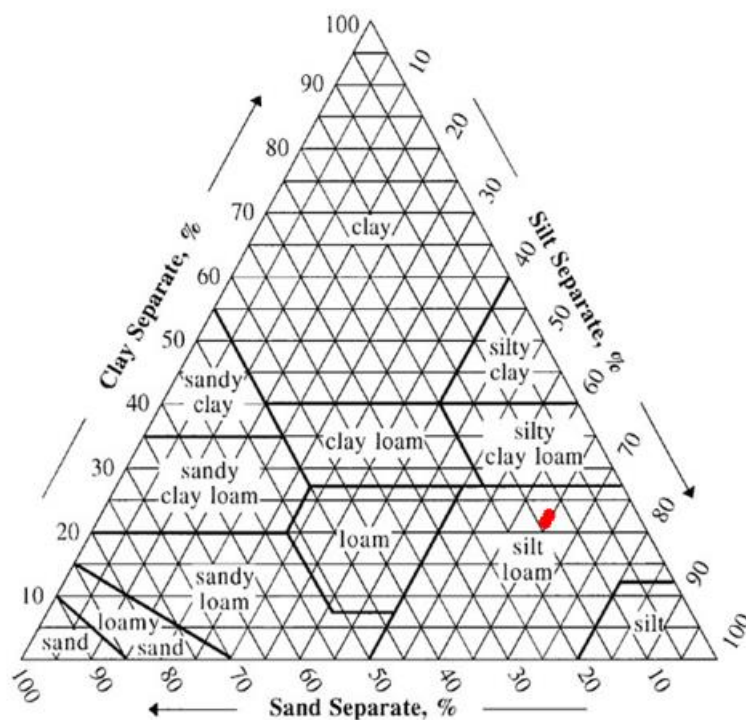
Tabulka 10. Zastoupení zrnitostních kategorií dle velikosti částic v obou typech hospodaření.

	Fyz. Jíl (<0,002 mm)	<0,01 mm	0,01 – 0,05 mm	0,05 – 0,1 mm	0,1 – 2 mm	Půdní druh
<b>K</b>	21,14 %	39,00 %	45,57 %	3,45 %	11,96 %	hlinitá
<b>E</b>	21,96 %	42,06 %	43,09 %	3,23 %	11,60 %	hlinitá



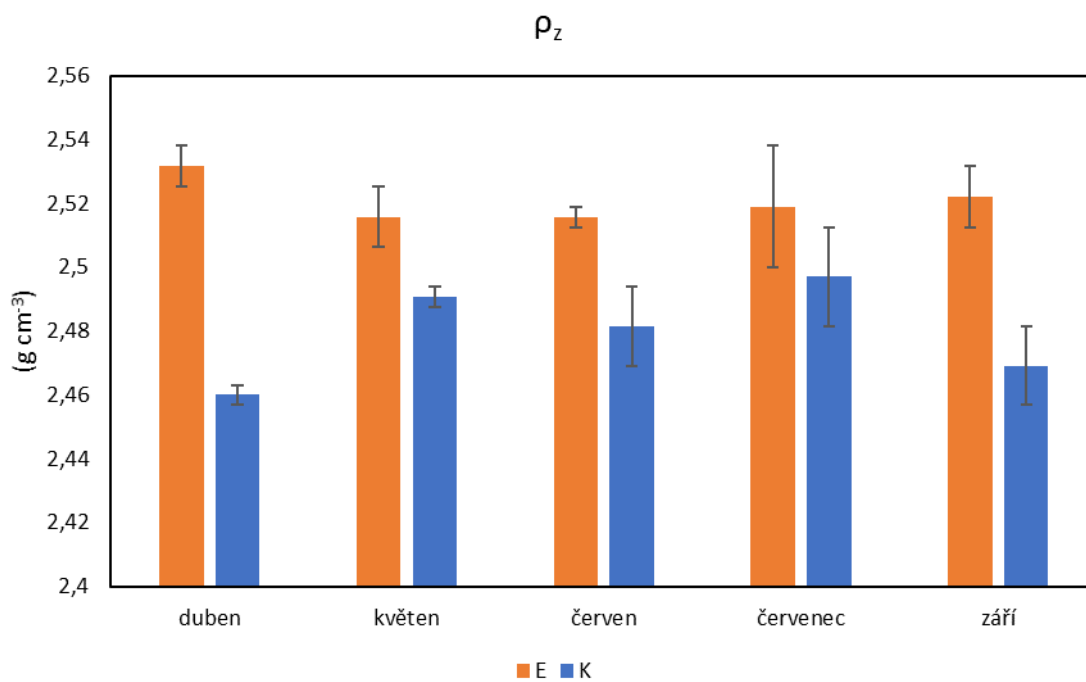
Obrázek 20. Graf zastoupení zrnitostních kategorií dle velikosti částic v obou typech hospodaření.

Podle taxonomie USDA byly oba vzorky charakterizovány jako „silt loam“ (prachovitá hlína) (obr. 21.).



Obrázek 21. Trojúhelníkový diagram klasifikace USDA, zjištěná zrnitostní kategorie je vyznačena červeně (www.nrcs.usda.gov).

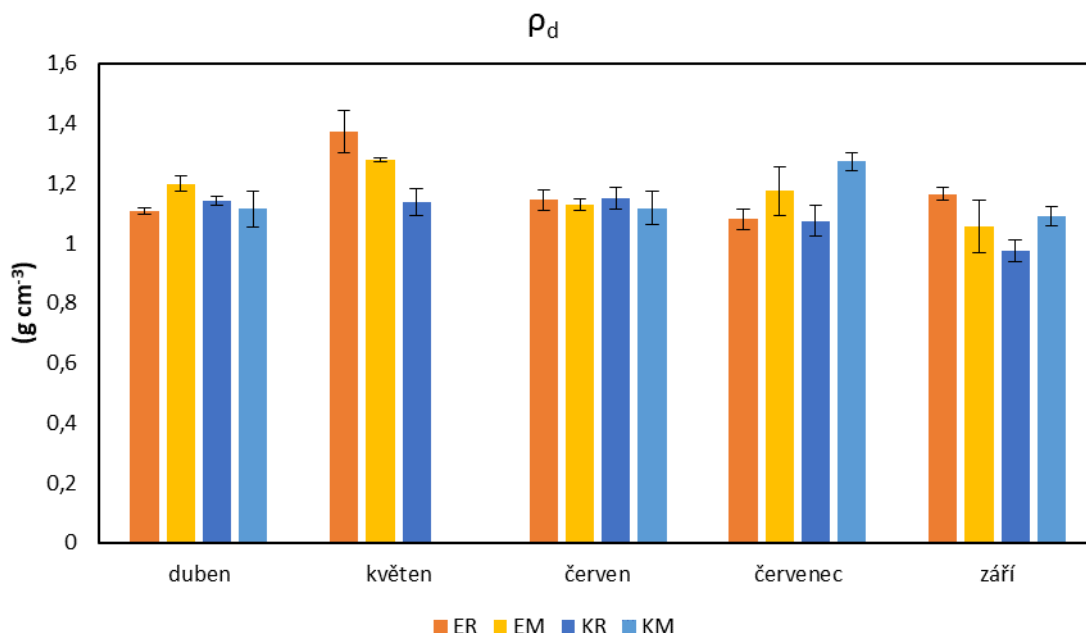
### 5.2.2 Specifická hmotnost ( $\rho_z$ )



Obrázek 22. Graf výsledných hodnot specifické hmotnosti ( $\rho_z$ ) a směrodatné odchylky.

Specifická hmotnost ( $\rho_z$ ) (viz obr. 22.) dosahovala vyšších hodnot u ekologického zemědělství. Nejvyšší hodnota specifické hmotnosti ( $\rho_z$ ) 2,53 byla naměřena v ekologickém zemědělství v dubnu, nejvyšší hodnota v konvenčním zemědělství (červenec) je 2,50. Nejnižší hodnota byla získána v konvenčním zemědělství (duben) 2,46, zatímco u ekologického zemědělství je byla nejnižší hodnota naměřena v květnu a červnu: 2,52. Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 5. Porovnání výsledků v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 41. Porovnání výsledků ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 42.

### 5.2.3 Objemová hmotnost ( $\rho_d$ )

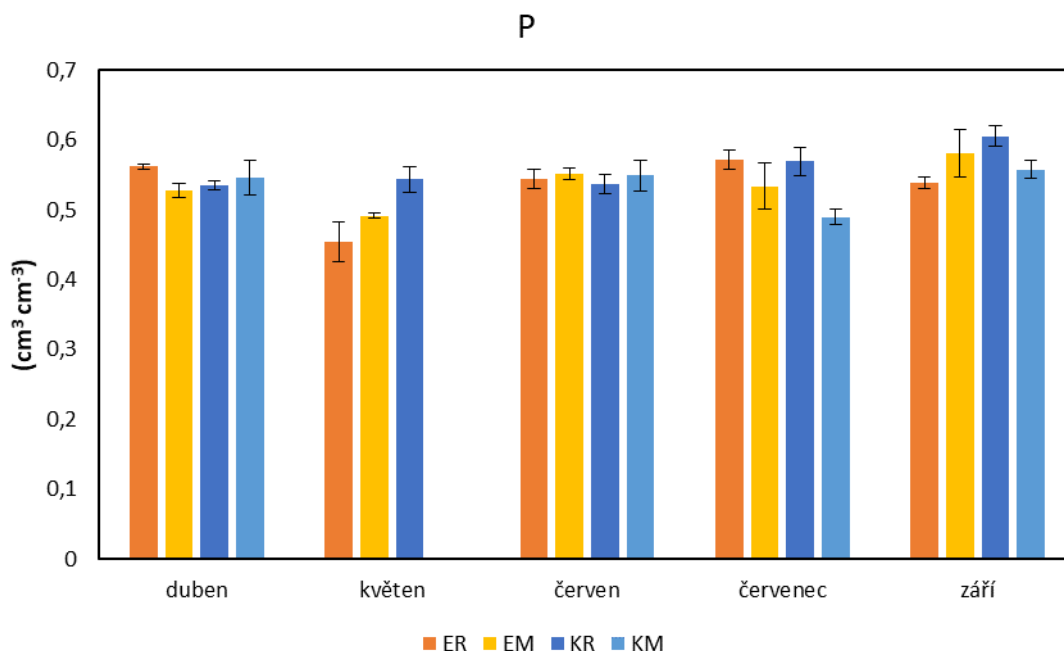


Obrázek 23. Graf výsledných hodnot objemové hmotnosti ( $\rho_d$ ) a směrodatné odchylky.

Z grafu (obr. 23.) vyplývá, že hodnoty objemové hmotnosti byly podobné ve všech variantách. Nejvyšší hodnoty dosáhlo ekologické zemědělství ve variantě květen – řádek (1,37). U konvenčního zemědělství byla nejvyšší naměřená hodnota 1,27 (červenec – meziřádek). Nejnižší hodnota byla 0,97 u konvenčního zemědělství (září – řádek), zatímco u ekologického 1,06 (září – meziřádek). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 6. Porovnání výsledků v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 44. Porovnání výsledků ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 45.



## 5.2.4 Pórovitost (P)



Obrázek 24. Graf výsledných hodnot pórovitosti (P) a směrodatné odchylky.

Nejvyšší hodnota pórovitosti (obr. 24.) byla naměřena u konvenčního zemědělství: 0,61 (září – řádek), zatímco u ekologického byla nejvyšší hodnota 0,58 (září – meziřádek). Nejnižší hodnota byla 0,45 u ekologického zemědělství (květen – řádek) a 0,49 u konvenčního (červenec – meziřádek). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 7. Porovnání výsledků v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 47. Porovnání výsledků ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent je v příloze č. 48.

## 5.3 Hydrofyzikální vlastnosti

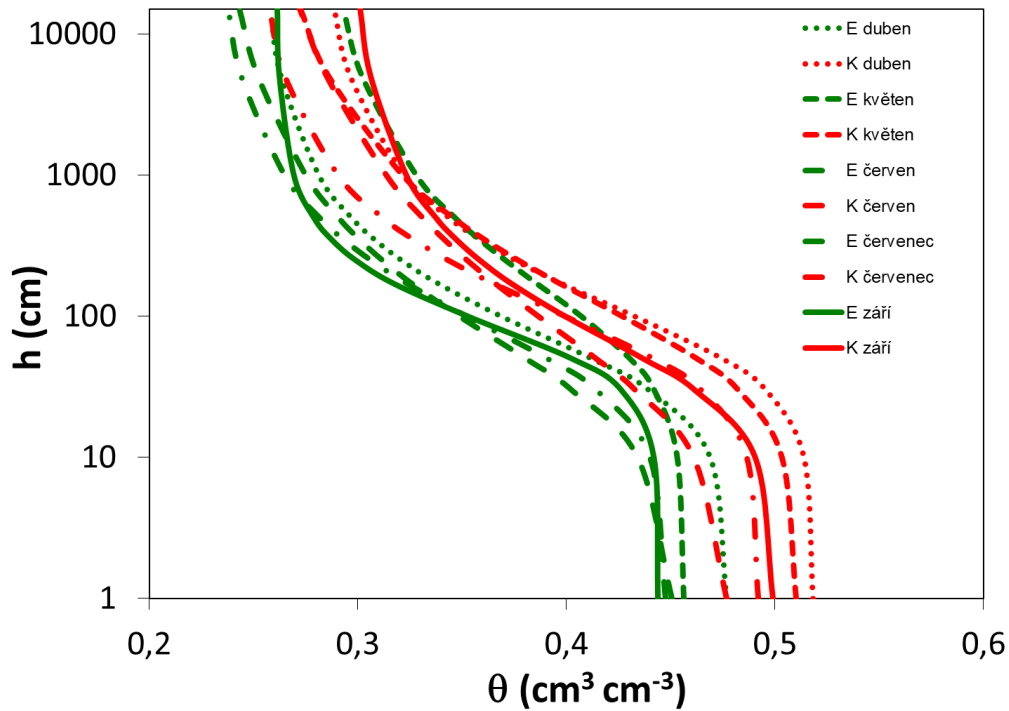
### 5.3.1 Přetlakový aparát

#### 5.3.1.1 Hydraulické vlastnosti

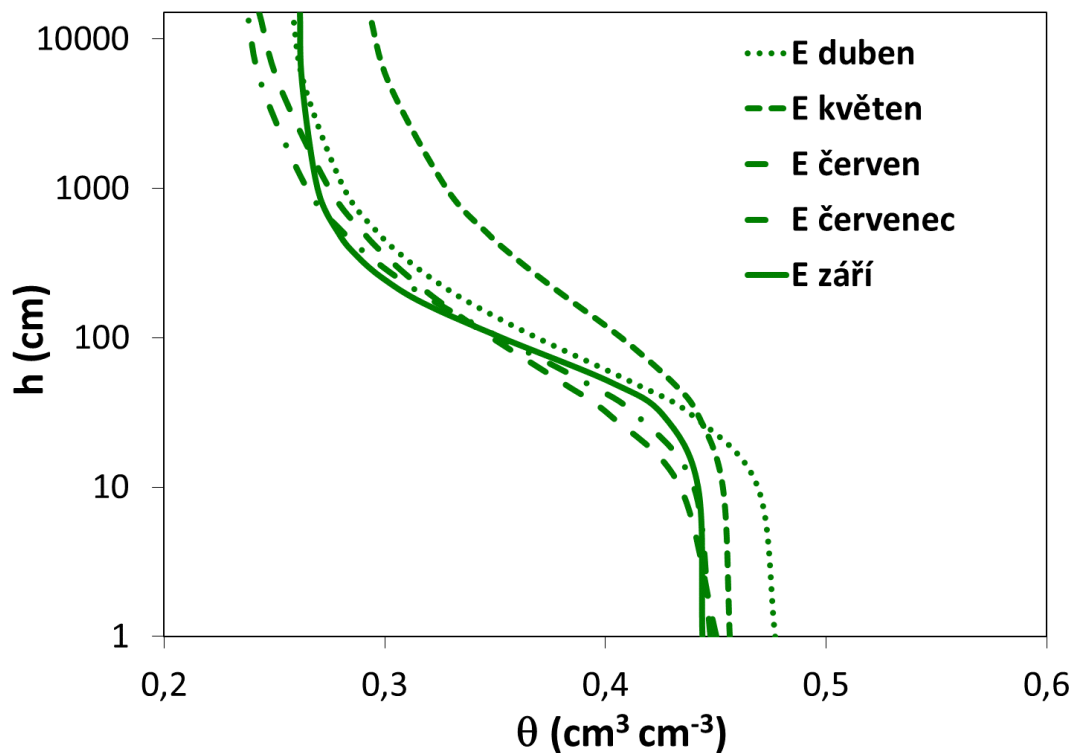
##### Retenční čáry půdní vlhkosti

V grafu (obr. 25.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro pět odběrů v průběhu vegetačního období v obou typech hospodaření. V grafu (obr. 26.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro pět odběrů v průběhu vegetačního období pro variantu ekologického zemědělství. V grafu (obr. 27.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro pět odběrů v průběhu vegetačního období pro variantu konvenčního zemědělství. V grafu (obr. 28.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro dubnový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 29.) jsou zobrazeny průměrné tvary

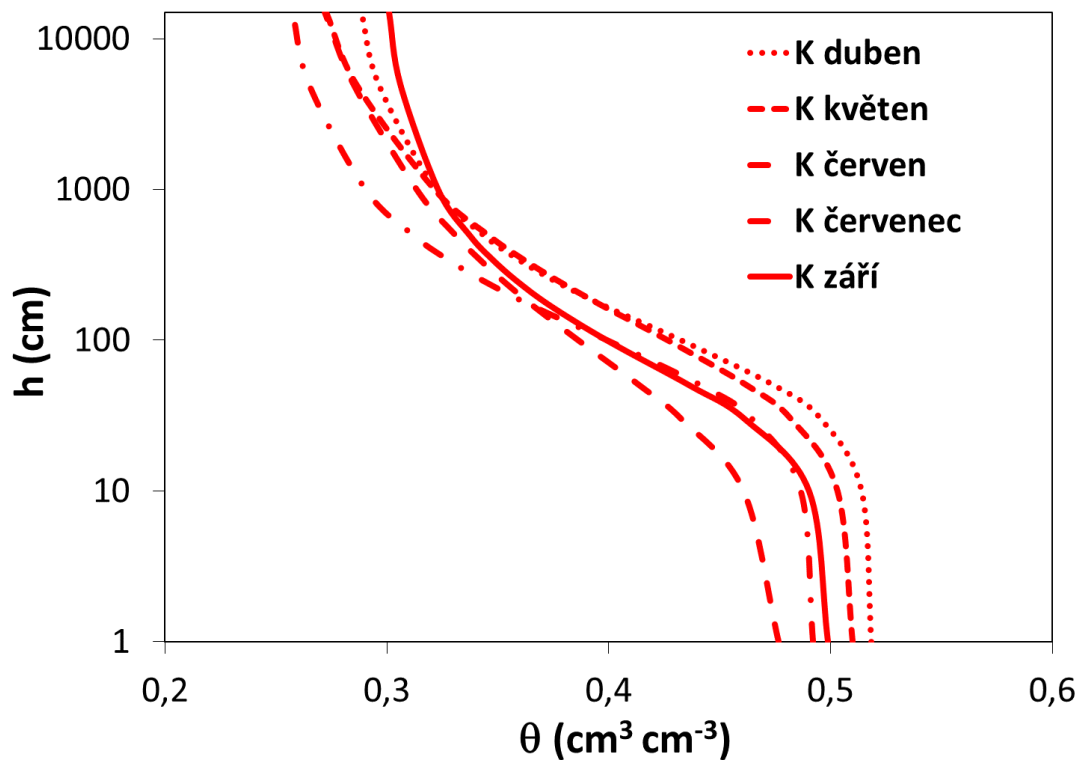
retenčních čar pro květnový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 30.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro červnový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 31.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro červencový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 32.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro odběr září v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek.



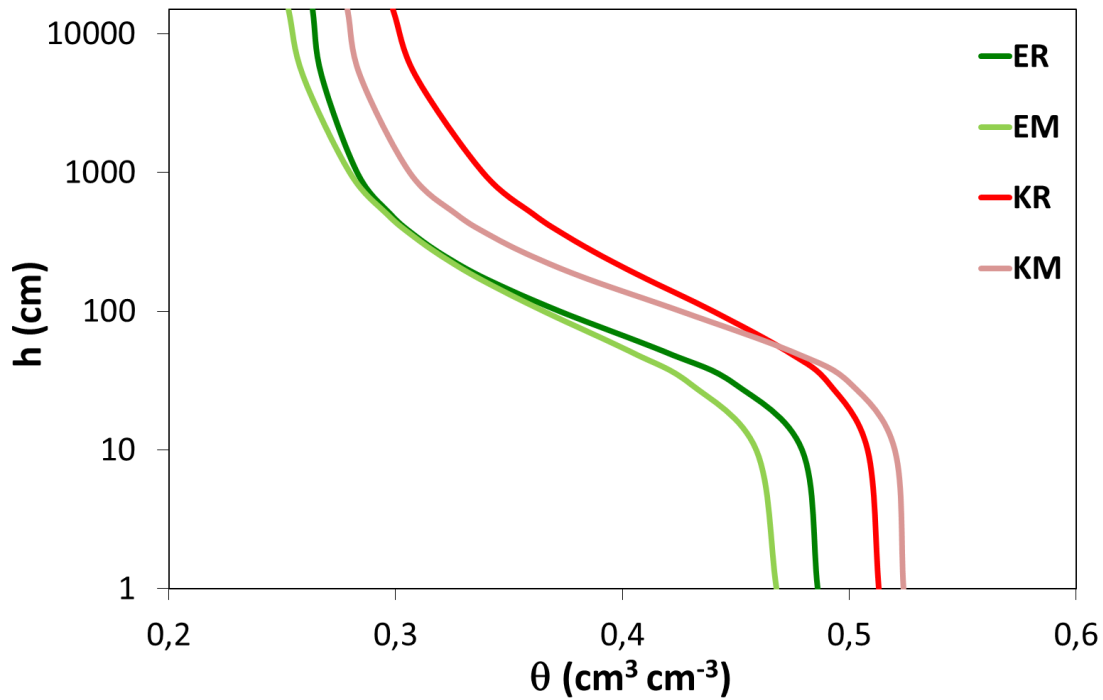
Obrázek 25. Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z přetlakového aparátu pro konvenční (K) (červeně) i ekologické (E) (zeleně) zemědělství, za jednotlivé odběry.



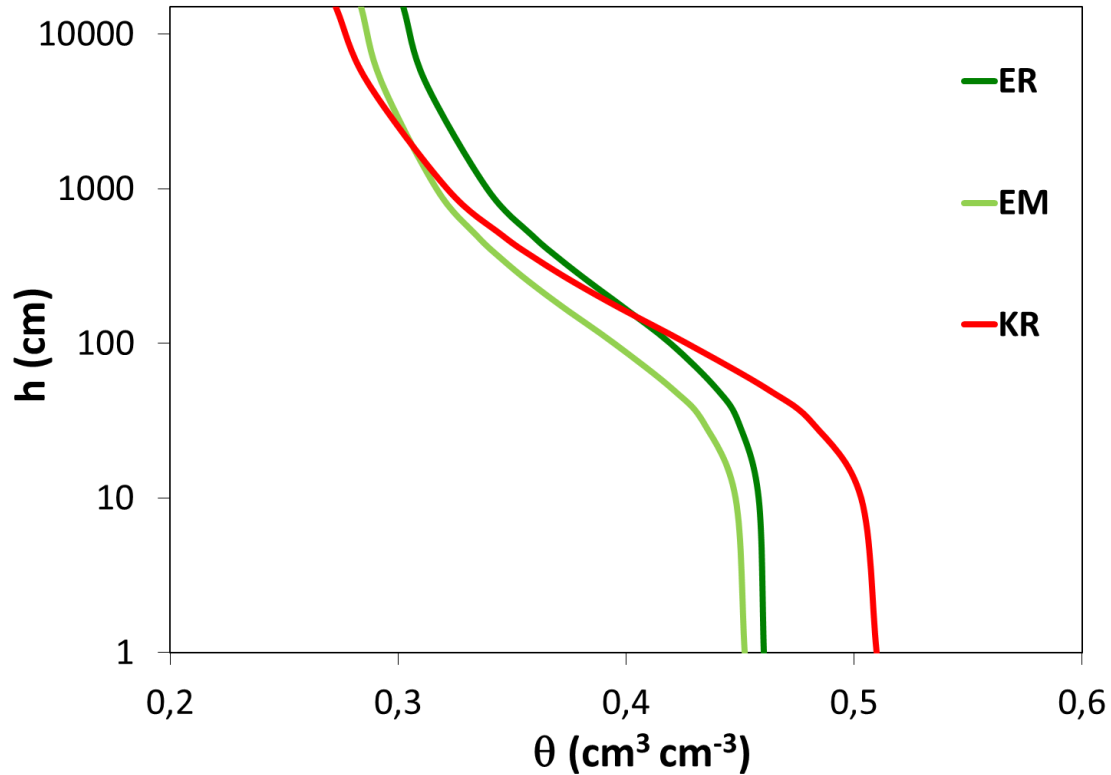
Obrázek 26. Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z přetlakového aparátu pro ekologické (E) (zeleně) zemědělství za jednotlivé odběry.



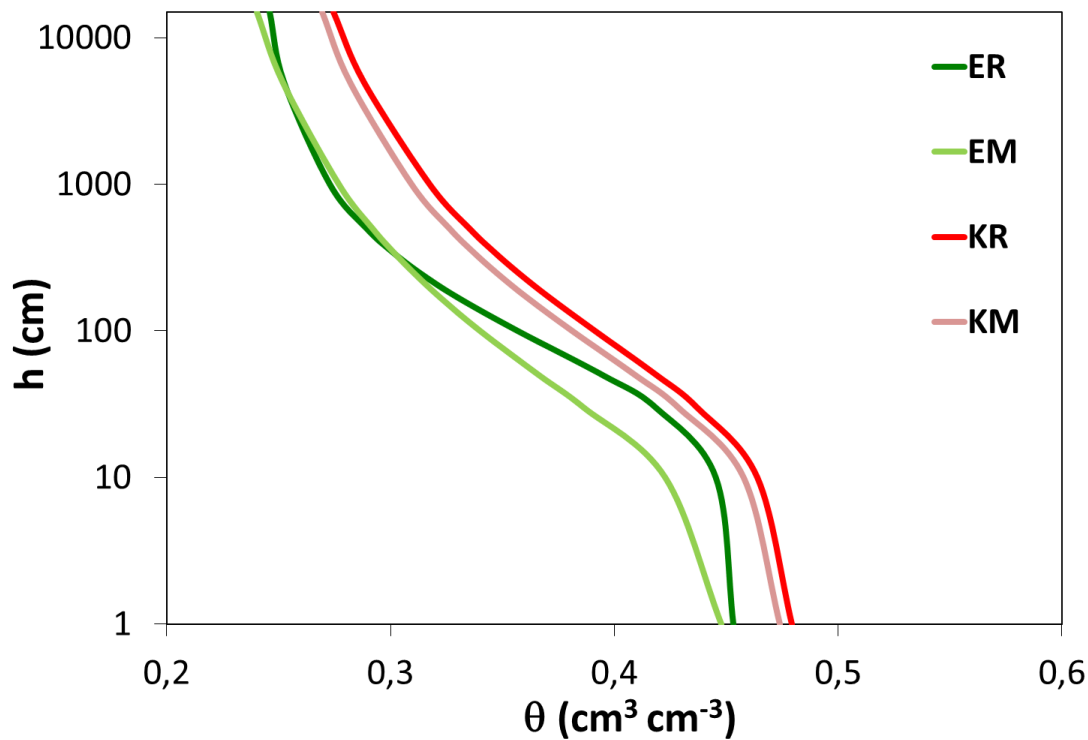
Obrázek 27. Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z přetlakového aparátu pro konvenční zemědělství (K)(červeně) za jednotlivé odběry.



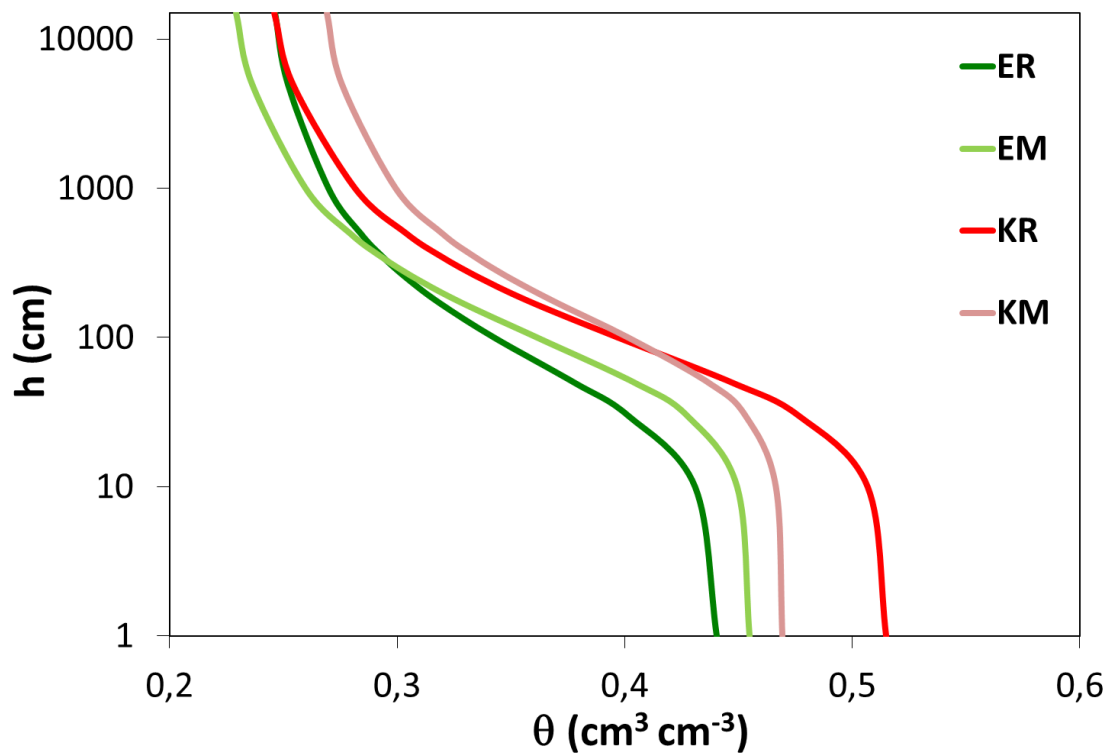
Obrázek 28. Průměrné tvary retenčních čar získaných z přetlakového aparátu – dubnový odběr, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně), konvence – meziřádek (KM, růžově).



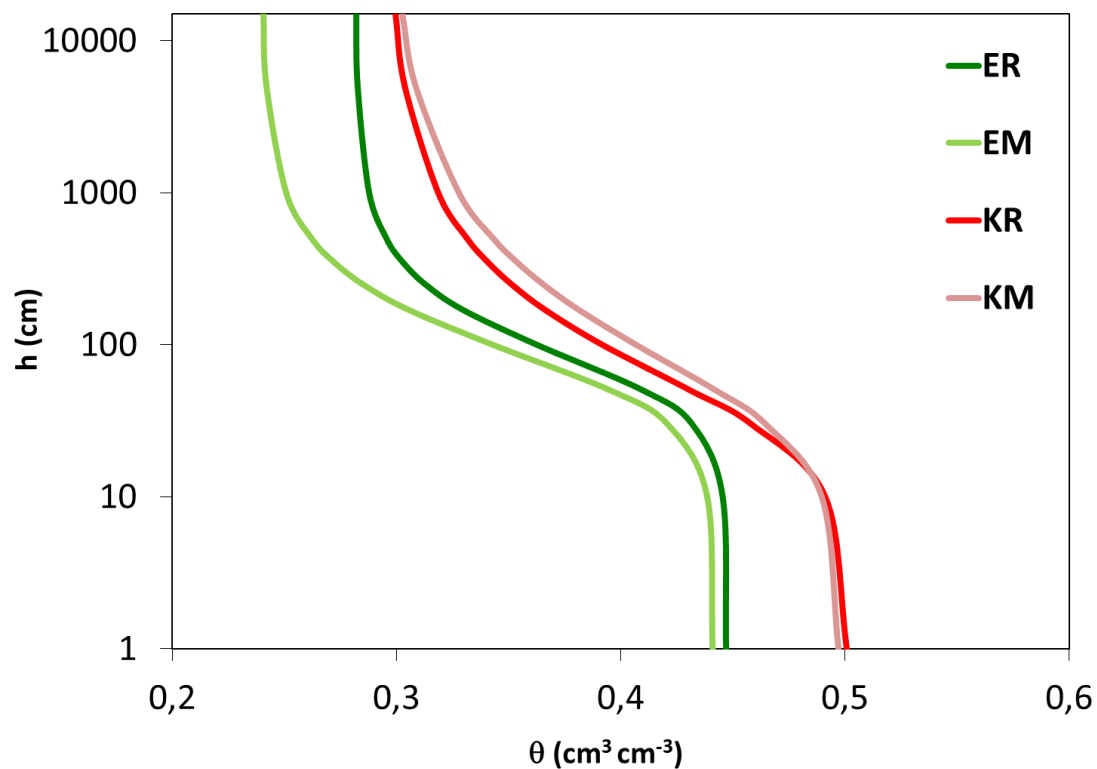
Obrázek 29. Průměrné tvary retenčních čar získaných z přetlakového aparátu – květnový odběr, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně).



Obrázek 30. Průměrné tvary retenčních čar získaných z přetlakového aparátu – červenový odběr, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně), konvence – meziřádek (KM, růžově).



Obrázek 31. Průměrné tvary retenčních čar získaných z přetlakového aparátu – červenový odběr, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně), konvence – meziřádek (KM, růžově).



Obrázek 32. Průměrné tvary retenčních čar získaných z přetlakového aparátu – odběr září, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně), konvence – meziřádek (KM, růžově).

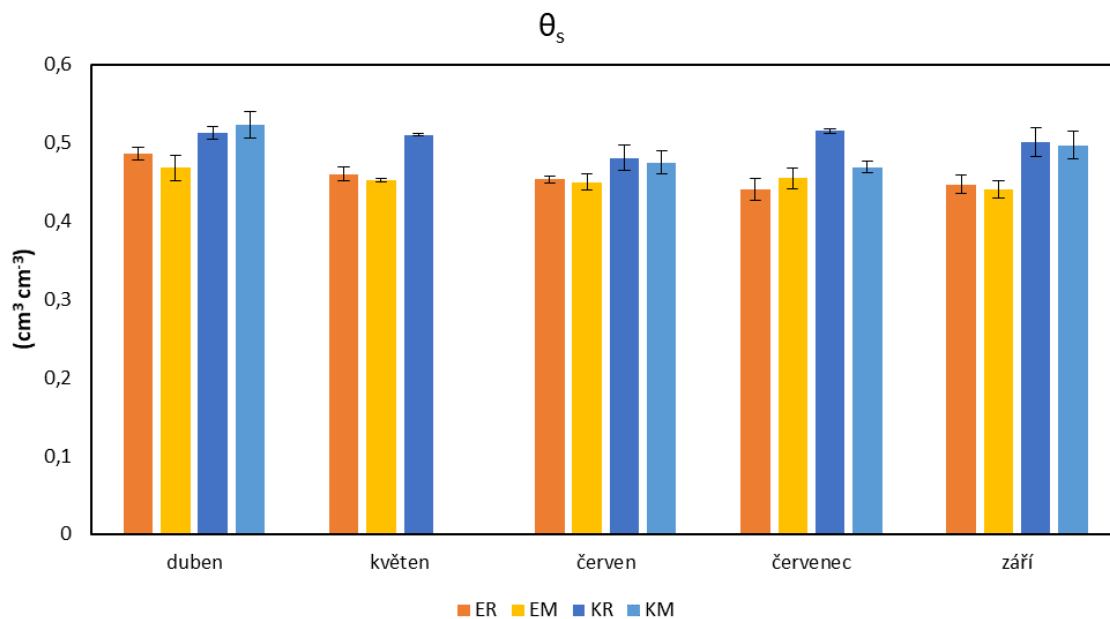
### 5.3.1.2 Parametry retenčních čar

Výsledné průměrné hodnoty hydraulických parametrů, získaných z přetlakového aparátu a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 113. Výsledné hodnoty nasycené vlhkosti ( $\theta_s$ ), reziduální vlhkosti ( $\theta_r$ ),  $\alpha$ ,  $n$  a jejich směrodatné odchylky (přetlakový aparát).

Odběr	Var.	$\theta_s$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\theta_r$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\alpha$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$n$ (-)
Duben	EŘ	0,49±0,01	0,26±0,01	0,02±0	1,75±0,09
	EM	0,47±0,02	0,25±0,01	0,03±0	1,58±0,05
	KŘ	0,51±0,01	0,28±0,01	0,02±0	1,53±0,08
	KM	0,52±0,02	0,27±0,02	0,02±0	1,77±0,15
Květen	EŘ	0,46±0,01	0,29±0,01	0,01±0	1,51±0,04
	EM	0,45±0	0,27±0,02	0,02±0	1,49±0,09
	KŘ	0,51±0	0,25±0,03	0,02±0	1,46±0,12
Červen	EŘ	0,45±0	0,24±0,02	0,02±0	1,58±0,04
	EM	0,45±0,01	0,21±0,03	0,08±0,02	1,3±0,05
	KŘ	0,48±0,02	0,23±0,06	0,05±0,03	1,32±0,14
	KM	0,48±0,02	0,23±0,03	0,05±0,02	1,33±0,12
Červenec	EŘ	0,44±0,01	0,24±0,01	0,03±0	1,56±0,03
	EM	0,46±0,01	0,22±0,03	0,02±0	1,64±0,12
	KŘ	0,52±0	0,24±0,02	0,02±0	1,6±0,03
	KM	0,47±0,01	0,26±0,01	0,01±0	1,67±0,07
Září	EŘ	0,45±0,01	0,28±0,01	0,02±0	2,2±0,06
	EM	0,44±0,01	0,24±0,02	0,02±0	2,05±0,05
	KŘ	0,5±0,02	0,3±0,01	0,03±0	1,64±0,04
	KM	0,5±0,02	0,3±0,01	0,03±0	1,57±0,05

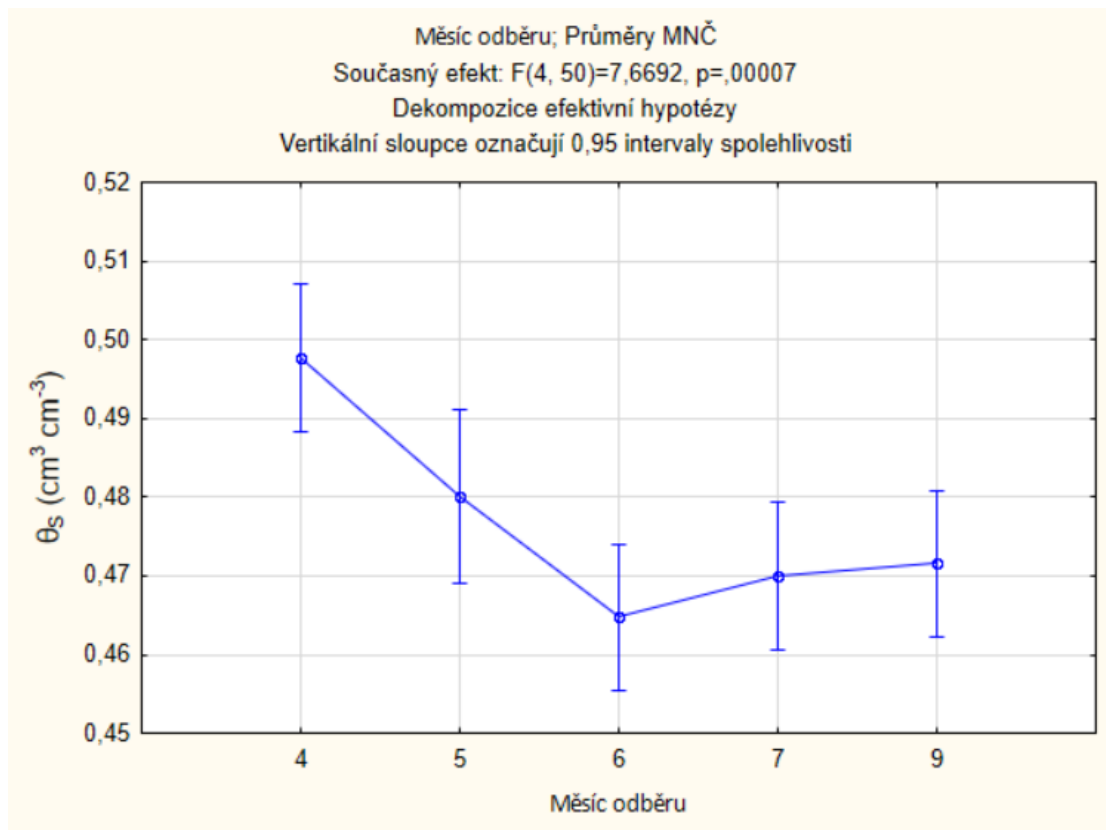
### 5.3.1.2.1 Nasycená půdní vlhkost ( $\theta_s$ )



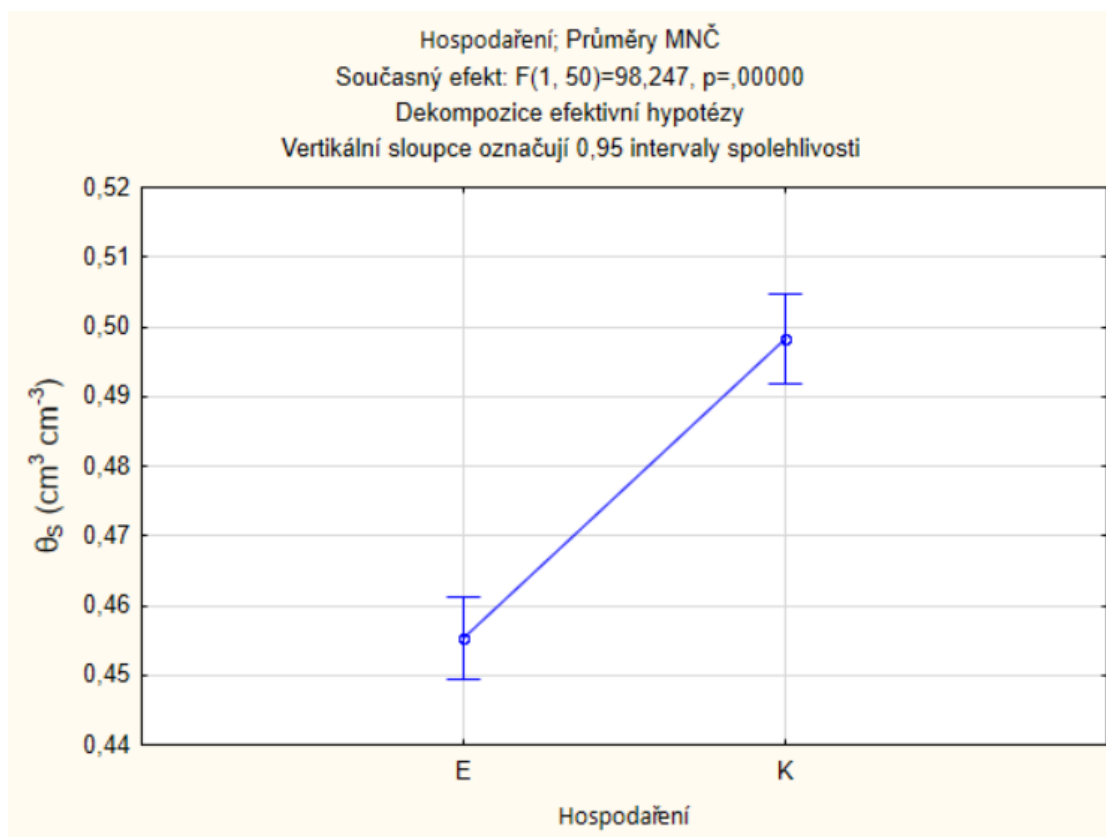
Obrázek 33. Graf výsledných hodnot nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) a směrodatné odchylky.

Z grafu (obr. 33.) vyplývá, že hodnoty nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) jsou v konvenčním zemědělství mírně vyšší než v ekologickém zemědělství. V obou typech hospodaření byly hodnoty v průběhu sezony vyšší pro variantu řádek, až na měsíc červenec u ekologického, a na měsíc duben u konvenčního zemědělství, kde byla vyšší hodnota u varianty meziřádek. Nejvyšší hodnota nasycené vlhkosti půdy ( $\theta_s$ ) v ekologickém zemědělství: 0,49, byla stanovena u varianty řádek v měsíci dubnu, nejnižší hodnota: 0,44 u varianty řádek v červenci. V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota stanovena u varianty duben-meziřádek: 0,52, zatímco nejnižší u varianty červenec meziřádek: 0,47. Hodnoty nevykazují výrazné sezónní změny.

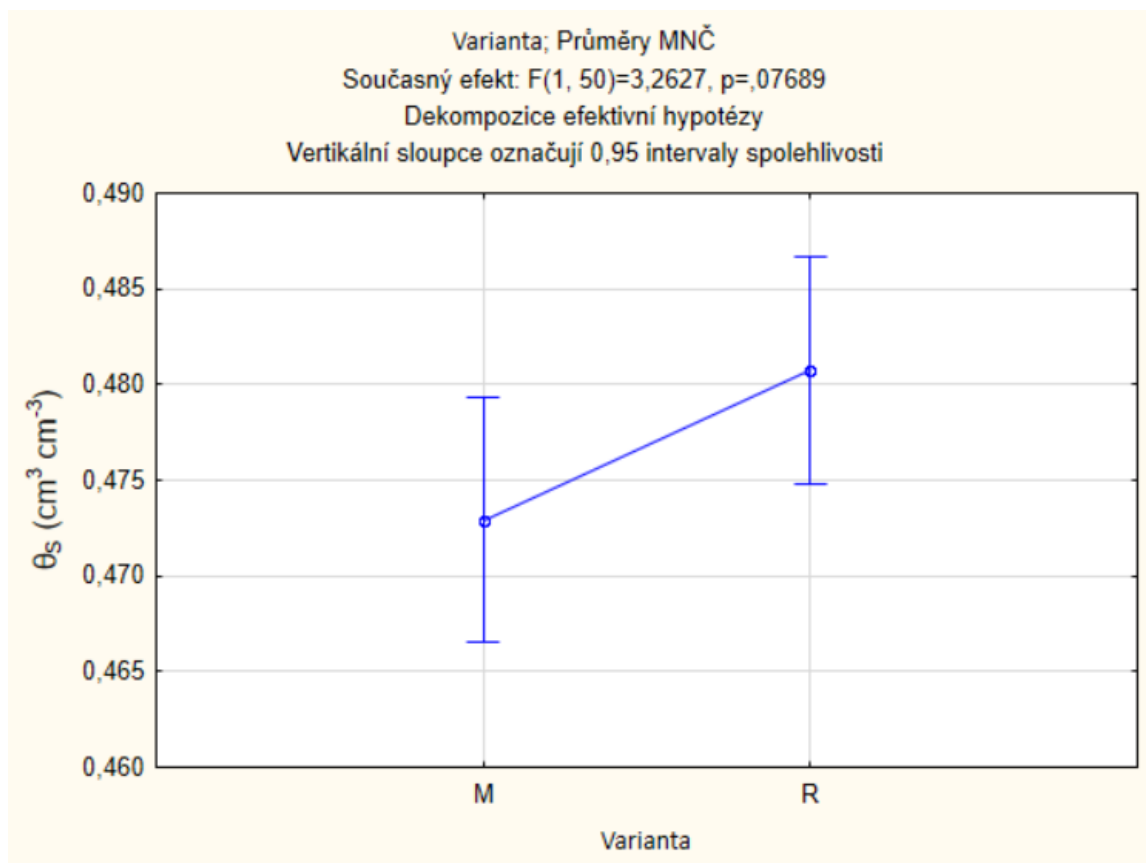




Obrázek 34. Porovnání výsledků nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



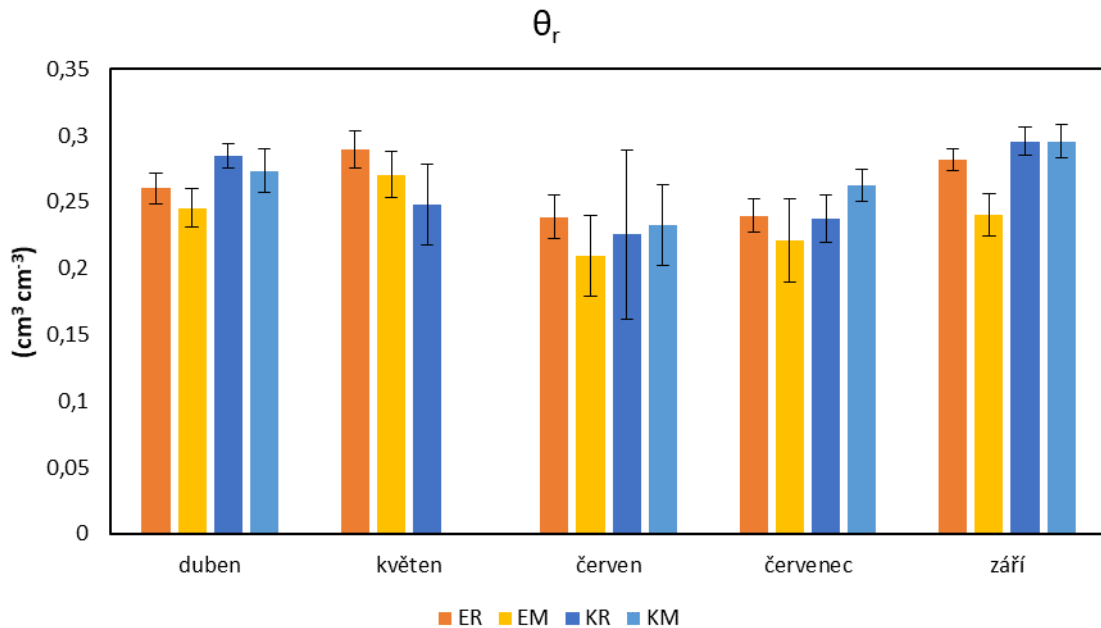
Obrázek 35. Porovnání výsledků nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 36. Porovnání výsledků nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

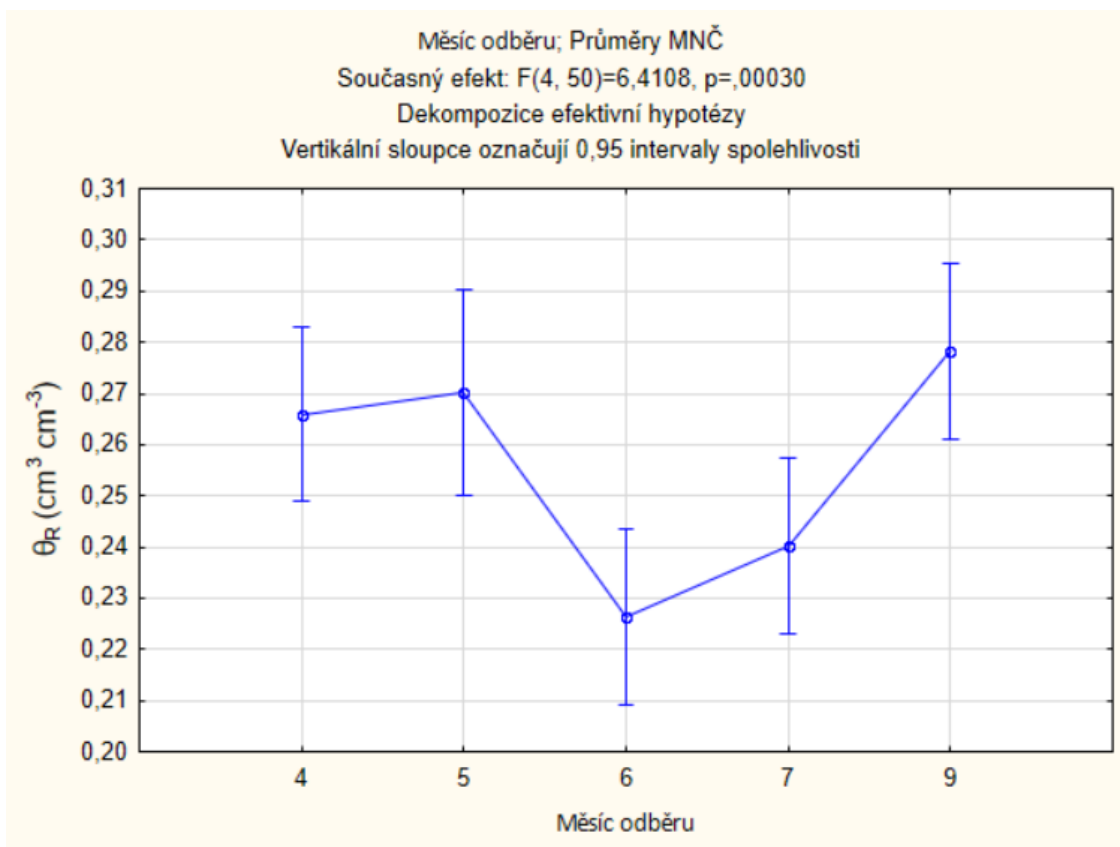
Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) jsou vyšší v konvenčním zemědělství, tyto rozdíly jsou statisticky významné (viz obr. 35.). Rozdíly v hodnotách nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) v jednotlivých odběrech jsou též statisticky významné (viz obr. 34.), zatímco rozdíly variant řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 36.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 8.

### 5.3.1.2.2 Residuální vlhkost půdy ( $\theta_r$ )

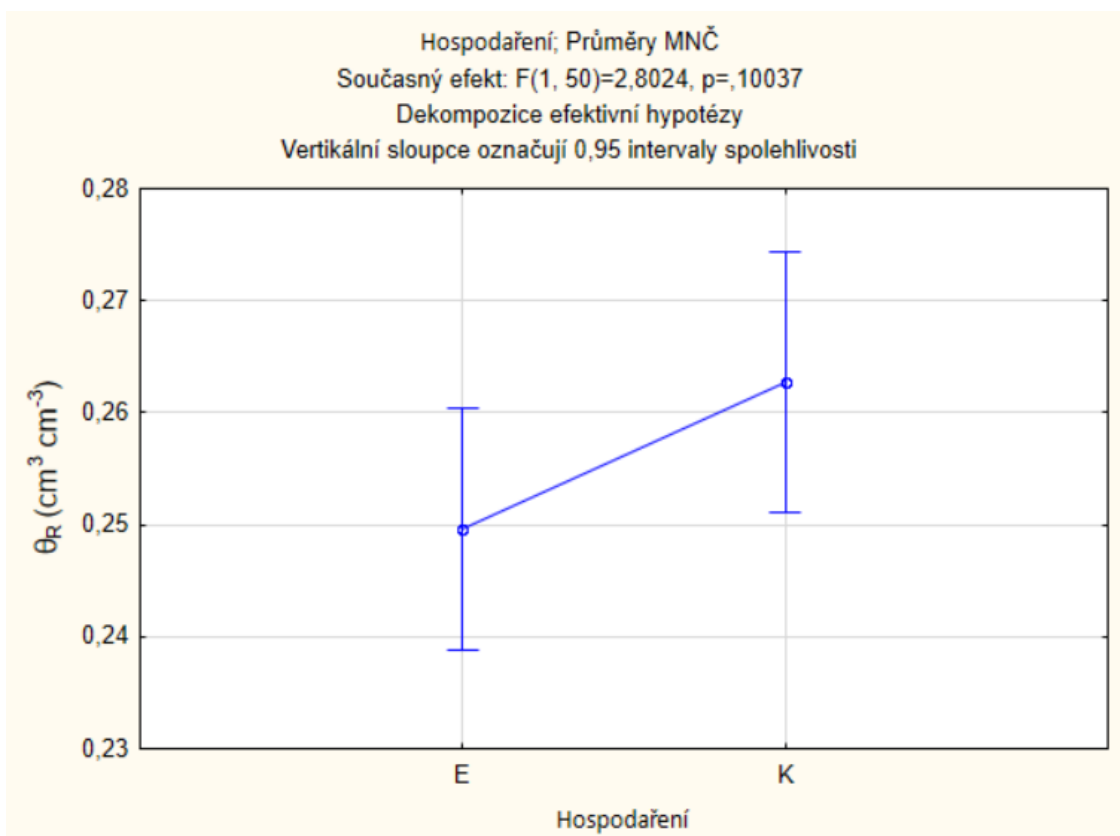


Obrázek 37. Graf výsledných hodnot reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) a směrodatné odchylky.

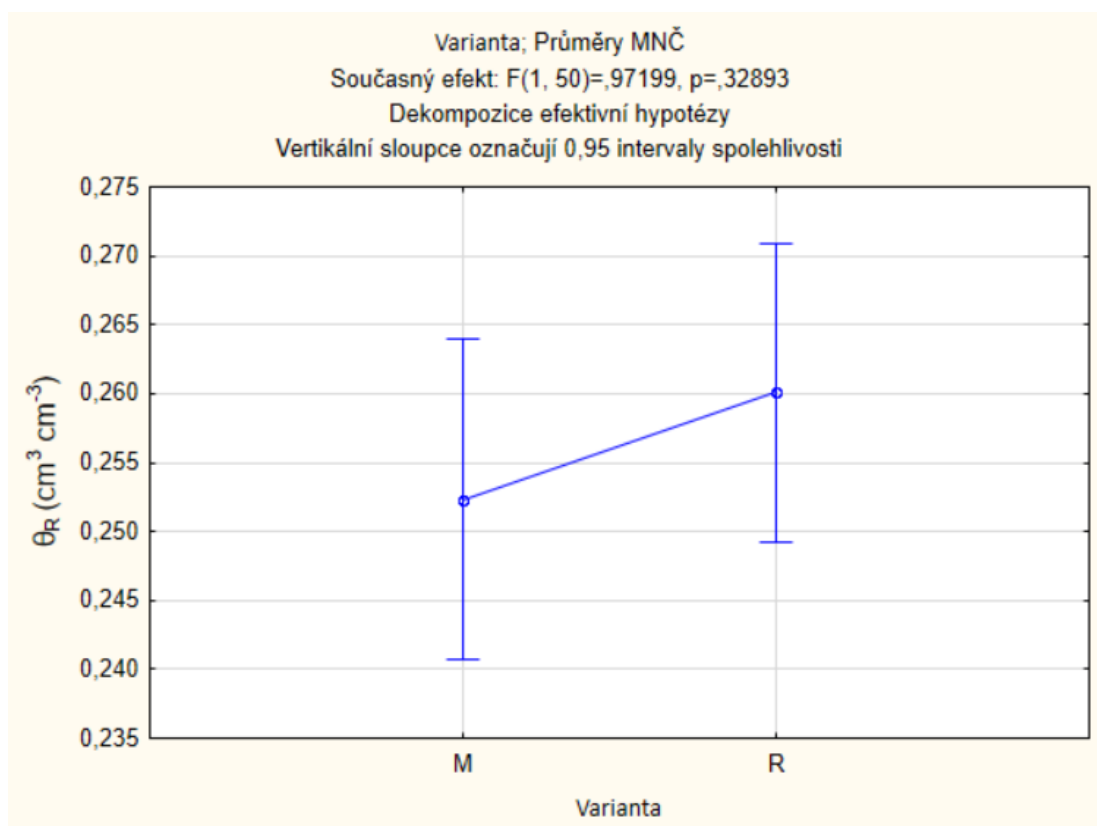
Z grafu (obr. 37.) vyplývá, že hodnoty reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) jsou si v konvenčním zemědělství a v ekologickém zemědělství velmi podobné. V ekologickém typu hospodaření byly hodnoty v průběhu sezony vyšší pro variantu řádek, zatímco u konvenčního zemědělství neměla varianta vliv. Nejvyšší hodnota reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) v ekologickém zemědělství: 0,29, byla stanovena u varianty řádek v měsíci květnu, nejnižší hodnota: 0,21 u varianty mezířádek v červnu. V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota stanovena u varianty září-řádek: 0,30, zatímco nejnižší u varianty červen-řádek: 0,23. Hodnoty byly vyšší na začátku a ke konci sezóny, zatímco v měsíci červnu a červenci byly nejnižší.



Obrázek 38. Porovnání výsledků reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



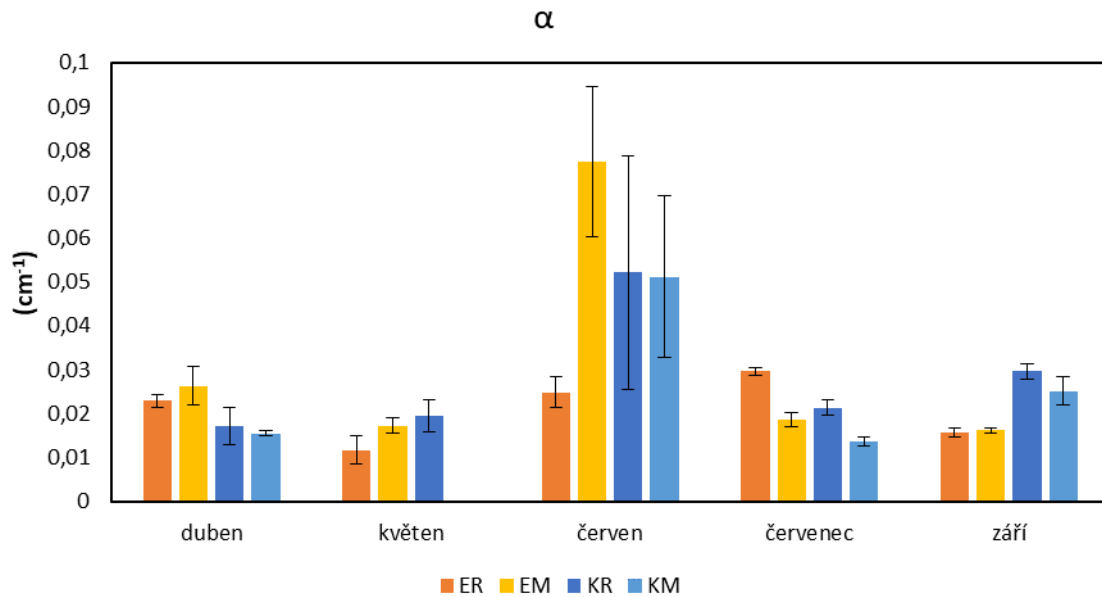
Obrázek 39. Porovnání výsledků reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 40. Porovnání výsledků reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_R$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

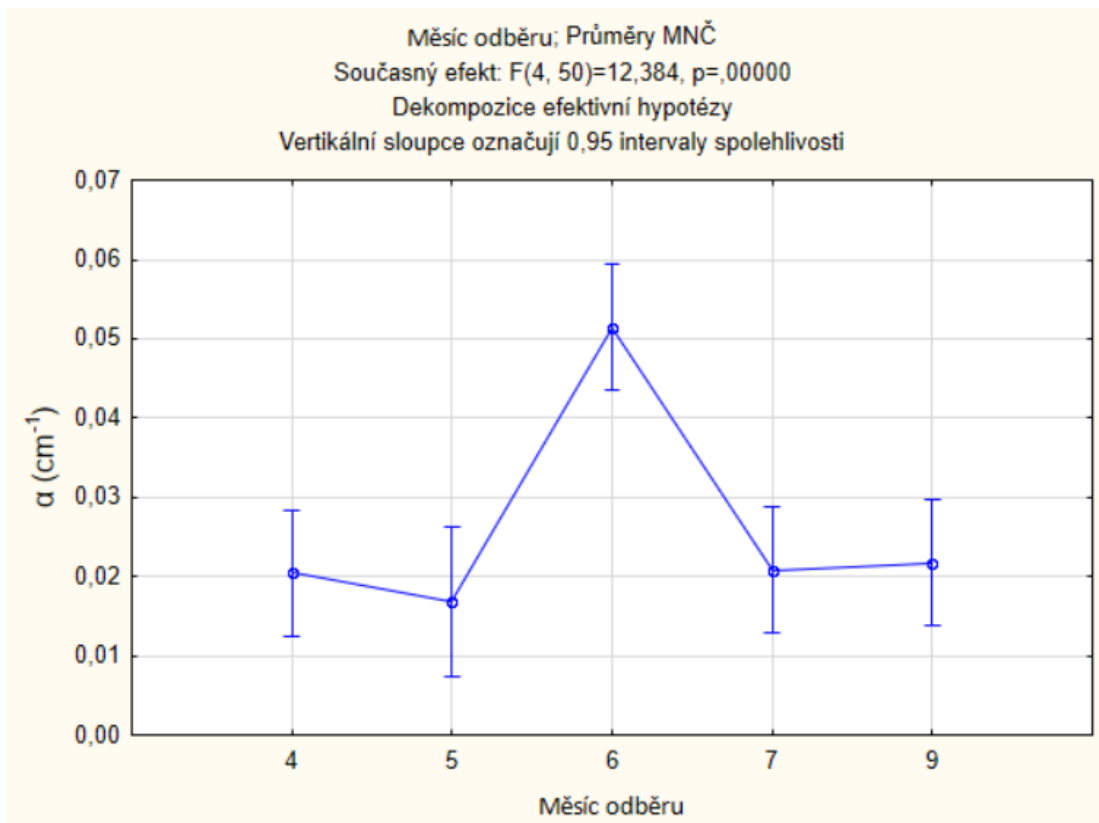
Za použití statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) jsou vyšší v konvenčním zemědělství, tyto rozdíly jsou statisticky významné (viz obr. 39.). Rozdíly reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) v jednotlivých odběrech jsou též statisticky významné (viz obr. 38.), zatímco rozdíly variant řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 40). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 9.

### 5.3.1.2.3 Parametr $\alpha$ zakřivení retenční čáry

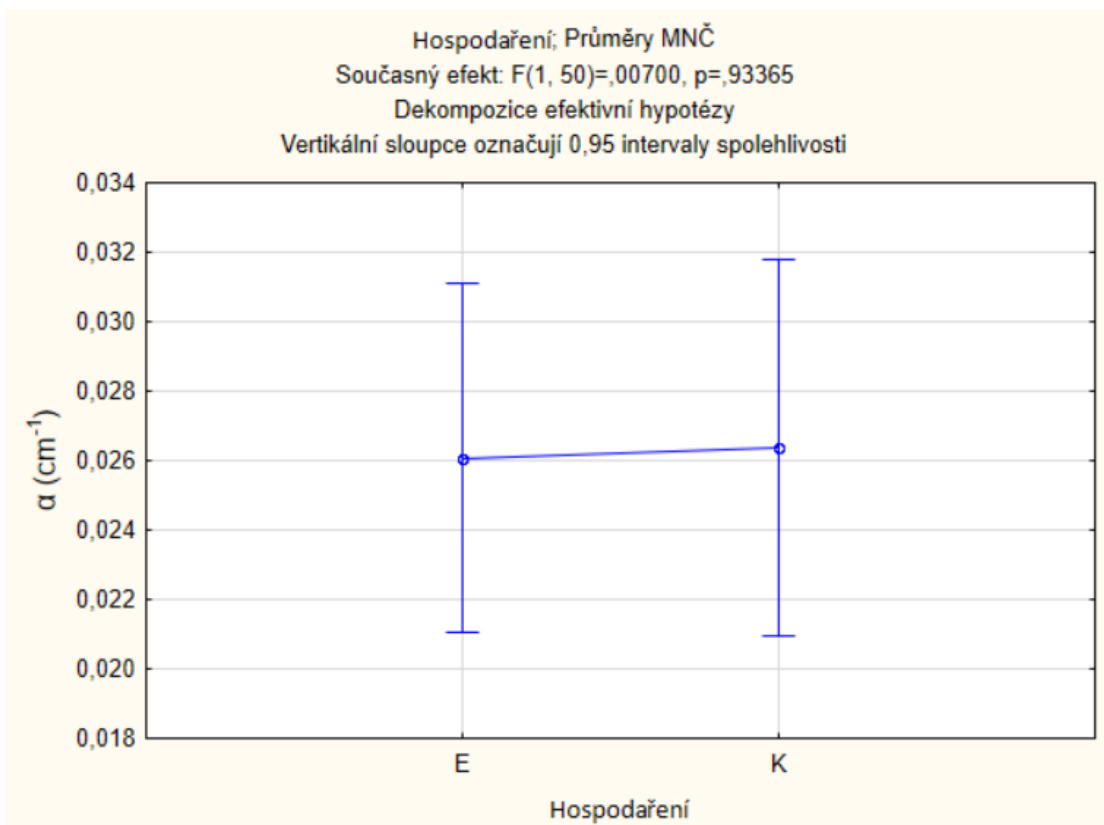


Obrázek 41. Graf výsledných hodnot parametru  $\alpha$  zakřivení retenční čáry a směrodatné odchylky.

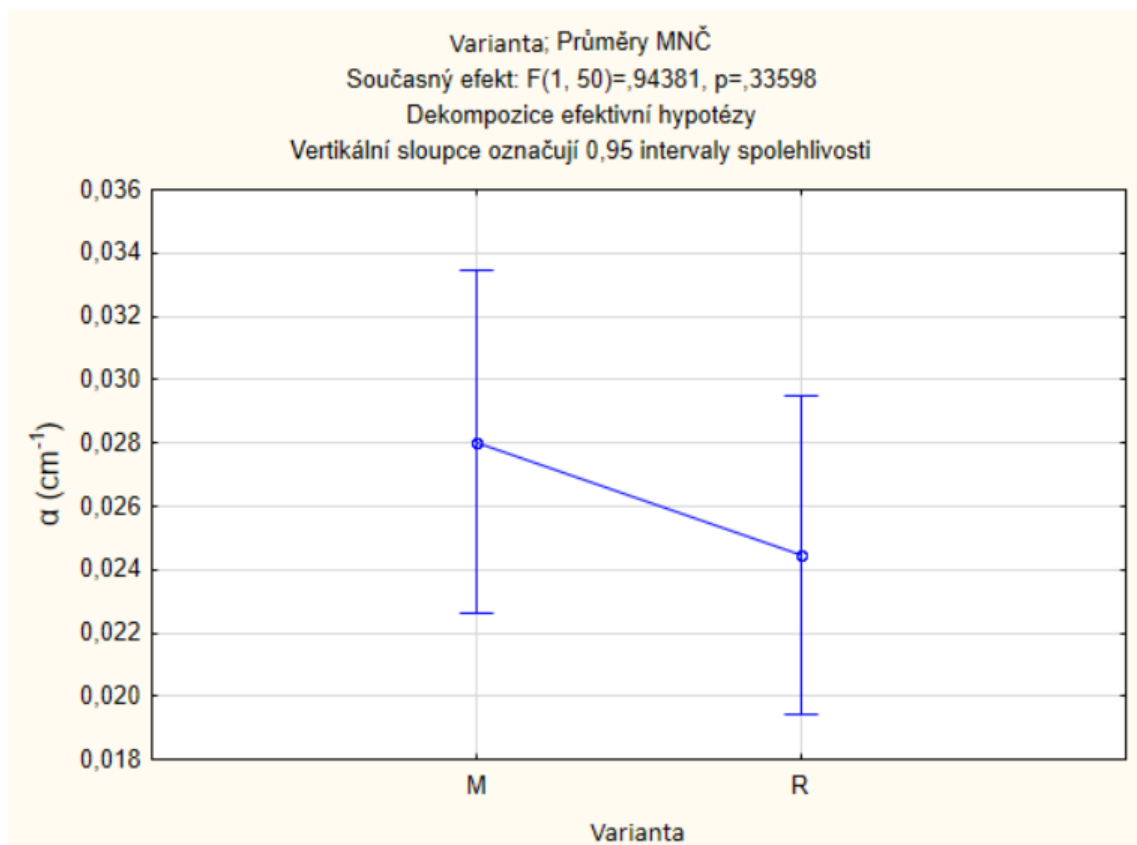
Výsledky grafu (obr. 41.) naznačují, že hodnoty parametru zakřivení retenční čáry půdní vlhkosti ( $\alpha$ ) nabývají v průběhu sezóny výrazných změn. Výrazně vyšší hodnoty byly stanoveny u obou typů hospodaření pro měsíc červen. Nejvyšší hodnota v ekologickém zemědělství byla získána u varianty červen-mezirádek: 0,08, zatímco nejnižší u varianty květen-řádek 0,01. V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota získána u varianty červen-řádek: 0,05 a nejnižší u varianty červenec-mezirádek: 0,01.



Obrázek 42. Porovnání výsledků parametru  $\alpha$  zakřivení retenční čáry v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 43. Porovnání výsledků parametru  $\alpha$  zakřivení retenční čáry ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

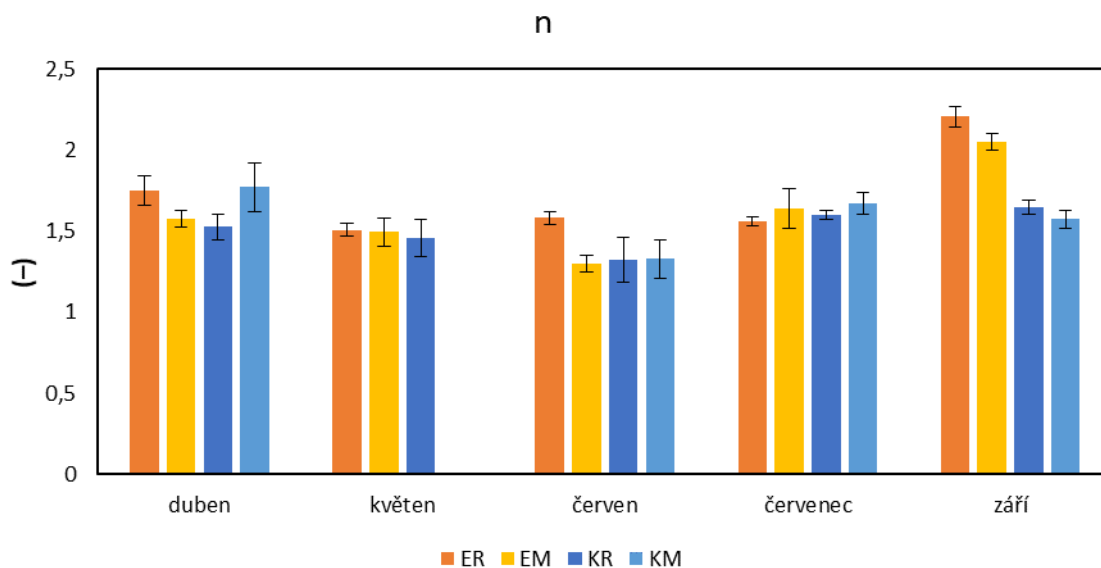


Obrázek 44. Porovnání výsledků parametru  $\alpha$  zakřivení retenční čáry variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru zakřivení retenční čáry půdní vlhkosti ( $\alpha$ ) v různých typech hospodaření a ve variantách řádek a meziřádek nejsou statisticky významné (viz obr. 43. a obr. 44.), zatímco rozdíly v hodnotách parametru zakřivení retenční čáry půdní vlhkosti ( $\alpha$ ) v jednotlivých odběrech statisticky významné jsou (viz obr. 42). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 10.

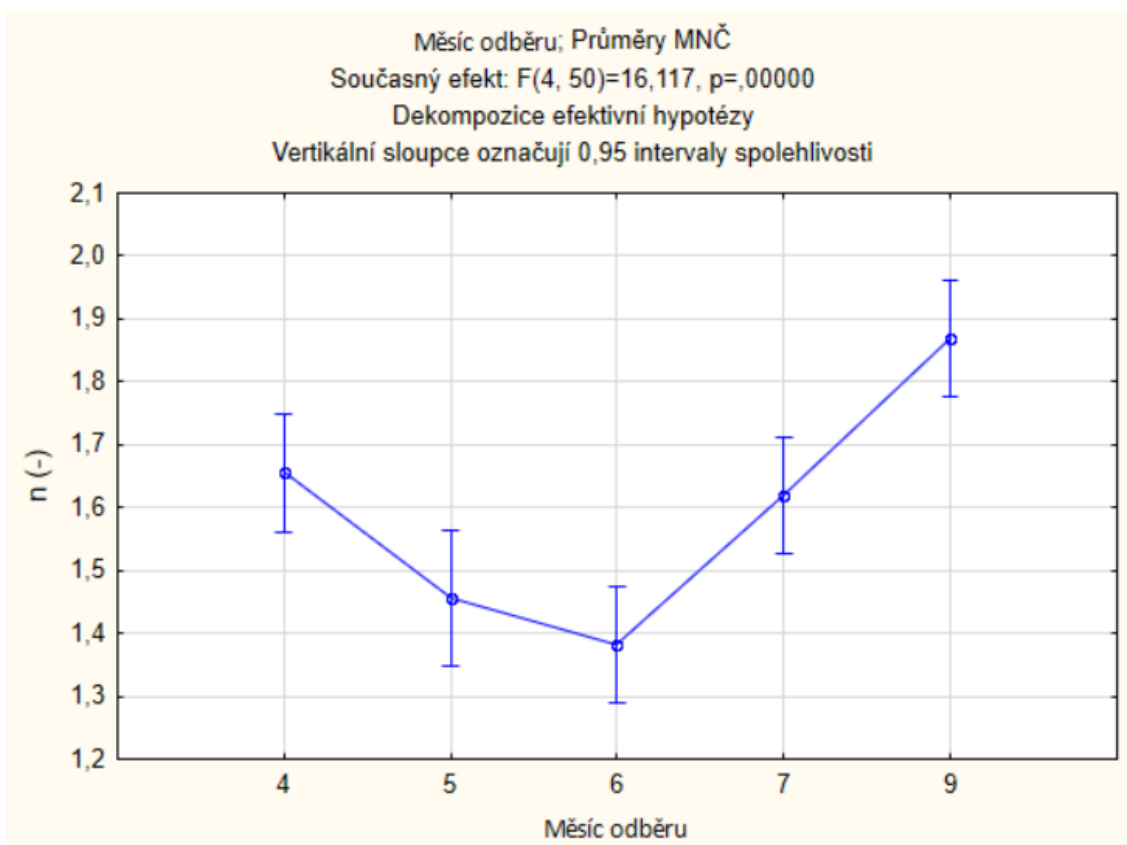


#### 5.3.1.2.4 Parametr $n$ zakřivení retenční čáry

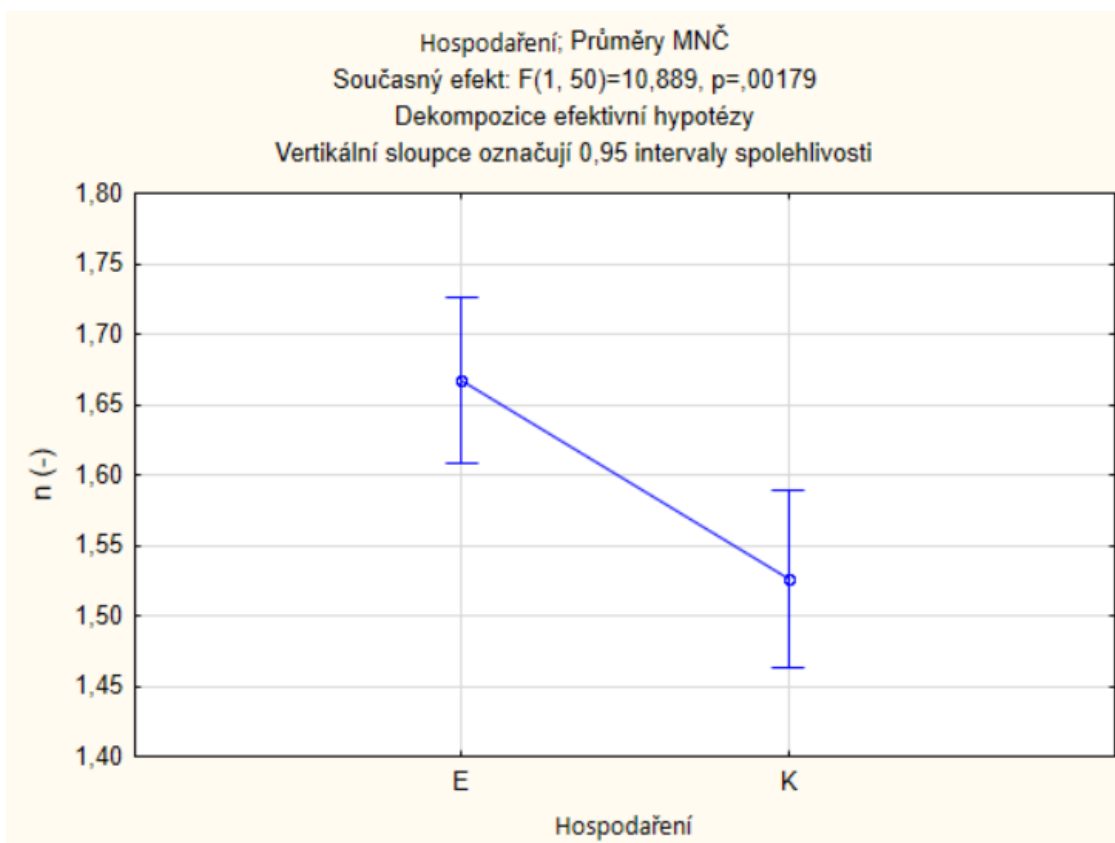


Obrázek 45. Graf výsledných hodnot parametru  $n$  zakřivení retenční čáry a směrodatné odchylky.

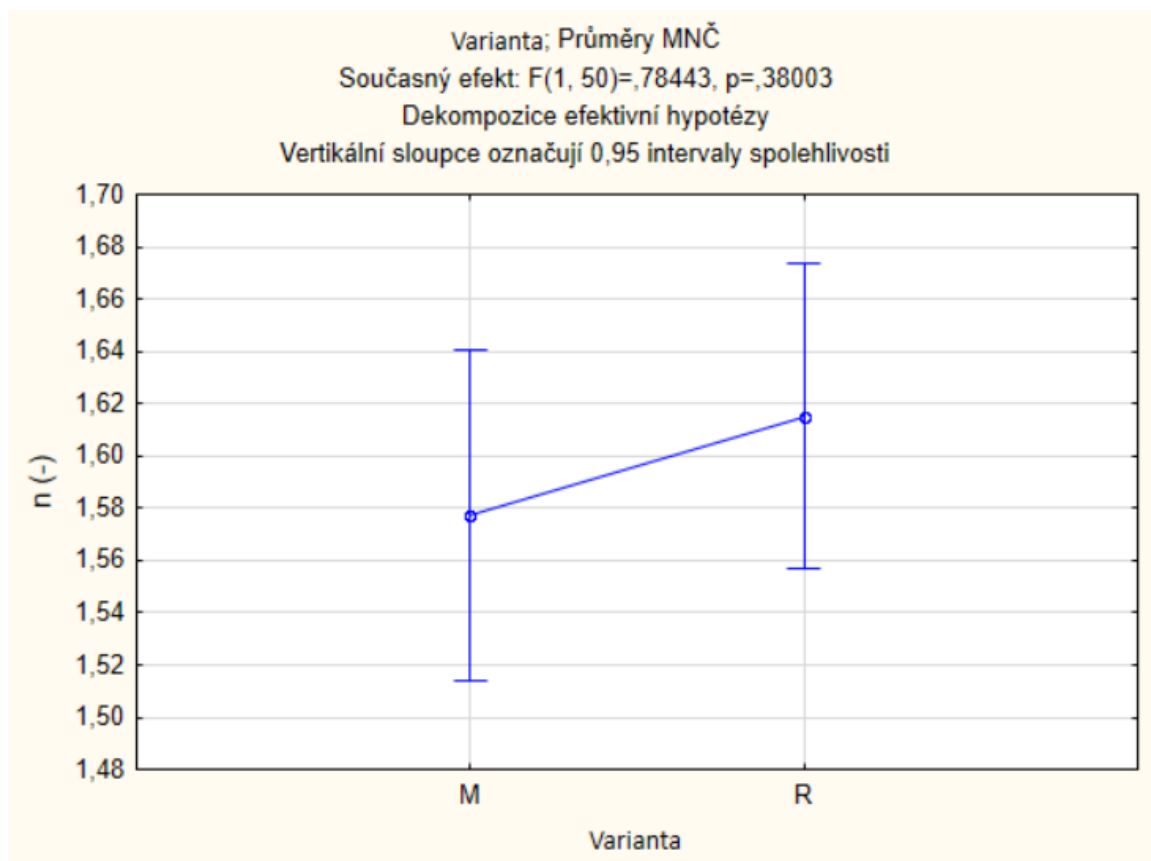
Dle grafu (obr. 45.) parametr ( $n$ ) zakřivení retenční čáry dosahuje nejnižších hodnot uprostřed sezóny, zatímco nejvyšších hodnot na konci sezóny v ekologickém zemědělství. Výrazně nejvyšší hodnota v ekologickém zemědělství byla získána u varianty září-řádek: 2,21, zatímco nejnižší u varianty červen-meziřádek 1,30. V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota získána u varianty duben-meziřádek: 1,77 a nejnižší u varianty červen-řádek: 1,32.



Obrázek 46. Porovnání výsledků  $n$  zakřivení retenční čáry v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 47. Porovnání výsledků  $n$  zakřivení retenční čáry ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 48. Porovnání výsledků  $n$  zakřivení retenční čáry variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Na základě statistického šetření ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty parametru ( $n$ ) zakřivení retenční čáry jsou vyšší v ekologickém zemědělství, tyto rozdíly jsou statisticky významné (viz obr. 47.). Rozdíly v hodnotách parametru ( $n$ ) zakřivení retenční čáry v jednotlivých odběrech jsou též statisticky významné (viz obr. 46.), zatímco rozdíly variant řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 48.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 11.

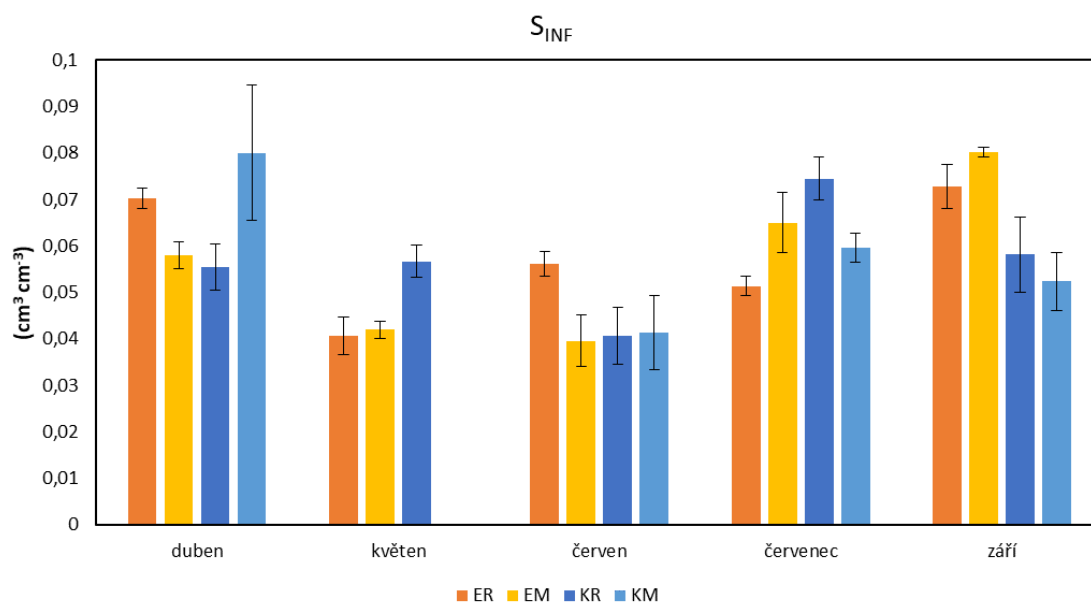
### 5.3.1.3 Parametry inflexních bodů

Výsledné průměrné hodnoty parametrů inflexních bodů získaných z přetlakového aparátu a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12. Výsledné hodnoty  $S_{INF}$ ,  $h_{INF}$ ,  $\theta_{INF}$  s jejich směrodatnými odchylkami získané z přetlakového aparátu.

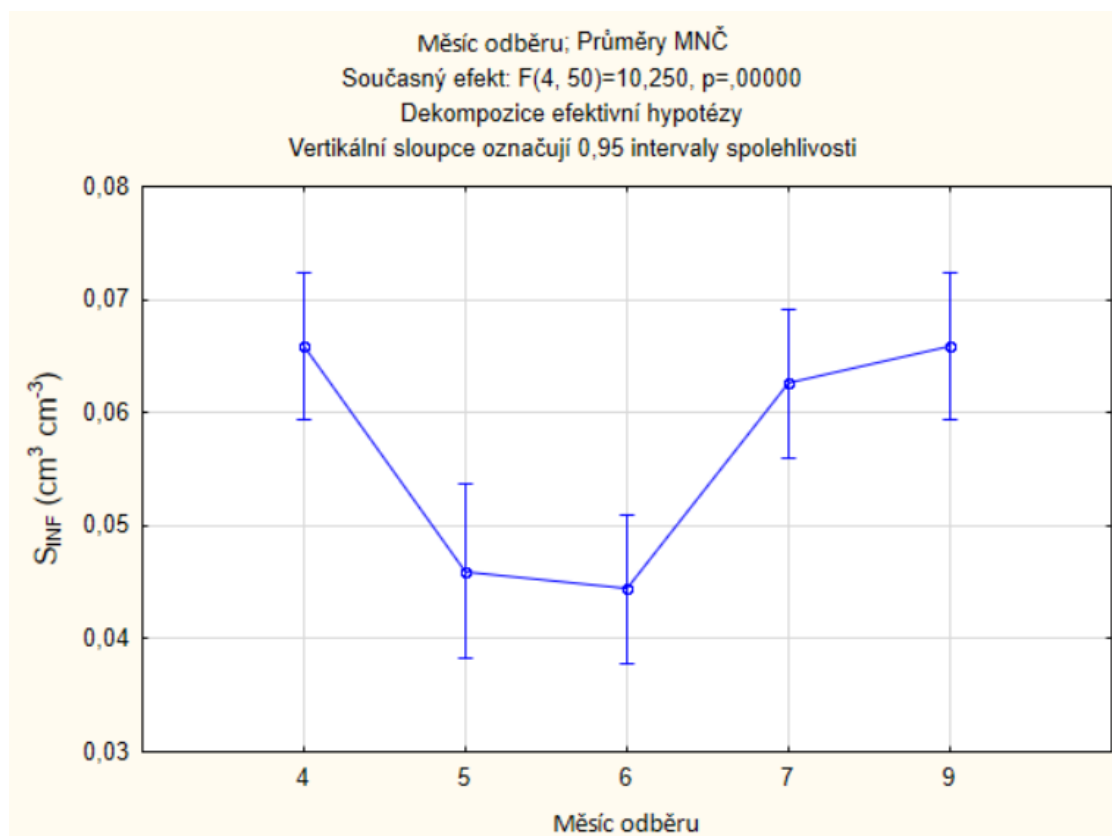
Odběr	Var.	$S_{INF}$ (-)	$h_{INF}$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\theta_{INF}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )
Duben	EŘ	0,07±0	71,87±5,38	0,4±0
	EM	0,06±0	73,57±8,87	0,38±0,02
	KŘ	0,06±0	123,72±14,49	0,43±0
	KM	0,08±0,01	106,24±11,76	0,42±0,01
Květen	EŘ	0,04±0	187,09±39,18	0,4±0
	EM	0,04±0	124,14±3,08	0,39±0
	KŘ	0,06±0	121,04±18,61	0,42±0,01
Červen	EŘ	0,06±0	77,75±13,72	0,37±0
	EM	0,04±0,01	41,61±5,53	0,37±0
	KŘ	0,04±0,01	76,09±19,4	0,4±0,02
	KM	0,04±0,01	67,9±15,92	0,4±0,01
Červenec	EŘ	0,05±0	65,21±1,23	0,36±0,01
	EM	0,06±0,01	97,56±9,96	0,36±0,02
	KŘ	0,07±0	87,43±8,7	0,41±0
	KM	0,06±0	127,78±18,05	0,39±0,01
Září	EŘ	0,07±0	83,64±4,03	0,38±0,01
	EM	0,08±0	85,52±1,42	0,36±0,01
	KŘ	0,06±0,01	59,96±1,27	0,42±0,01
	KM	0,05±0,01	76,63±5,65	0,42±0,01

#### 5.3.1.3.1 Parametr inflexního bodu ( $S_{INF}$ )

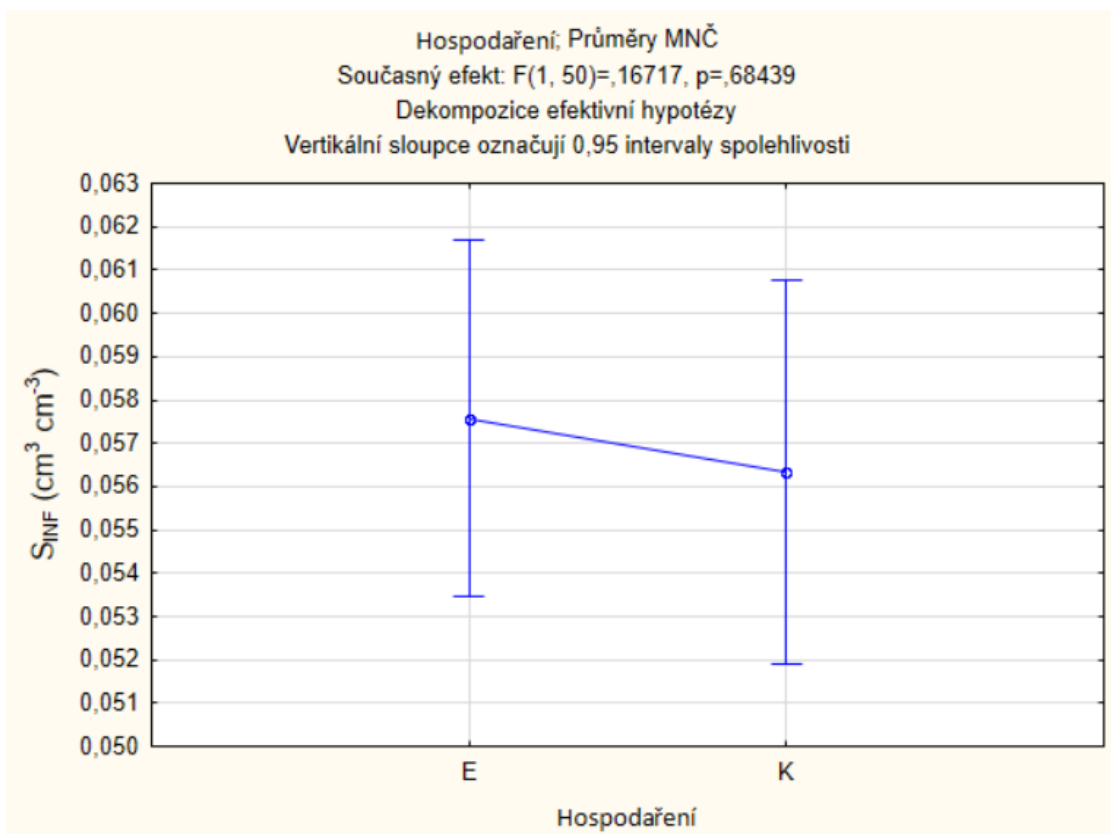


Obrázek 49. Graf výsledných hodnot parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) a směrodatné odchylky.

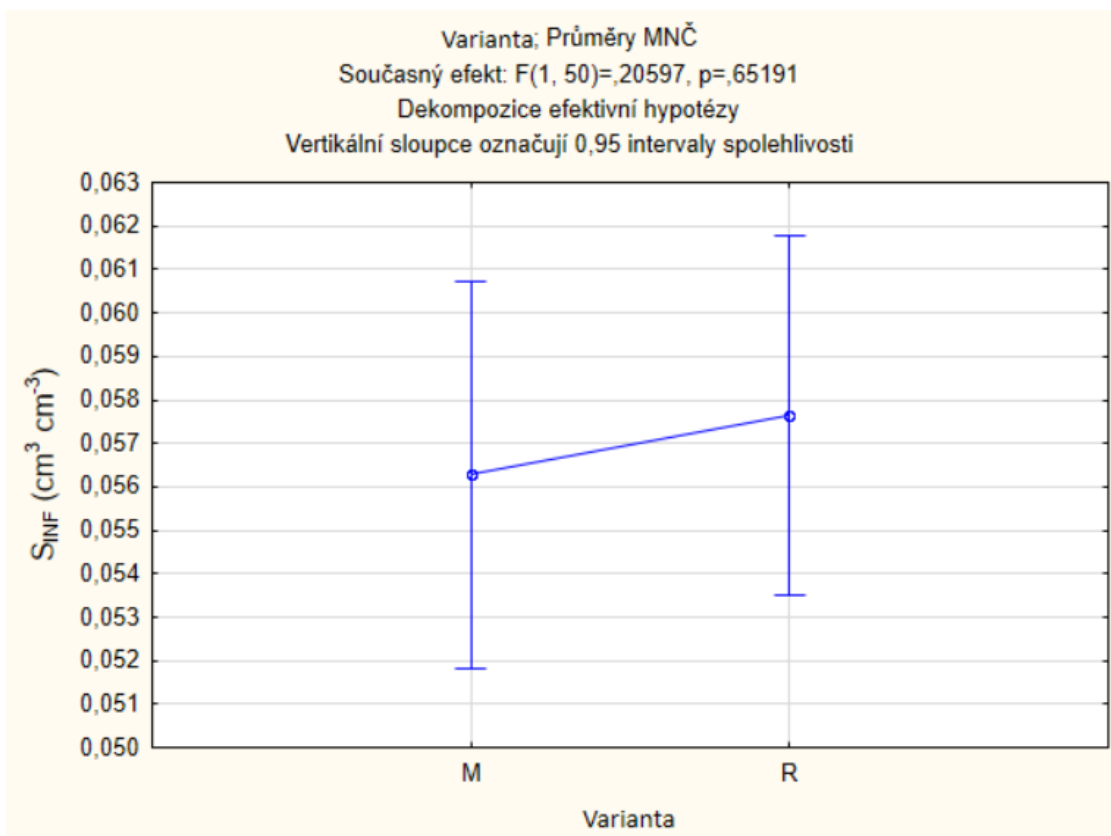
Dle grafu (obr. 49.) je nejvyšší hodnota parametru inflexních bodů ( $S_{INF}$ ) v obou typech hospodaření 0,08, v ekologickém zemědělství ve variantě září – meziřádek, v konvenčním zemědělství ve variantě duben – meziřádek. Nejnižší naměřená hodnota v obou typech hospodaření je 0,04, v konvenčním zemědělství ve variantě červen – řádek a v ekologickém červen – meziřádek. Fyzikální kvalita půdy v spadá v obou typech hospodaření do kategorie dobrá až velmi dobrá (Dexter, 2004b, 2004c, 2004d; Fér et al., 2020; Jirků et al., 2013).



Obrázek 50. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



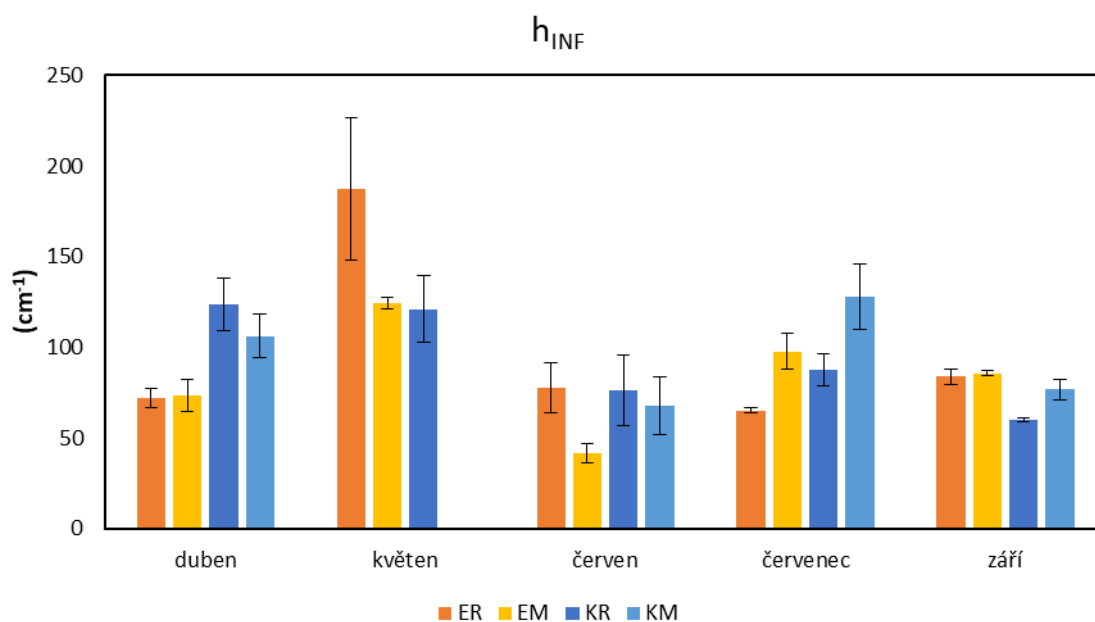
Obrázek 51. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 52. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

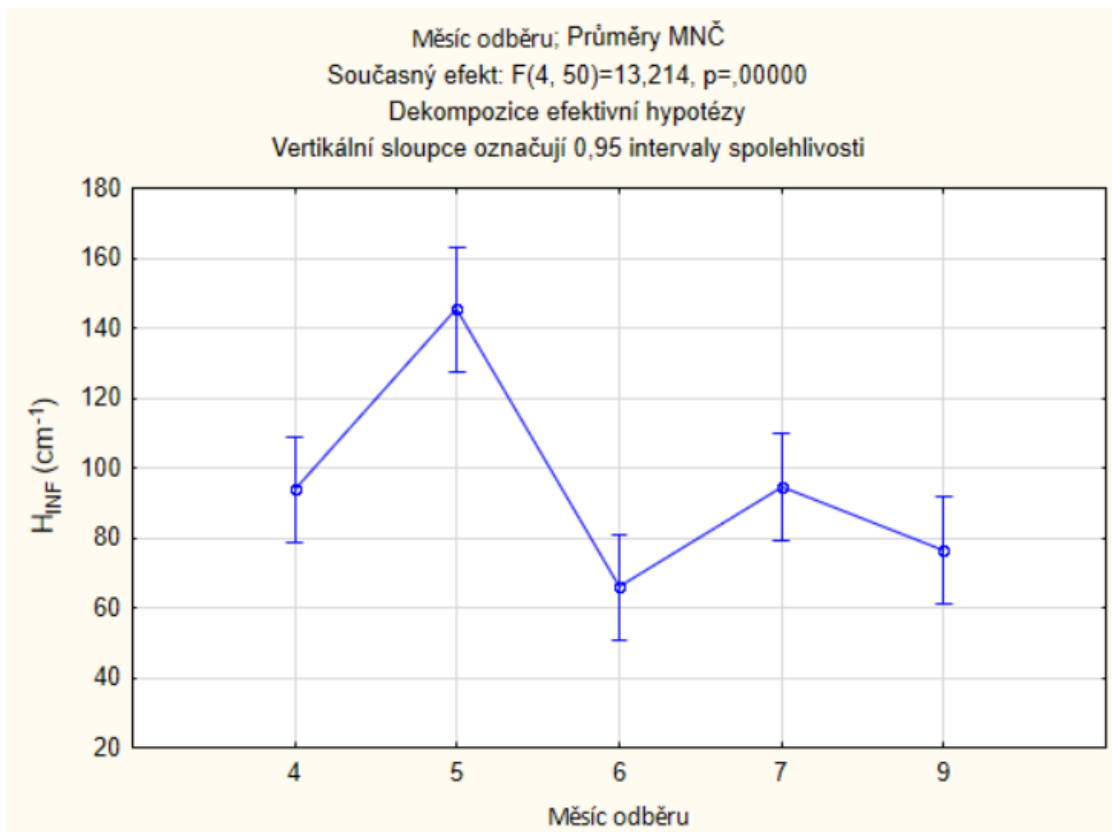
Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) v různých typech hospodaření a ve variantách řádek a meziřádek nejsou statisticky významné (viz obr. 51. a obr. 52.), zatímco rozdíly v hodnotách parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) v jednotlivých odběrech statisticky významné jsou (viz obr. 50.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 12.

### 5.3.1.3.2 Parametr inflexního bodu ( $h_{INF}$ )

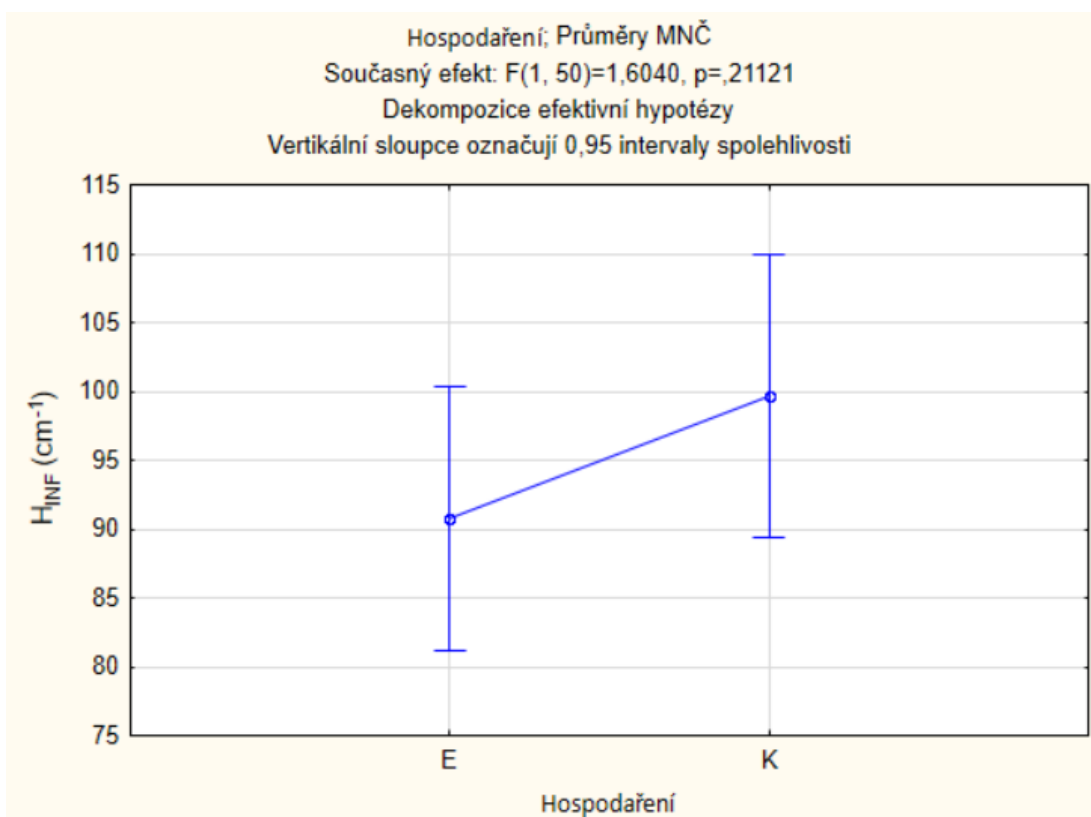


Obrázek 53. Graf výsledných hodnot parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) a směrodatné odchylky.

Dle grafu (obr. 53.) je nejvyšší hodnota parametru inflexních bodů ( $h_{INF}$ ) naměřená v ekologickém zemědělství: 187,09 (květen – řádek), v konvenčním zemědělství 127,78 (červenec meziřádek). Nejnižší naměřená hodnota v ekologickém zemědělství (červen – meziřádek) je 41,61 a v konvenčním zemědělství (září – řádek) 59,96.

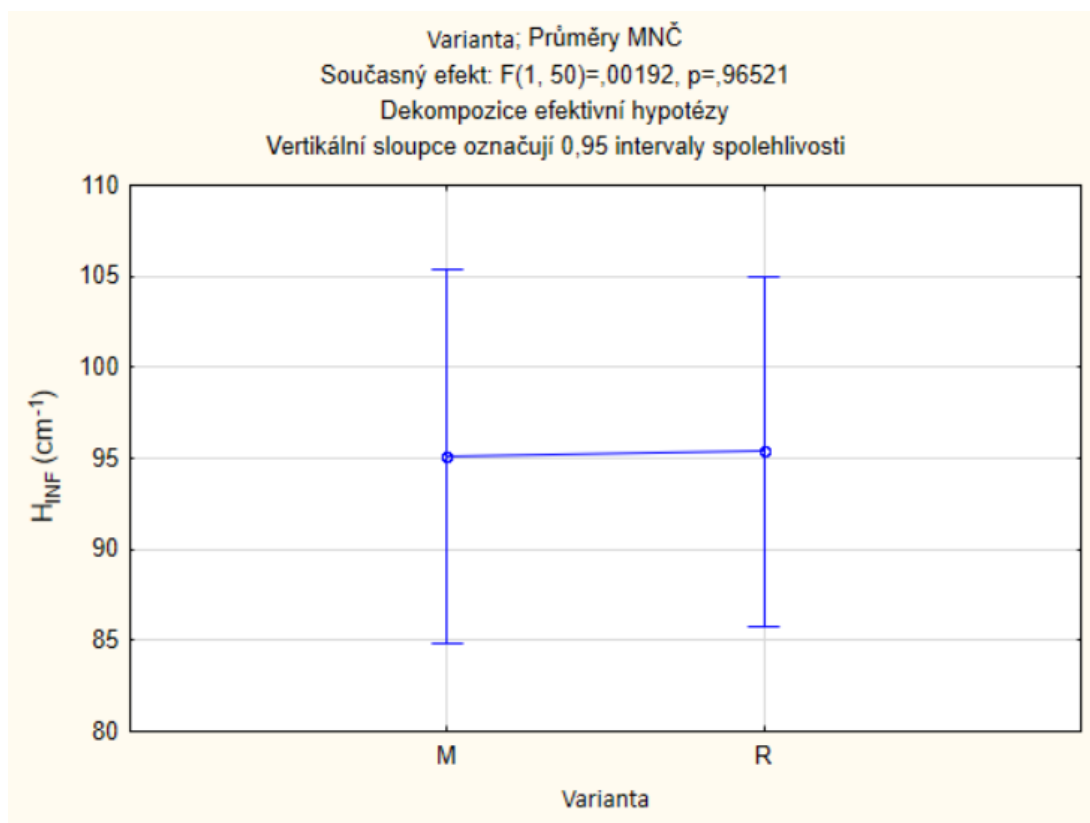


Obrázek 54. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 55. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

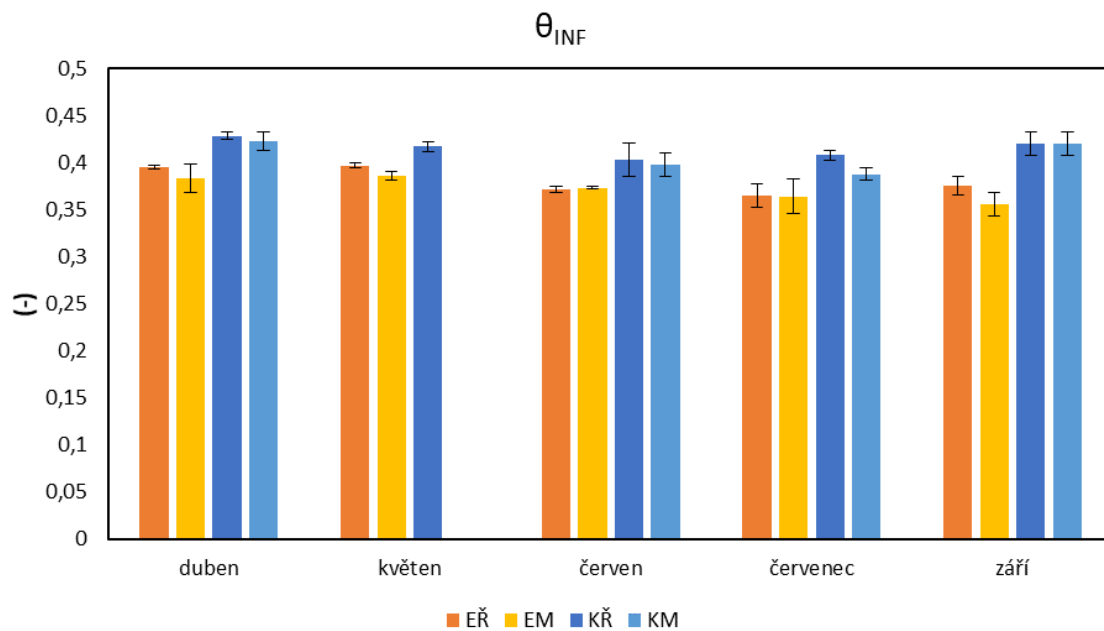




Obrázek 56. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

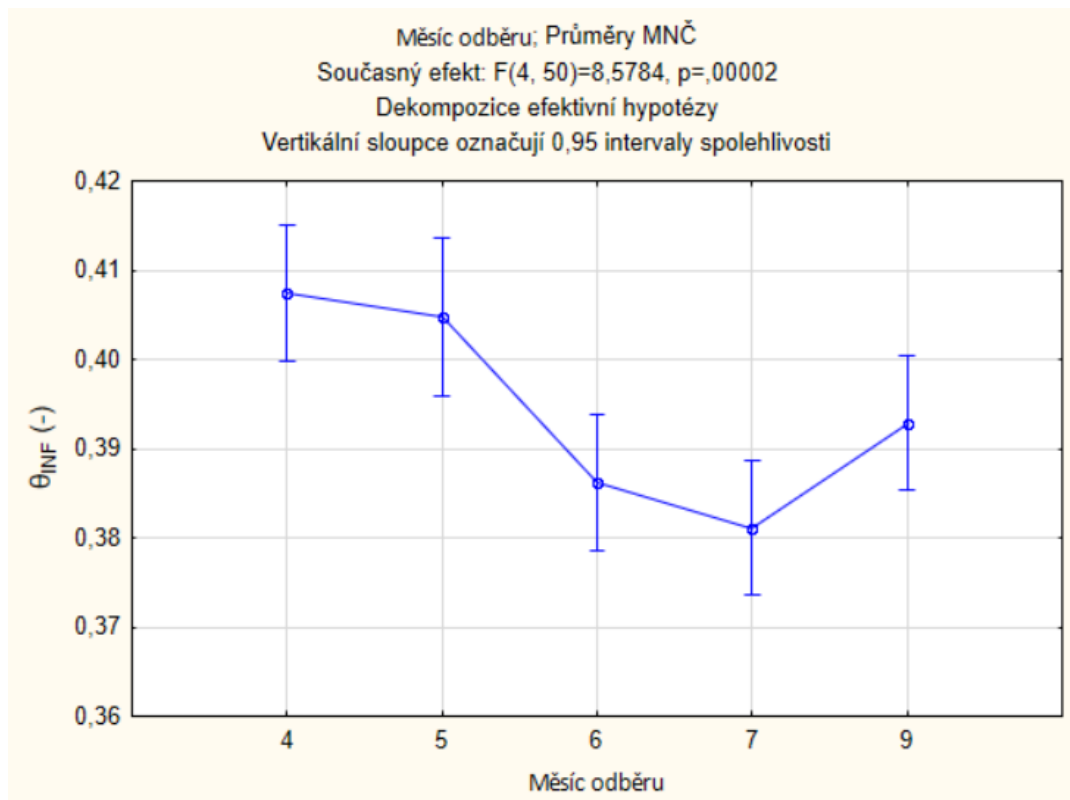
Za použití statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) v různých typech hospodaření a ve variantách řádek a meziřádek nejsou statisticky významné (viz obr. 55. a obr. 56.), zatímco rozdíly v hodnotách parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) v jednotlivých odběrech statisticky významné jsou (viz obr. 54.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 13.

### 5.3.1.3.3 Parametr inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ )

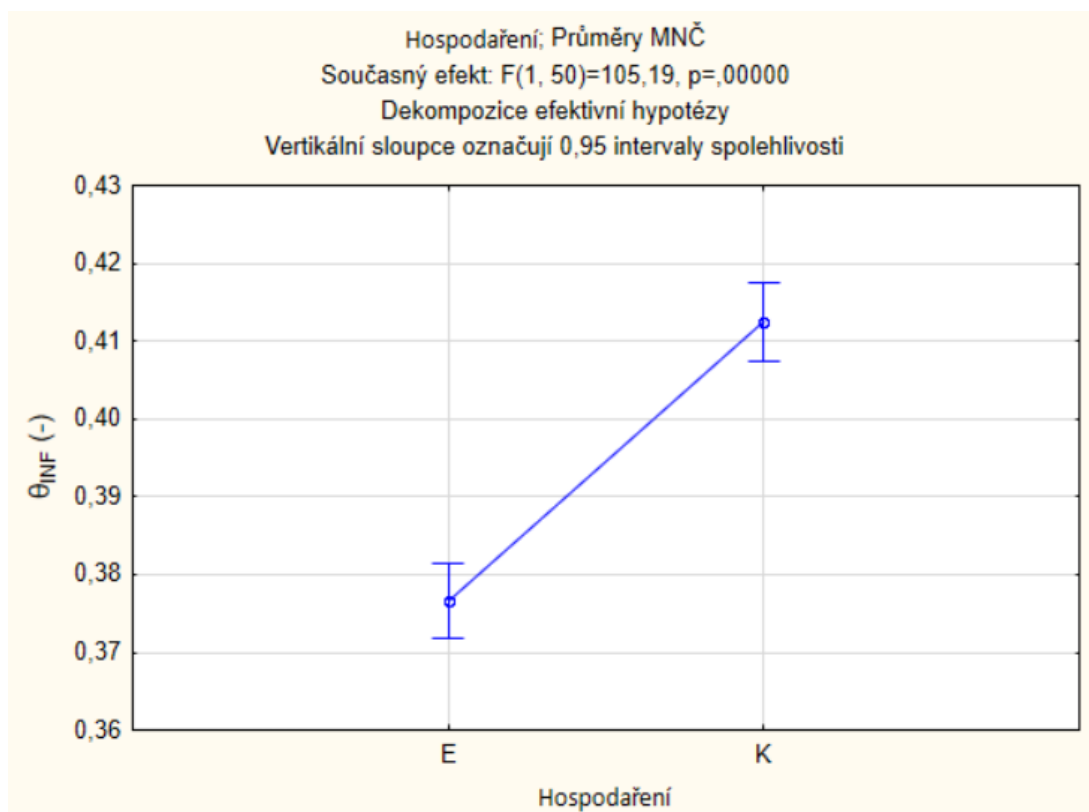


Obrázek 57. Graf výsledných hodnot parametru inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ ) a směrodatné odchylky.

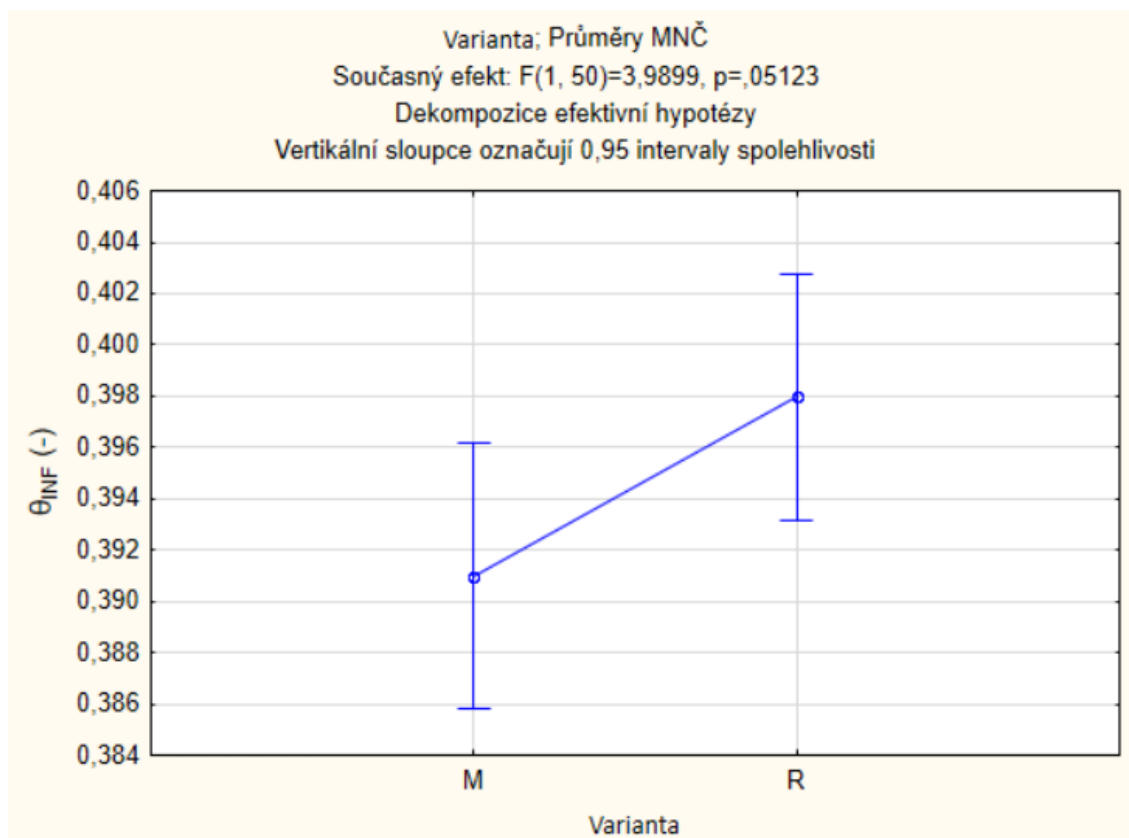
Nejvyšší hodnota parametru inflexních bodů ( $\theta_{INF}$ ) (obr. 57.) byla naměřena v konvenčním zemědělství 0,43 (duben – řádek), v ekologickém zemědělství je 0,40 (květen – řádek). Nejnižší naměřená hodnota v konvenčním zemědělství (červenec – meziřádek) je 0,39 a v ekologickém zemědělství (září – meziřádek) 0,36. Naměřené hodnoty parametru inflexních bodů ( $\theta_{INF}$ ) v ekologickém zemědělství jsou nižší než v zemědělství konvenčním, z grafu také vyplývá, že hodnoty jsou vyšší ve variantě řádek než ve variantě meziřádek.



Obrázek 58. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 59. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 60. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Na základě statistického šetření ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty parametru inflexních bodů ( $\theta_{INF}$ ) jsou vyšší v konvenčním zemědělství, tyto rozdíly jsou statisticky významné (viz obr. 59.). Rozdíly v parametru inflexních bodů ( $\theta_{INF}$ ) v jednotlivých odběrech jsou též statisticky významné (viz obr. 58.), zatímco rozdíly variant řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 60.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 14.

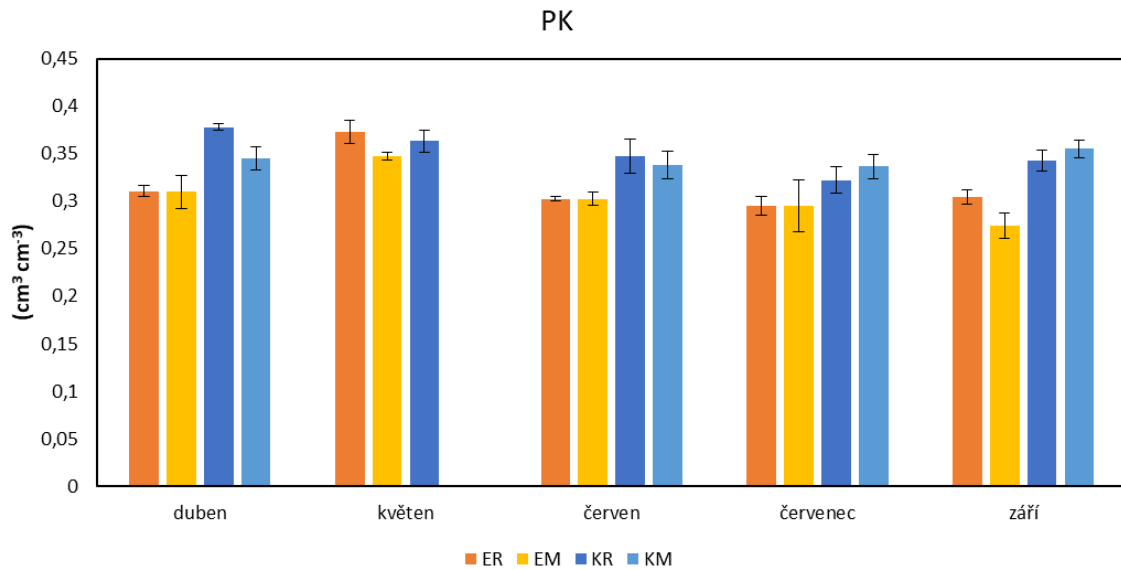
### 5.3.1.4 Charakteristiky popisující půdní pórový systém

Výsledné průměrné hodnoty charakteristik popisujících půdní pórový systém získané z přetlakového aparátu a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 13.

Tabulka 13. Výsledné hodnoty polní kapacity (PK),  $\theta_{70}$ ,  $\theta_s - \theta_{70}$ , gravitační vody (GW) a vody snadno dostupné pro vegetaci (RAW) získané z přetlakového aparátu a jejich směrodatné odchylky.

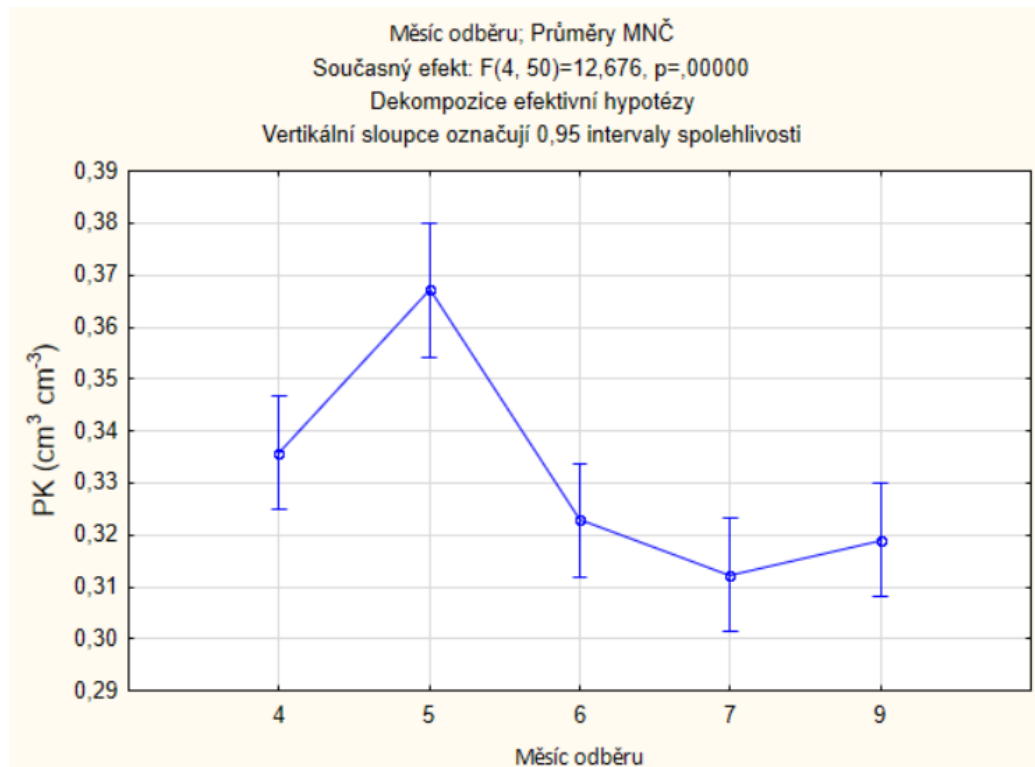
Odběr	Var.	PK ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\theta_{70}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\theta_s - \theta_{70}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	GW ( $\text{mm cm}^{-1}$ )	RAW ( $\text{mm cm}^{-1}$ )
Duben	EŘ	0,31±0,01	0,4±0,01	0,09±0,01	1,14±0,08	0,51±0,03
	EM	0,31±0,02	0,39±0,02	0,08±0,01	1,03±0,05	0,45±0,03
	KŘ	0,38±0	0,46±0,01	0,05±0,01	0,73±0,07	0,49±0,05
	KM	0,34±0,01	0,45±0,01	0,07±0,01	0,98±0,17	0,66±0,09
Květen	EŘ	0,37±0,01	0,43±0,01	0,03±0,01	0,41±0,14	0,36±0,04
	EM	0,35±0	0,41±0,01	0,04±0	0,57±0,03	0,37±0,01
	KŘ	0,36±0,01	0,45±0,01	0,06±0,01	0,84±0,11	0,5±0,02
Červen	EŘ	0,3±0	0,38±0,01	0,08±0	0,96±0,03	0,44±0,05
	EM	0,3±0,01	0,35±0	0,1±0,01	1,1±0,11	0,3±0,05
	KŘ	0,35±0,02	0,41±0,03	0,07±0,01	0,89±0,12	0,34±0,05
	KM	0,34±0,01	0,4±0,02	0,08±0,01	0,94±0,12	0,34±0,06
Červenec	EŘ	0,3±0,01	0,36±0,01	0,08±0	0,98±0,03	0,38±0,01
	EM	0,3±0,03	0,38±0,02	0,07±0,01	0,93±0,11	0,54±0,03
	KŘ	0,32±0,01	0,42±0,01	0,09±0,01	1,18±0,13	0,61±0,03
	KM	0,34±0,01	0,42±0,01	0,05±0	0,68±0,06	0,52±0,02
Září	EŘ	0,3±0,01	0,39±0,01	0,06±0	0,84±0,02	0,5±0,04
	EM	0,27±0,01	0,37±0,01	0,07±0	0,98±0,03	0,58±0,01
	KŘ	0,34±0,01	0,41±0,01	0,09±0,01	1,09±0,11	0,4±0,05
	KM	0,36±0,01	0,43±0,02	0,07±0	0,9±0,05	0,41±0,05

### 5.3.1.4.1 Polní kapacita (PK)

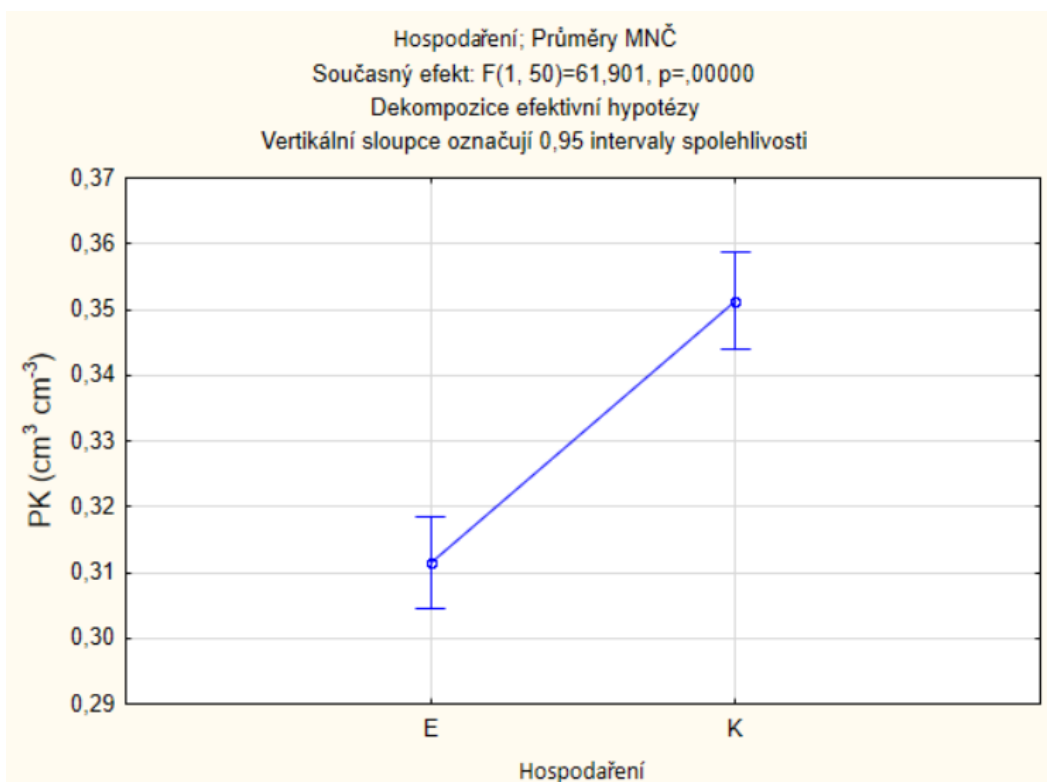


Obrázek 61. Graf výsledných hodnot polní kapacity (PK) a směrodatné odchylky a směrodatné odchylky.

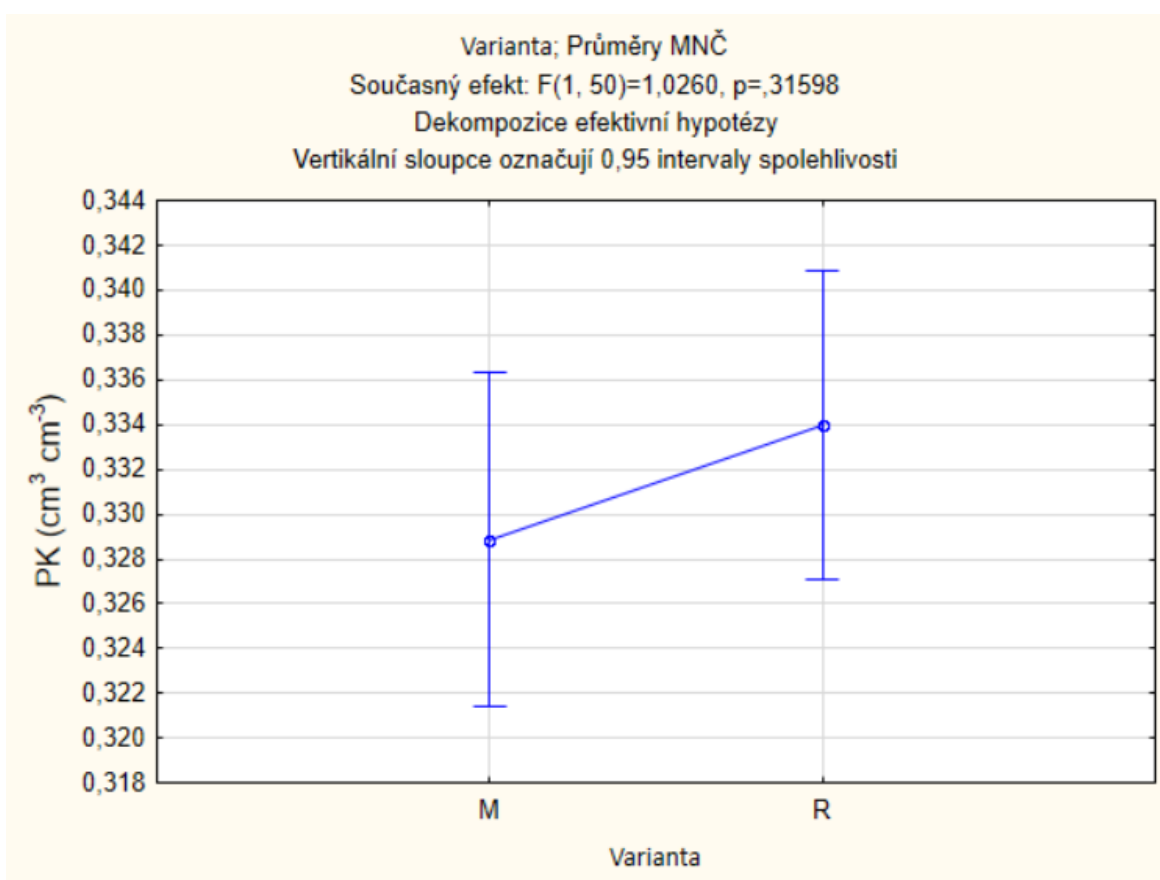
Nejvyšší hodnota polní kapacity (obr. 61.) byla naměřena u varianty duben – řádek v konvenčním zemědělství (0,38), v ekologickém zemědělství 0,37 (květen – řádek), nejnižší hodnota byla naměřena v ekologickém zemědělství (září – meziřádek): 0,27, v konvenčním 0,32 (červenec – řádek). Graf nabývá vyšších hodnot u konvenčního zemědělství a v obou typech hospodaření u varianty řádek.



Obrázek 62. Porovnání výsledků polní kapacity (PK) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



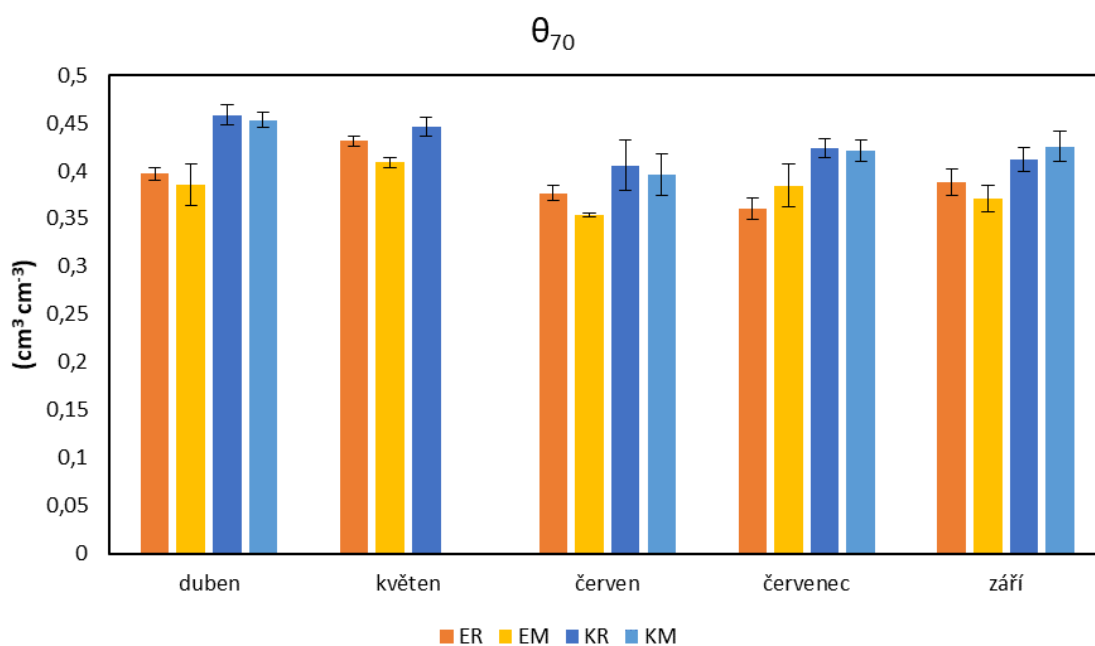
Obrázek 63. Porovnání výsledků polní kapacity (PK) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 64. Porovnání výsledků polní kapacity (PK) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Na základě statistického šetření ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty polní kapacity ( $PK$ ) jsou vyšší v konvenčním zemědělství, tyto rozdíly jsou statisticky významné (viz obr. 63.). Rozdíly v polní kapacitě ( $PK$ ) v jednotlivých odběrech jsou též statisticky významné (viz obr. 62.), zatímco rozdíly variant řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 64.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 15.

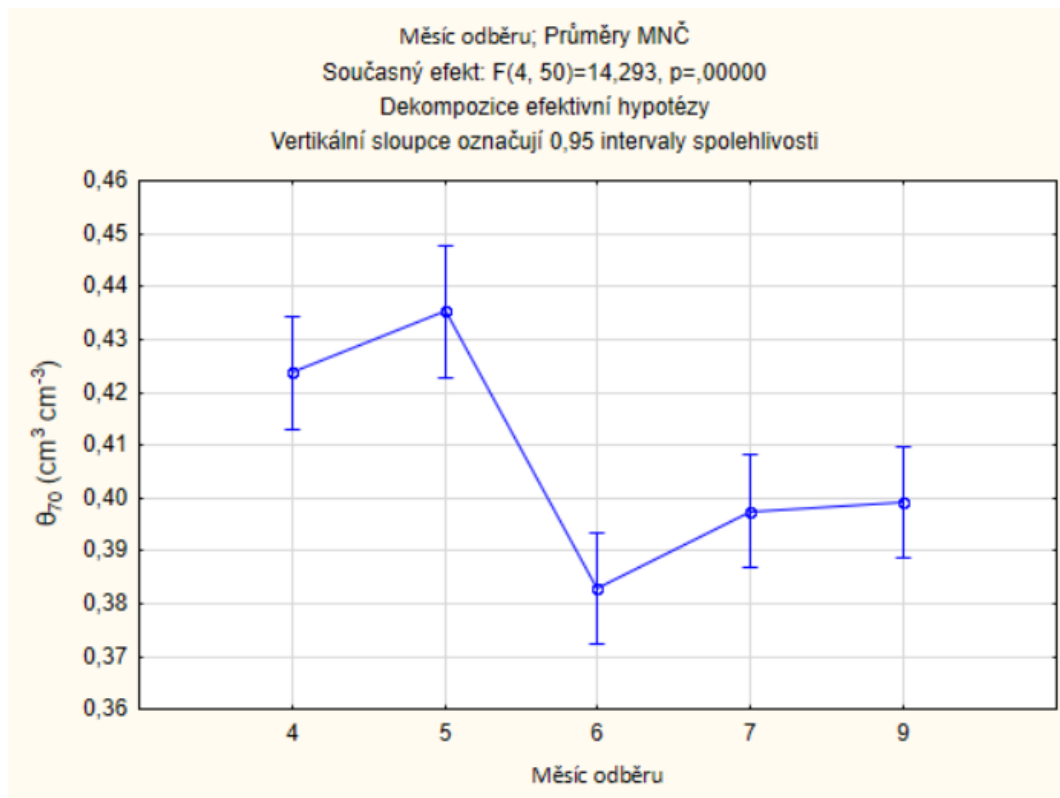
#### 5.3.1.4.2 Obsah půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm



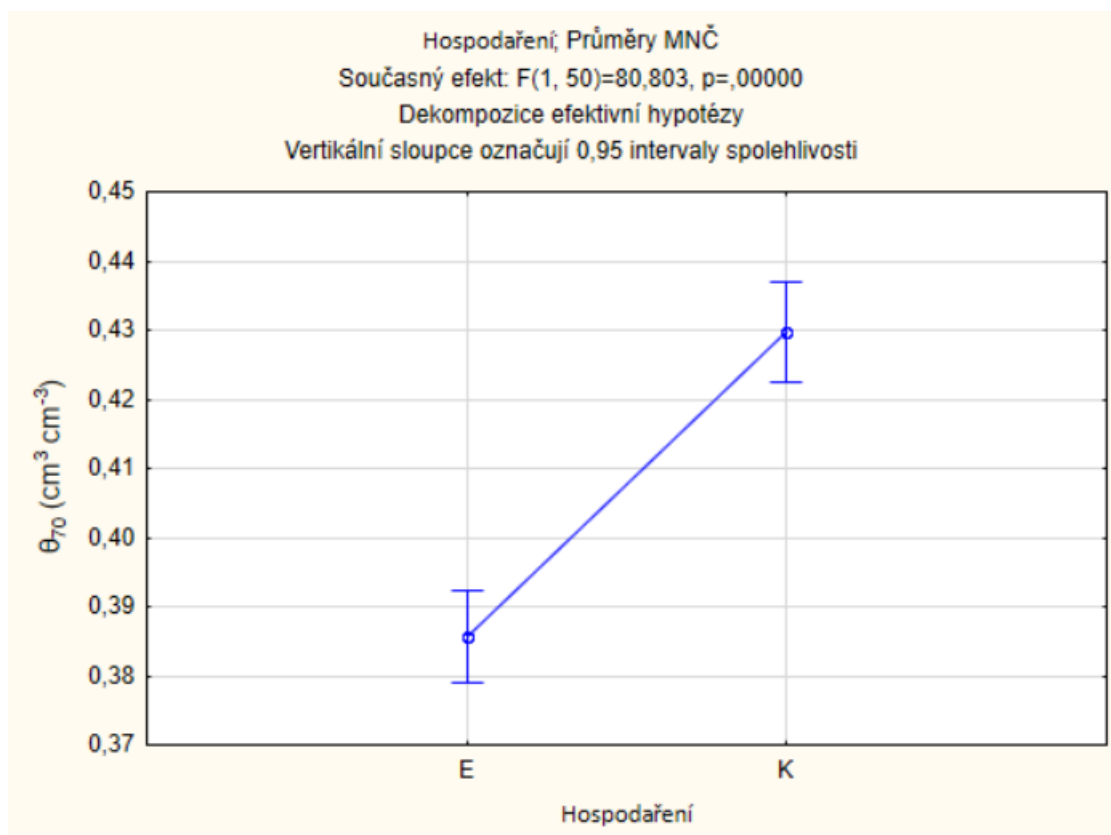
Obrázek 65. Graf výsledných hodnot obsahu půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm a směrodatné odchylky.

Nejvyšší hodnota  $\theta_{70}$  (obr. 65.) byla naměřena u varianty duben – řádek v konvenčním zemědělství (0,46), v ekologickém zemědělství 0,43 (květen – řádek), nejnižší hodnota byla naměřena v ekologickém zemědělství (červen – meziřádek): 0,35, v konvenčním 0,40 (červen – meziřádek). Graf nabývá vyšších hodnot u konvenčního zemědělství a v obou typech hospodaření u varianty řádek.

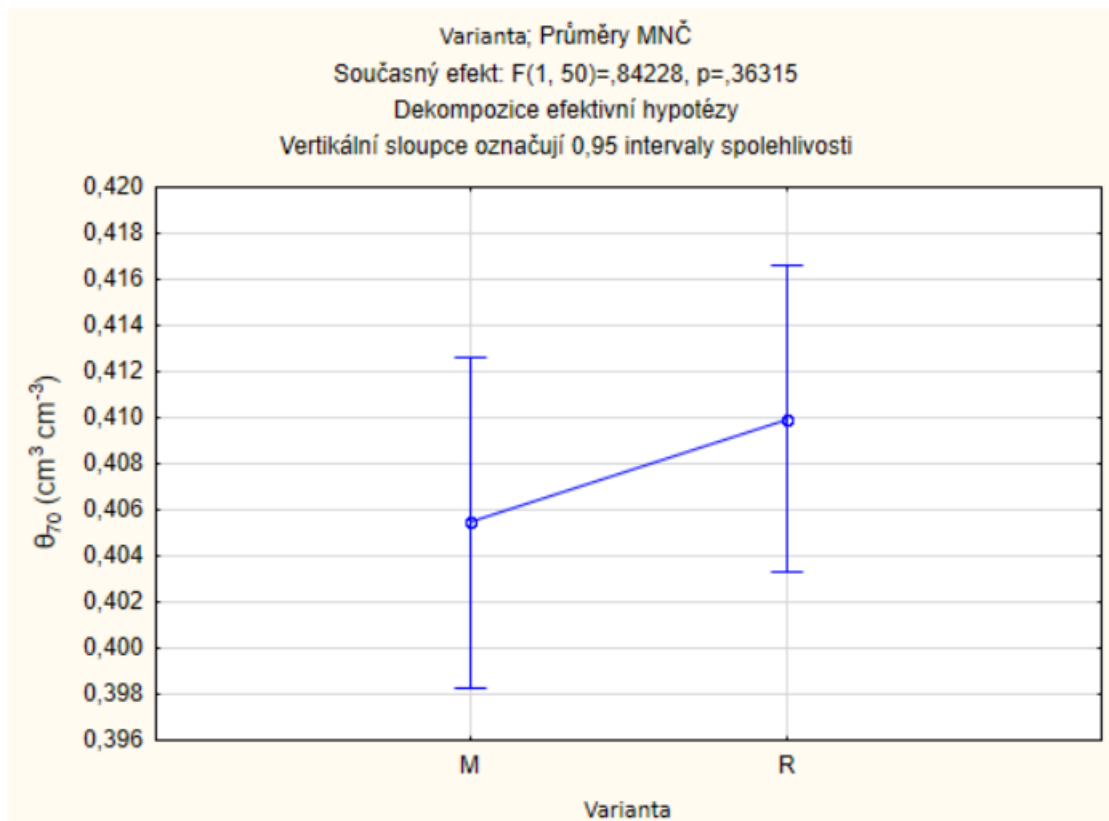




Obrázek 66. Porovnání výsledků obsahu půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



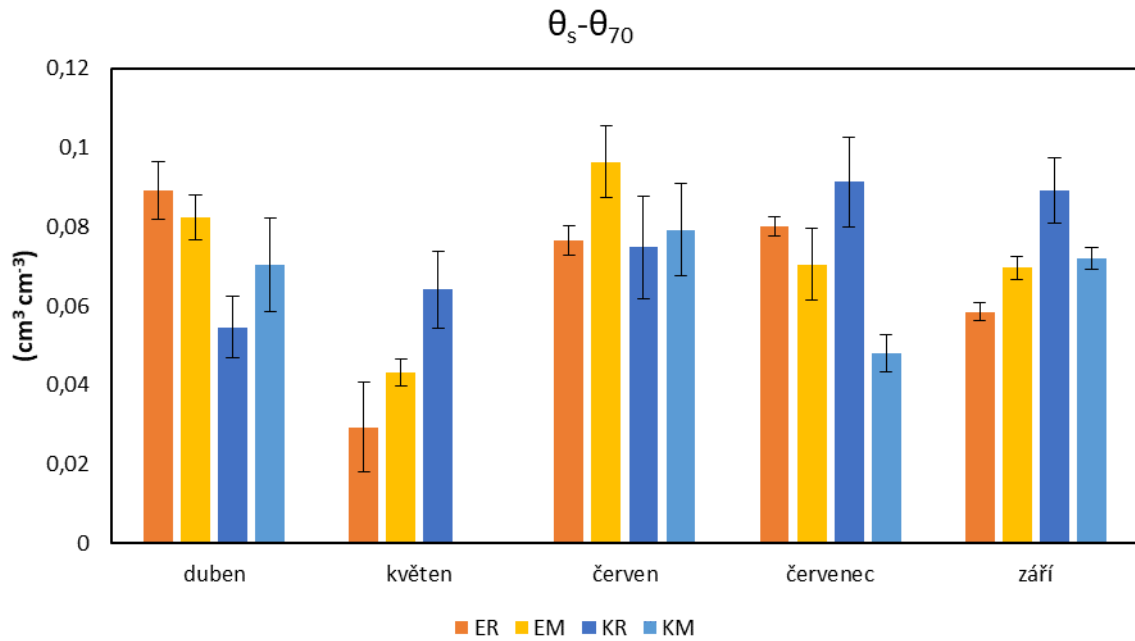
Obrázek 67. Porovnání výsledků obsahu půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 68. Porovnání výsledků obsahu půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

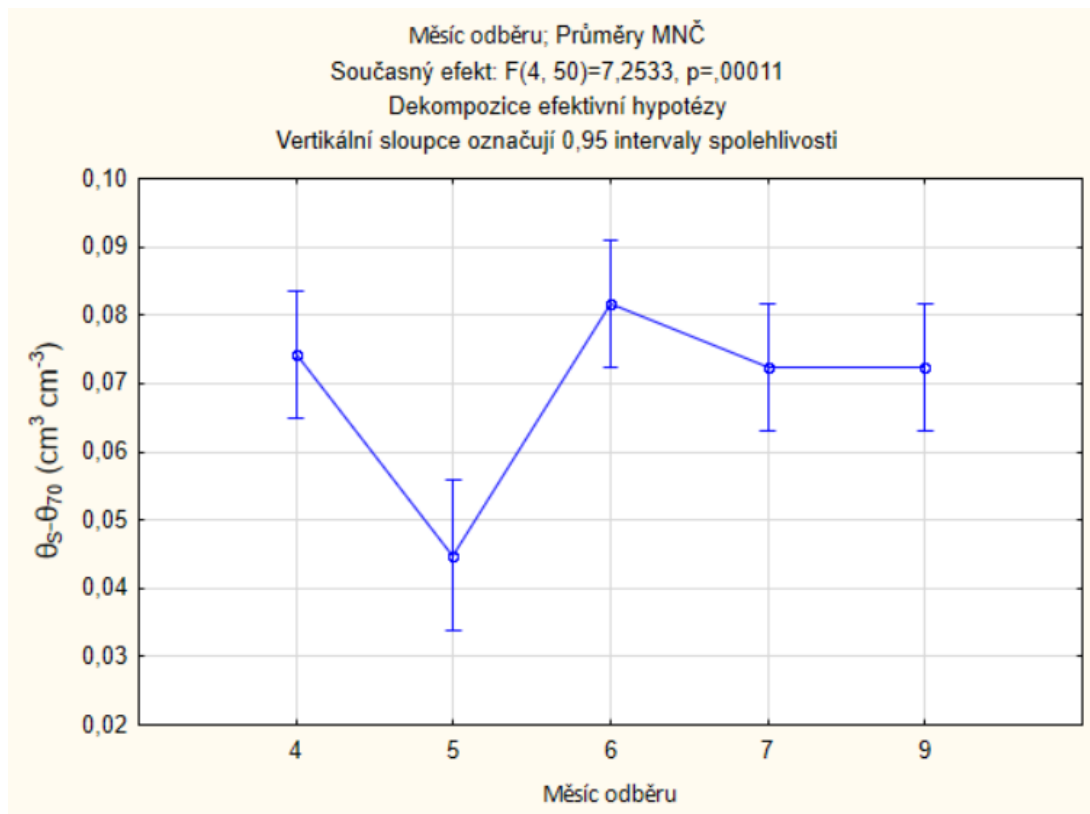
Za použití statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty vlhkosti pro tlakovou výšku -70 cm jsou vyšší v konvenčním zemědělství, tyto rozdíly jsou statisticky významné (viz obr. 67.). Rozdíly ve vlhkosti pro tlakovou výšku -70 cm v jednotlivých odběrech jsou též statisticky významné (viz obr. 66.), zatímco rozdíly variant řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 68.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 16.

### 5.3.1.4.3 Obsah hrubých kapilárních pórů ( $\theta_s - \theta_{70}$ )

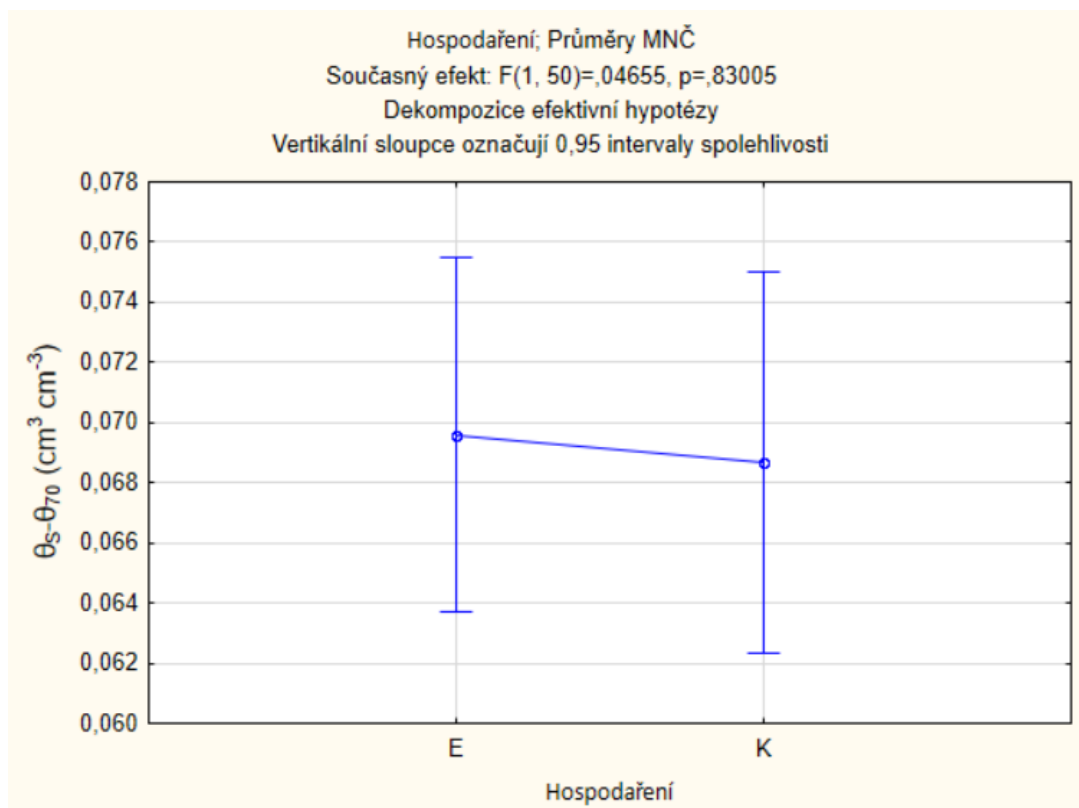


Obrázek 69. Graf výsledných hodnot  $\theta_s - \theta_{70}$  a směrodatné odchylky.

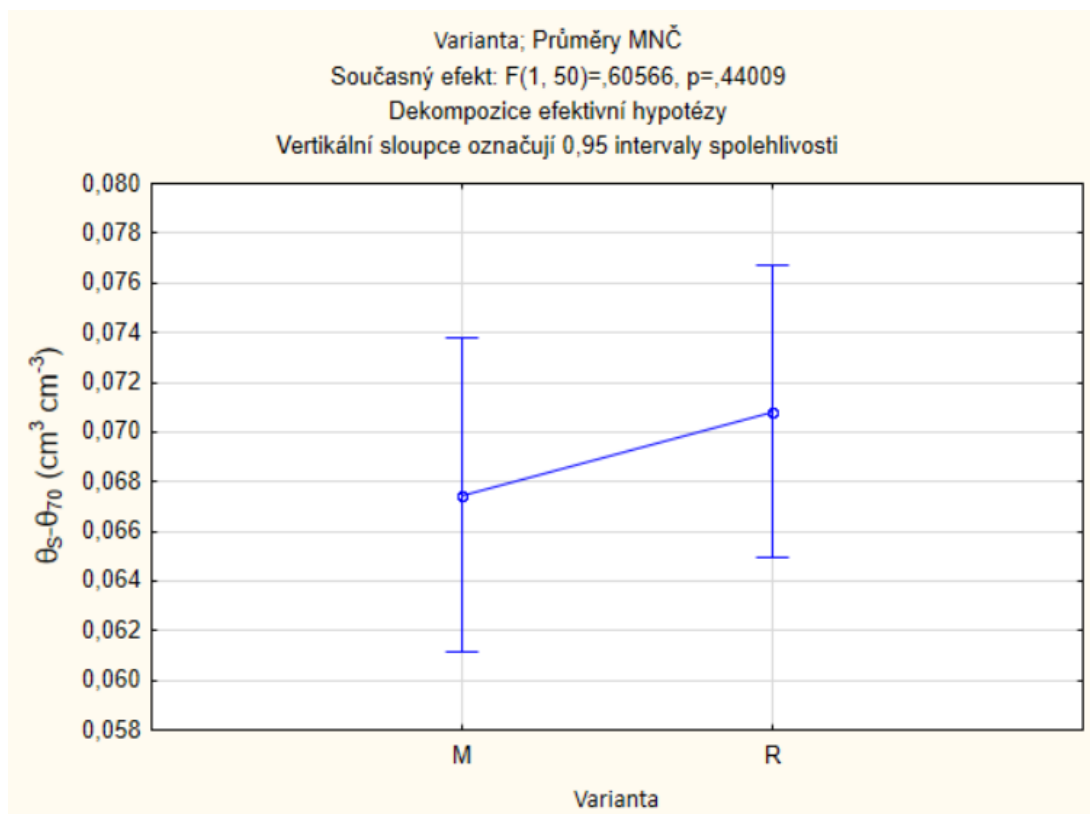
Nejvyšší hodnota obsahu hrubých kapilárních pórů ( $\theta_s - \theta_{70}$ ) (obr. 69.) byla naměřena u varianty červen – meziřádek v ekologickém zemědělství (0,10), v konvenčním zemědělství 0,09 (červenec – řádek), nejnižší hodnota byla naměřena v ekologickém zemědělství (květen – řádek): 0,03, v konvenčním 0,05 (červenec – meziřádek).



Obrázek 70. Porovnání výsledků  $\theta_s - \theta_{70}$  v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



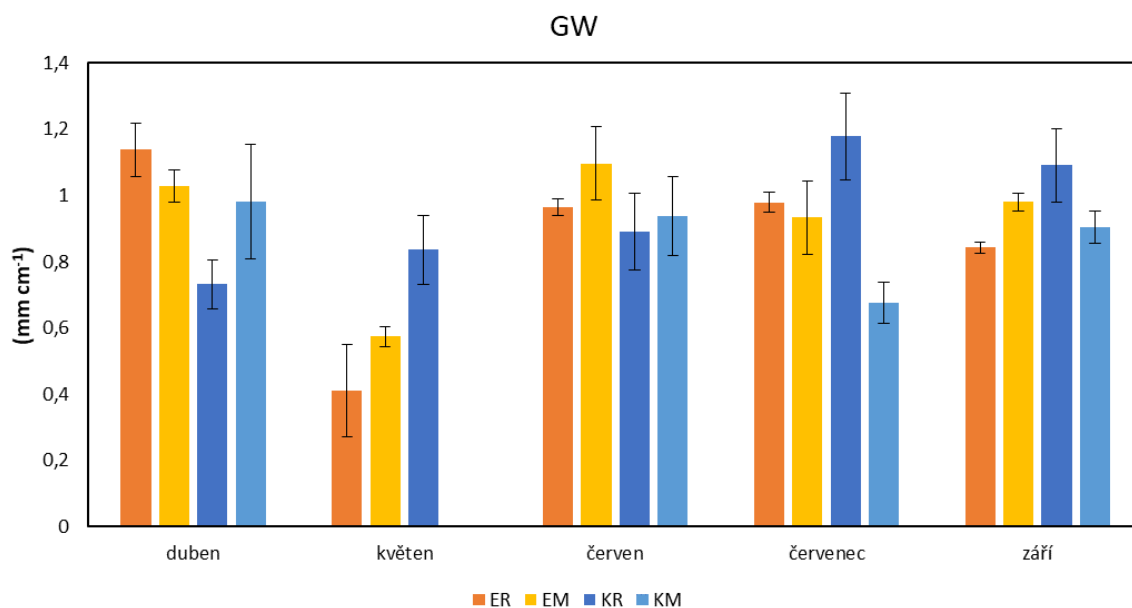
Obrázek 71. Porovnání výsledků  $\theta_s - \theta_{70}$  ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 72. Porovnání výsledků  $\theta_s - \theta_{70}$  variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

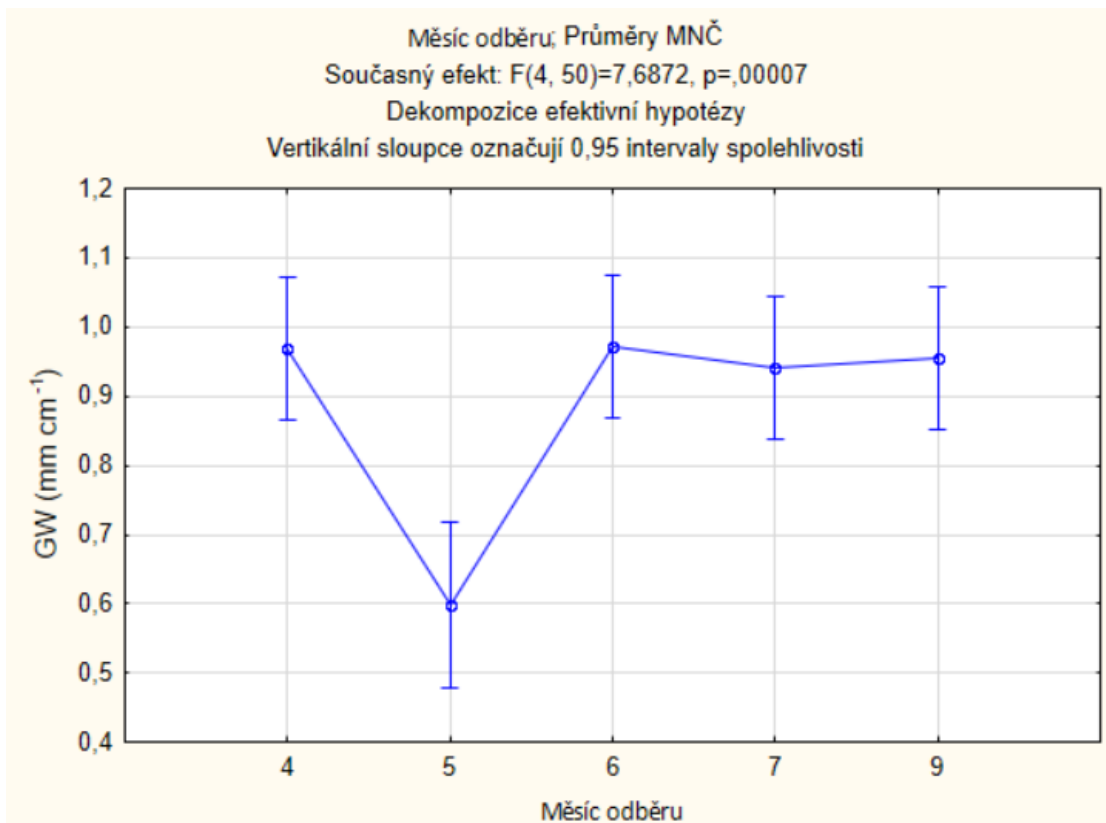
Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty rozdílu obsahu hrubých kapilárních pórů ( $\theta_s - \theta_{70}$ ) nedosahují statisticky významných rozdílů v různých typech hospodaření, ani ve variantách řádek a meziřádek (viz obr. 71. a obr. 72.). Rozdíly v jednotlivých odběrech statisticky významné jsou (viz obr. 70.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 16.

#### 5.3.1.4.4 Gravitační voda (GW)

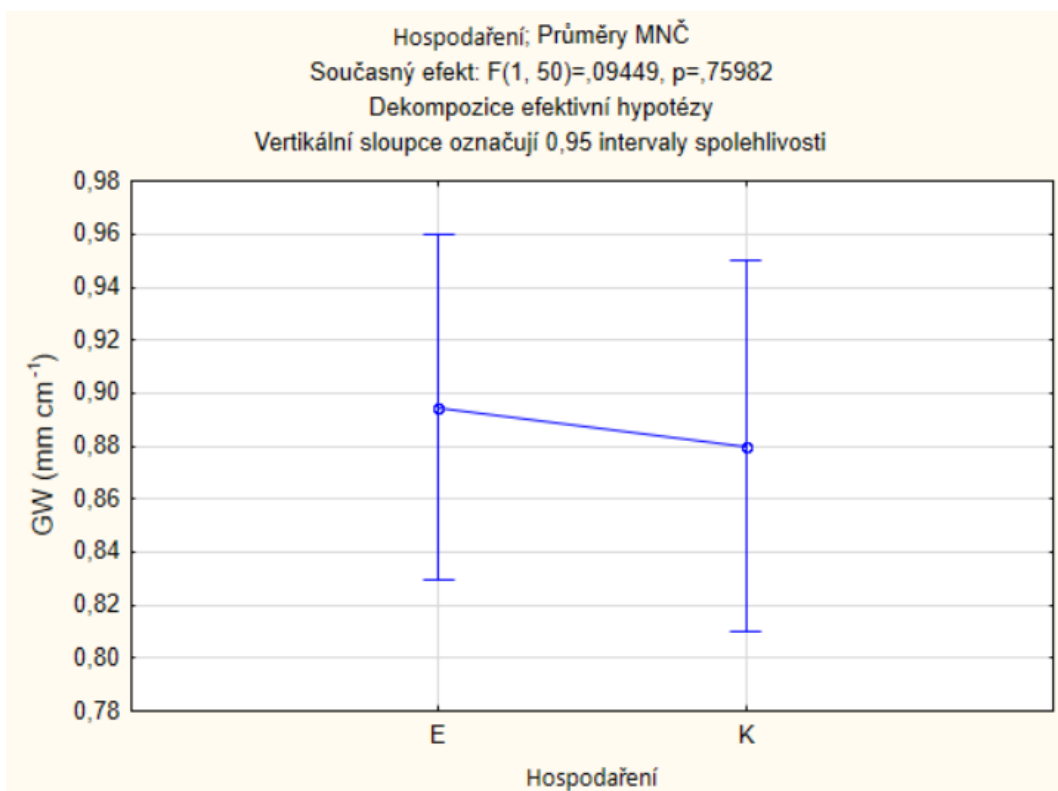


Obrázek 73. Graf výsledných hodnot gravitační vody (GW) a směrodatné odchylky.

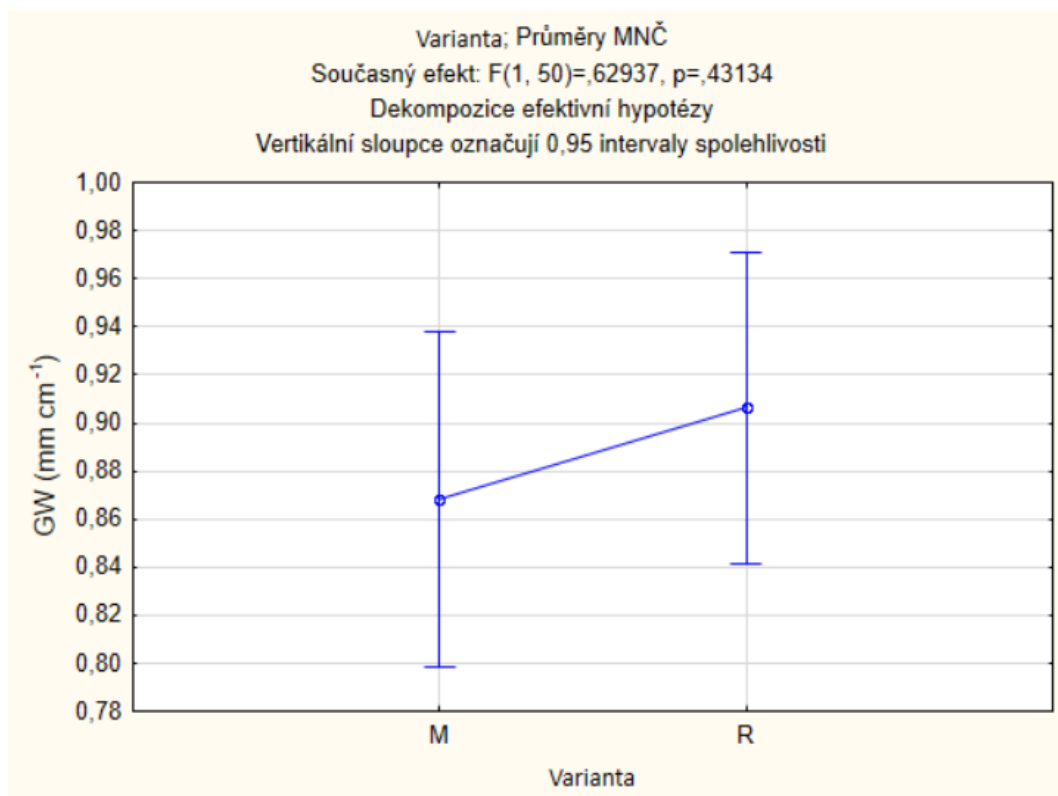
Nejvyšší hodnoty gravitační vody dle grafu (obr. 73.) dosáhlo konvenční zemědělství (červenec – řádek): 1,18, ekologické zemědělství dosáhlo nejvyšší hodnoty 1,14 (duben, řádek). Nejnižší hodnota byla naměřena u ekologického zemědělství (květen – řádek): 0,41, u konvenčního ve variantě červenec – meziřádek: 0,68.



Obrázek 74. Porovnání výsledků gravitační vody (GW) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 75. Porovnání výsledků gravitační vody (GW) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

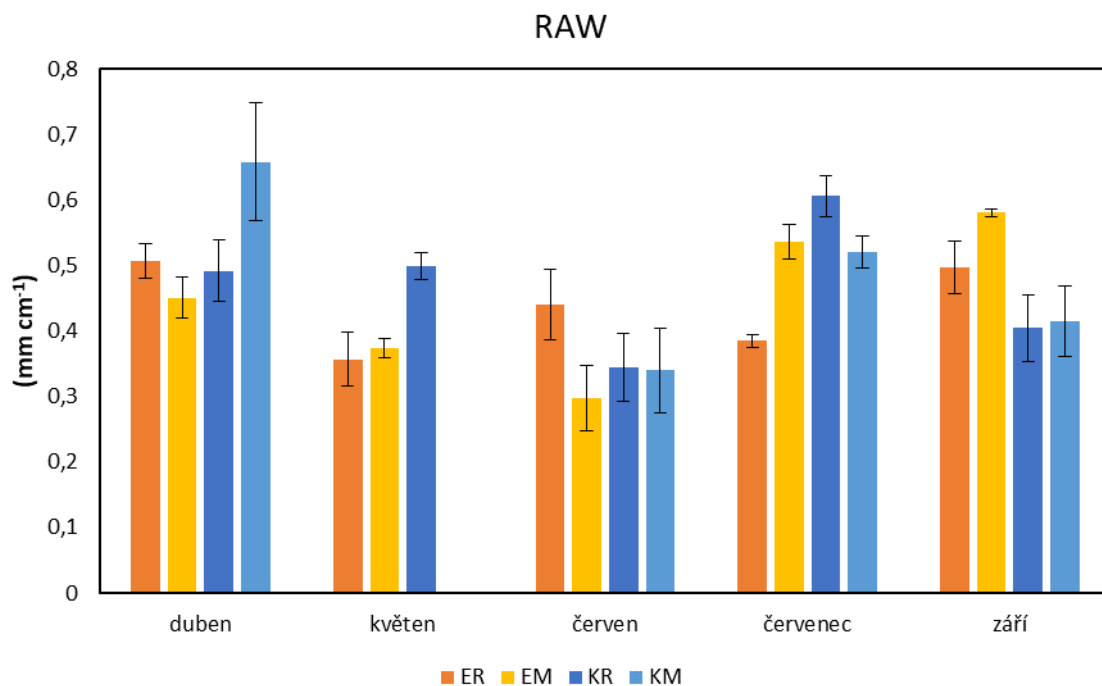


Obrázek 76. Porovnání výsledků gravitační vody (GW) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Za použití statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty gravitační vody (GW) nedosahují statisticky významných rozdílů v různých typech hospodaření, ani ve variantách řádek a meziřádek (viz obr. 75. a obr. 76.). Rozdíly v jednotlivých odběrech statisticky významné jsou (viz obr. 74.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 17.

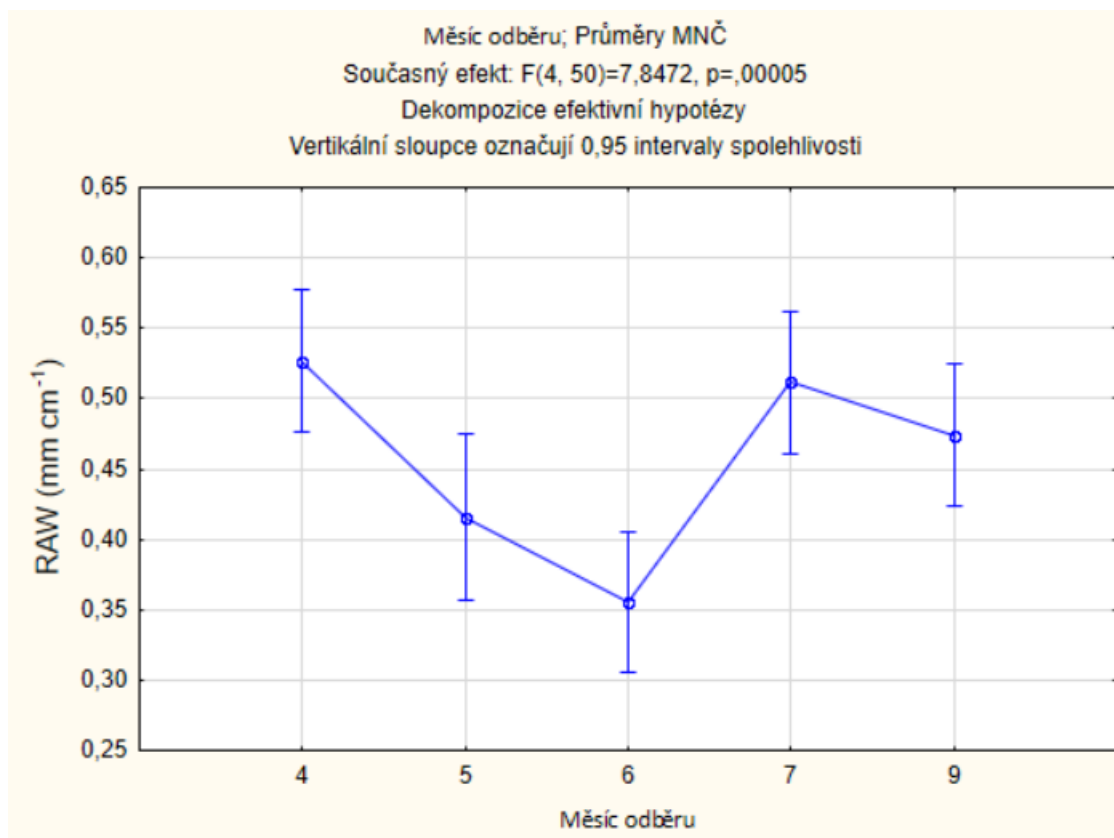


### 5.3.1.4.5 Voda snadno dostupná pro vegetaci (RAW)

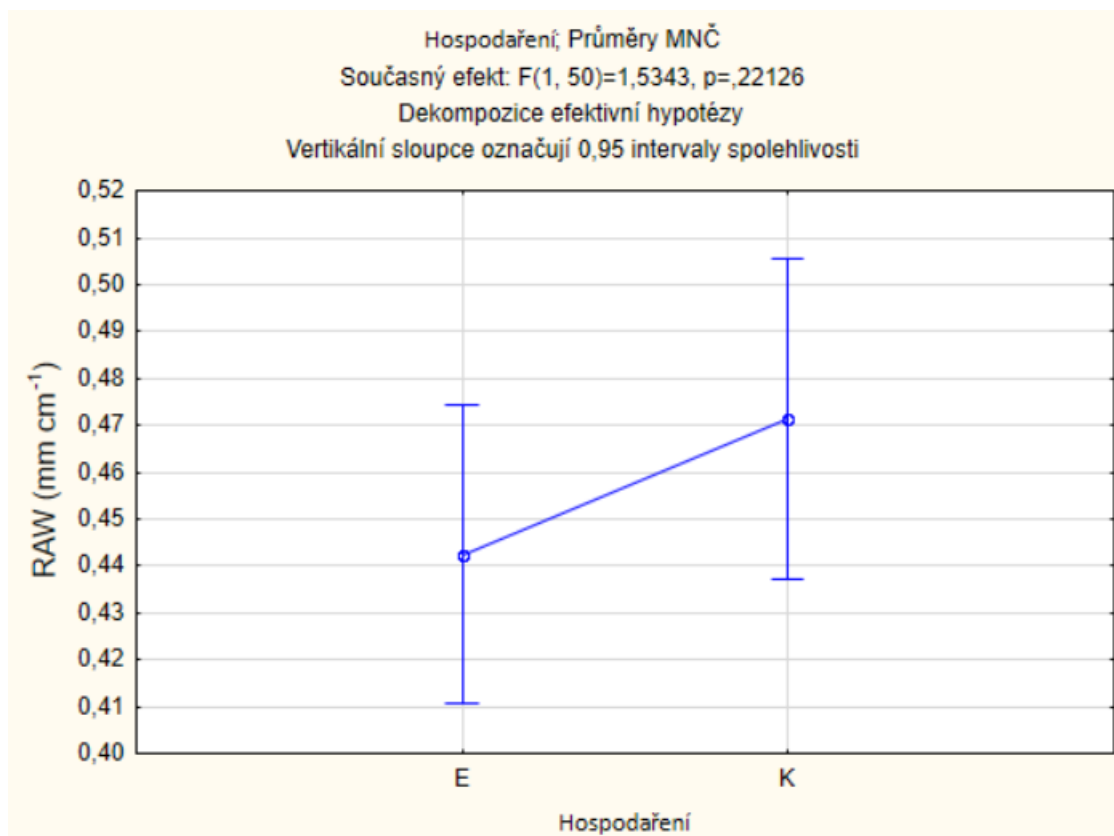


Obrázek 77. Graf výsledných hodnot vody snadno dostupné pro vegetaci (RAW) a směrodatné odchylky.

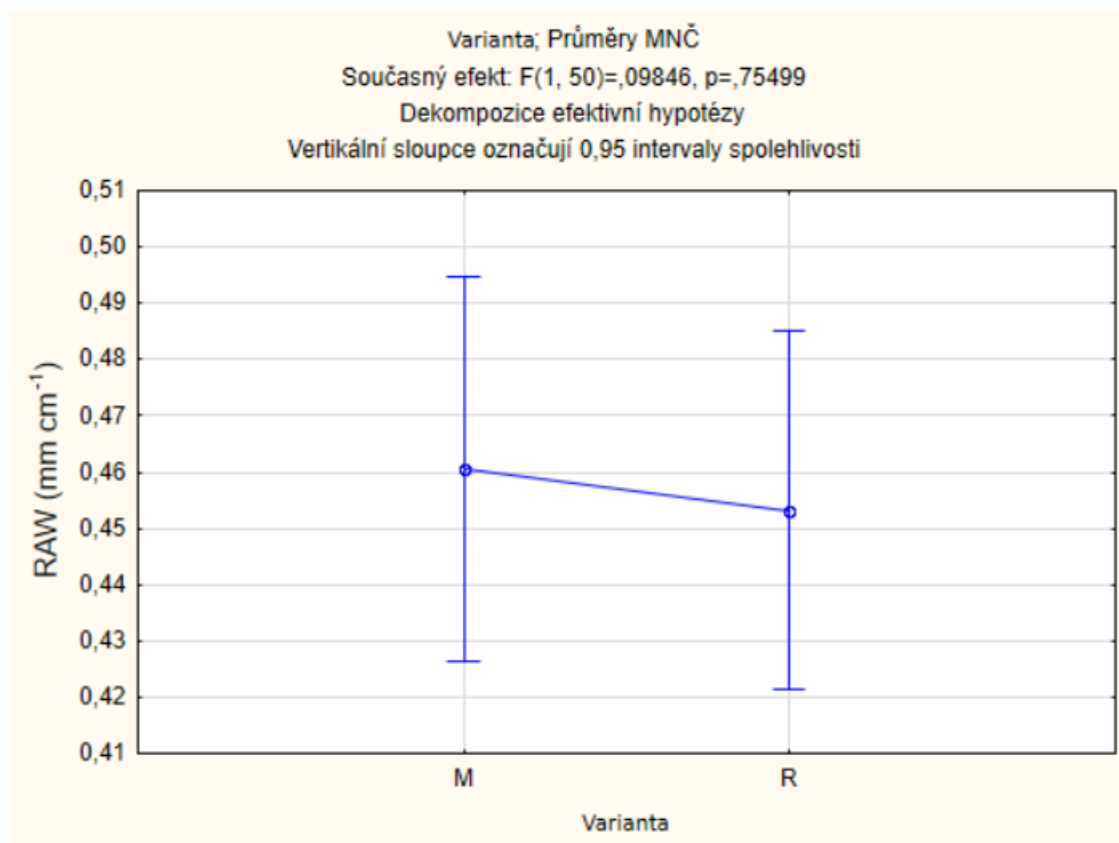
Nejvyšší hodnoty snadno dostupné vody (obr. 77.) byly naměřeny u zemědělství konvenčního (duben – meziřádek): 0,66, zatímco u ekologického 0,58 (září – meziřádek). Nejnižší hodnoty byly získány u ekologického zemědělství (červen – meziřádek): 0,30, zatímco u konvenčního 0,34 (červen – meziřádek).



Obrázek 78. Porovnání výsledků vody snadno dostupné pro vegetaci (RAW) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 79. Porovnání výsledků vody snadno dostupné pro vegetaci (RAW) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 80. Porovnání výsledků vody snadno dostupné pro vegetaci ( $RAW$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty snadno dostupné pro vegetaci ( $RAW$ ) nedosahují statisticky významných rozdílů v různých typech hospodaření, ani ve variantách řádek a meziřádek (viz obr. 79. a obr. 80.). Rozdíly v jednotlivých odběrech statisticky významné jsou (viz obr. 78.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 18.

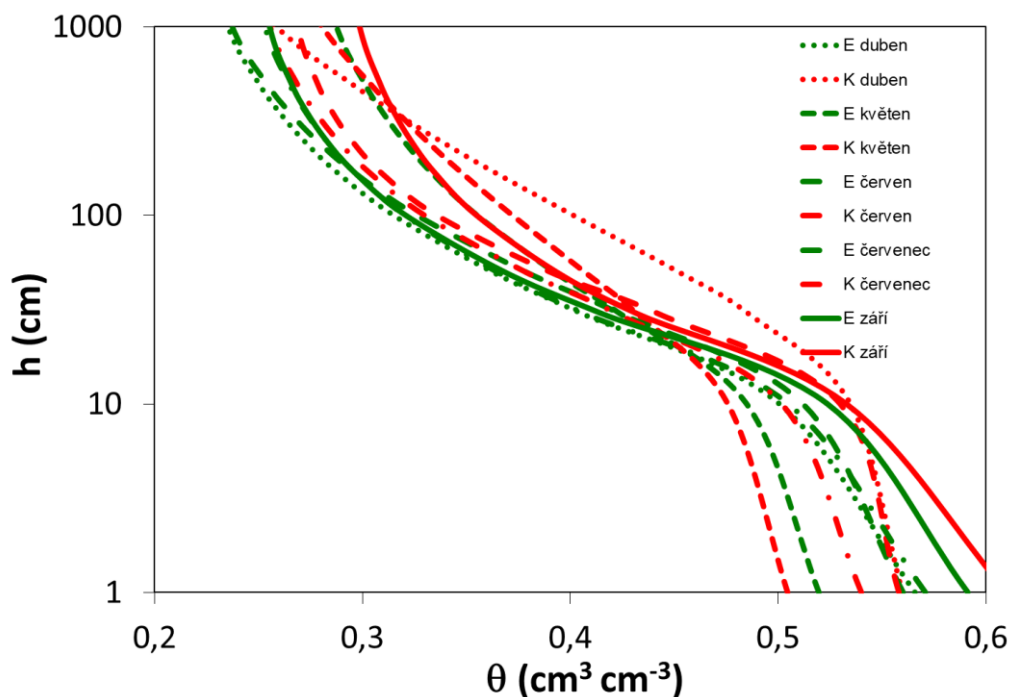
## 5.3.2 Tempské cely

### 5.3.2.1 Hydraulické vlastnosti

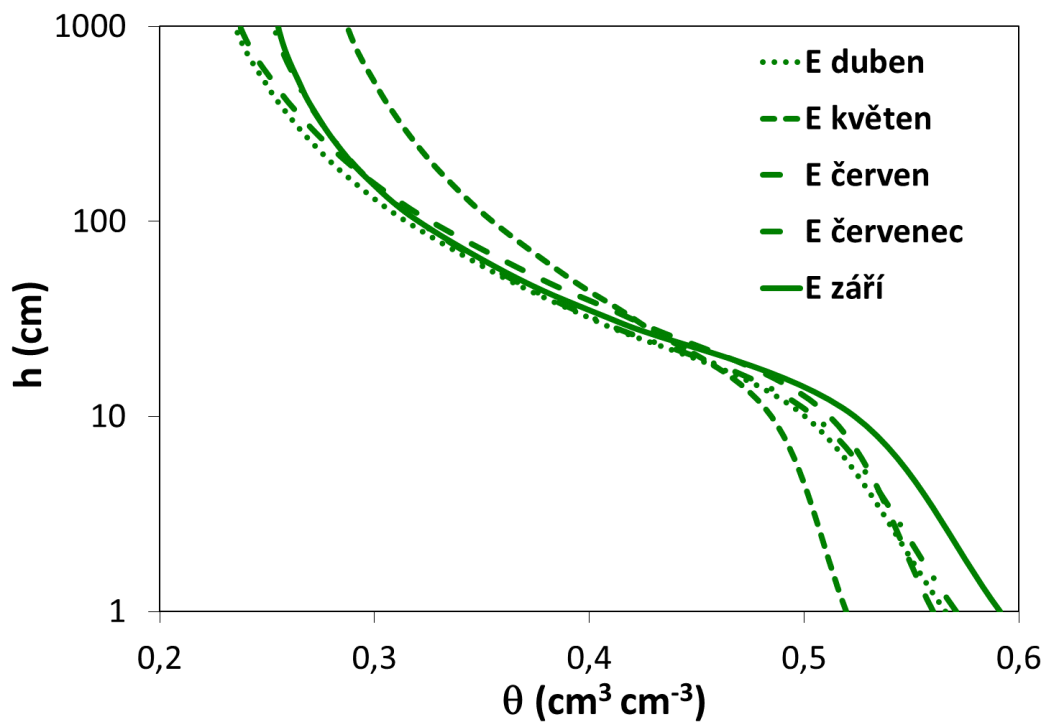
#### Retenční čáry půdní vlhkosti

V grafu (obr. 81.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro pět odběrů v průběhu vegetačního období v obou typech hospodaření. V grafu (obr. 82.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro pět odběrů v průběhu vegetačního období pro variantu ekologické zemědělství. V grafu (obr. 83.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro pět odběrů v průběhu vegetačního období pro variantu konvenční zemědělství. V grafu (obr. 84.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro dubnový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 85.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro květnový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 86.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro červnový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 87.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro červencový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a

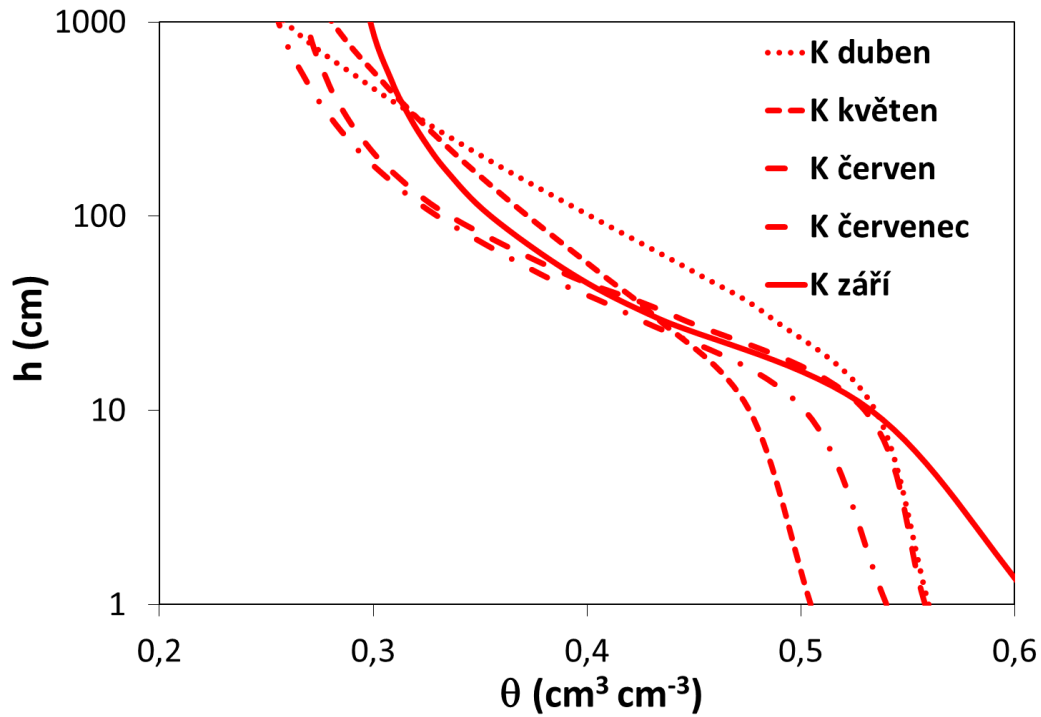
meziřádek. V grafu (obr. 88.) jsou zobrazeny průměrné tvary retenčních čar pro odběr září v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek.



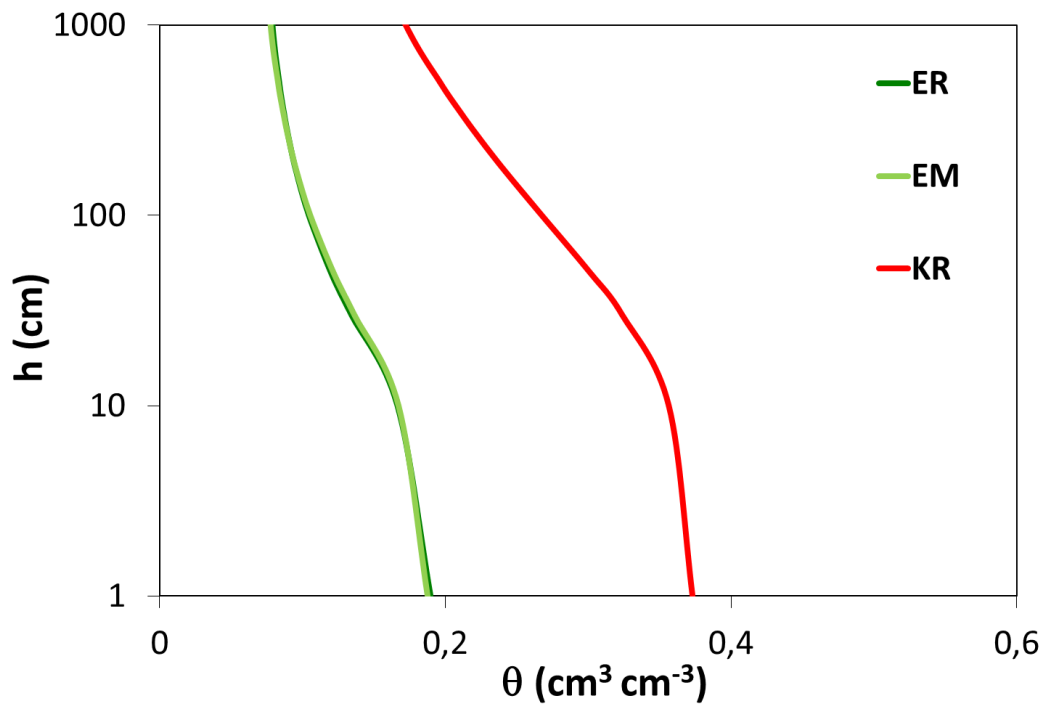
Obrázek 81. Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro konvenční (K) (červeně) i ekologické (E) (zeleně) zemědělství, za jednotlivé odběry.



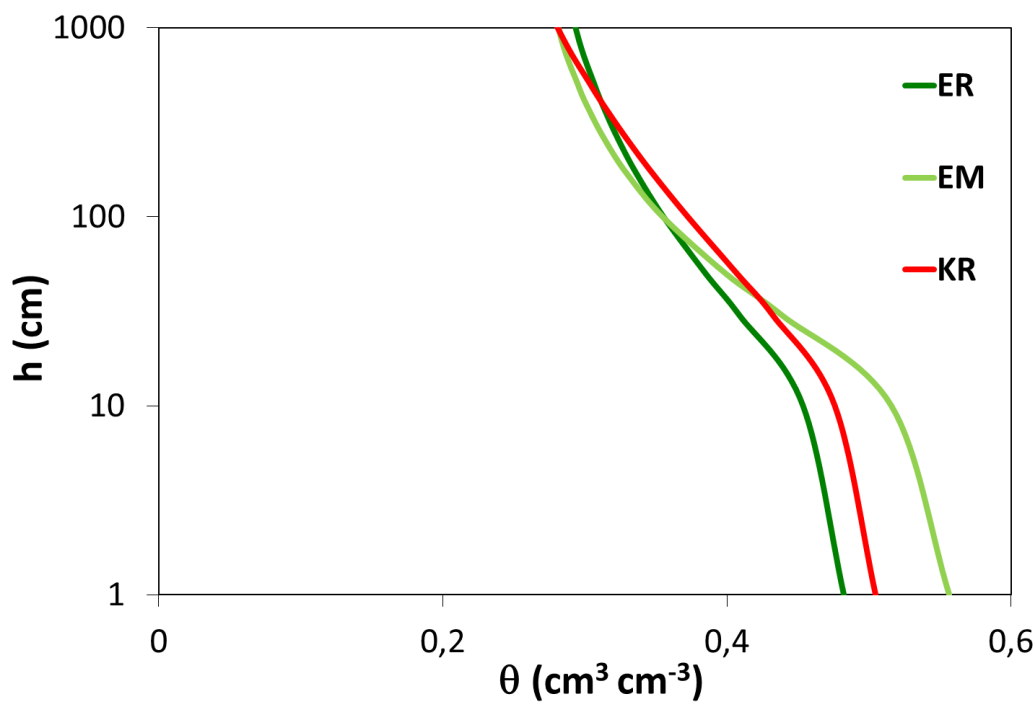
Obrázek 82. Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro ekologické (E) (zeleně) zemědělství za jednotlivé odběry.



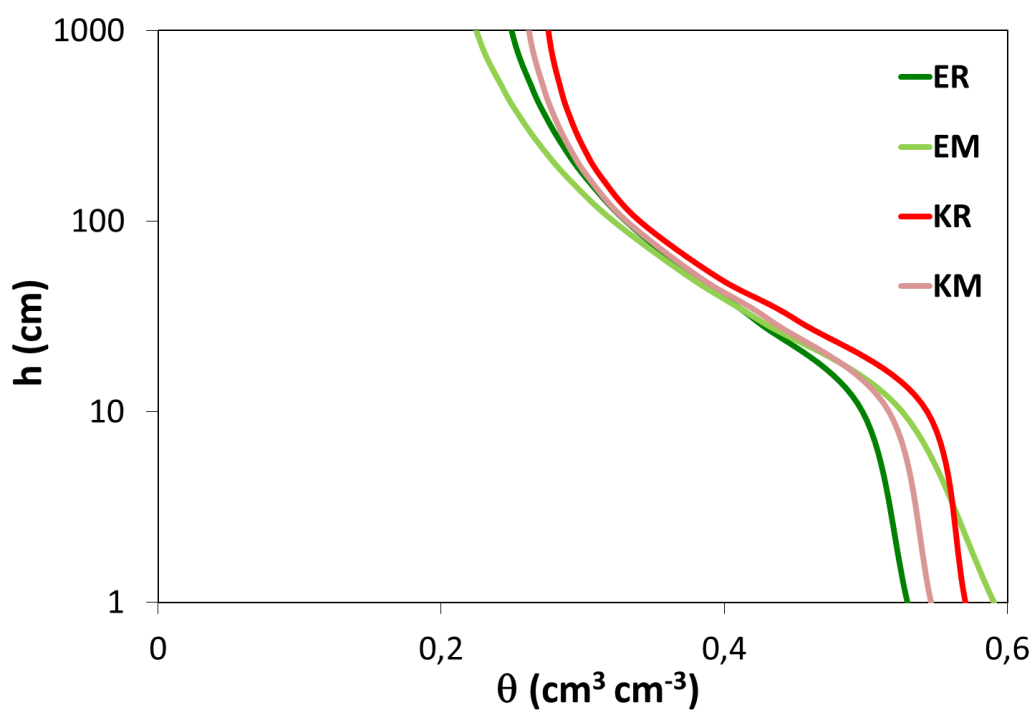
Obrázek 83. Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro konvenční zemědělství (K) (červeně) za jednotlivé odběry.



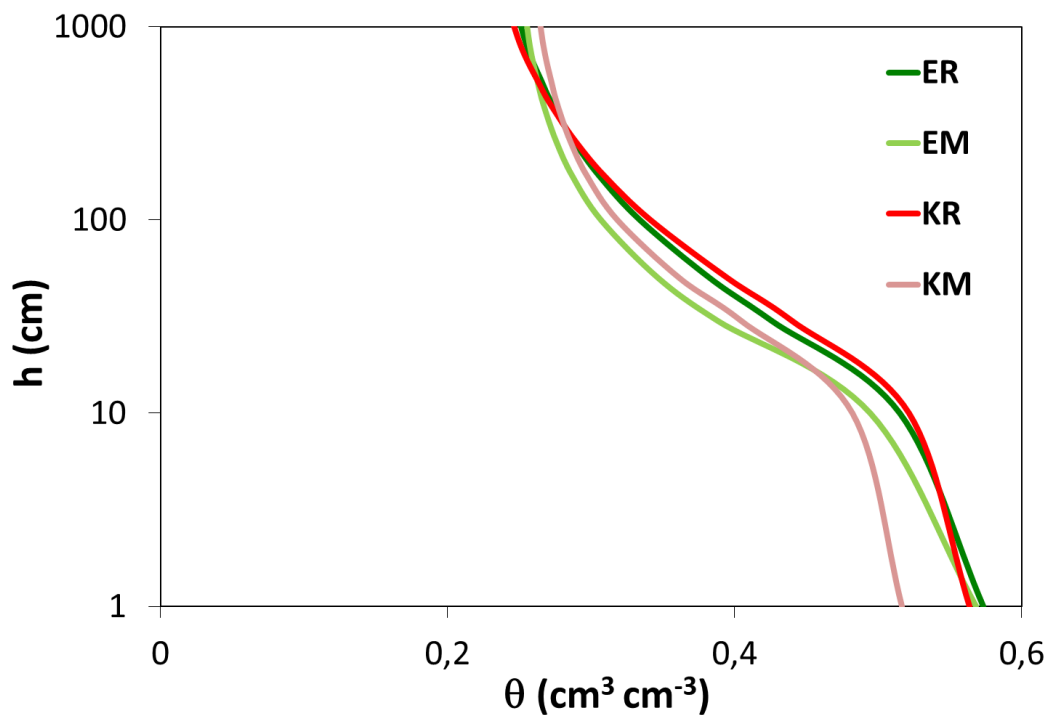
Obrázek 84. Průměrné tvary retenčních čar získaných z Tempských cel – dubnový odběr, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně).



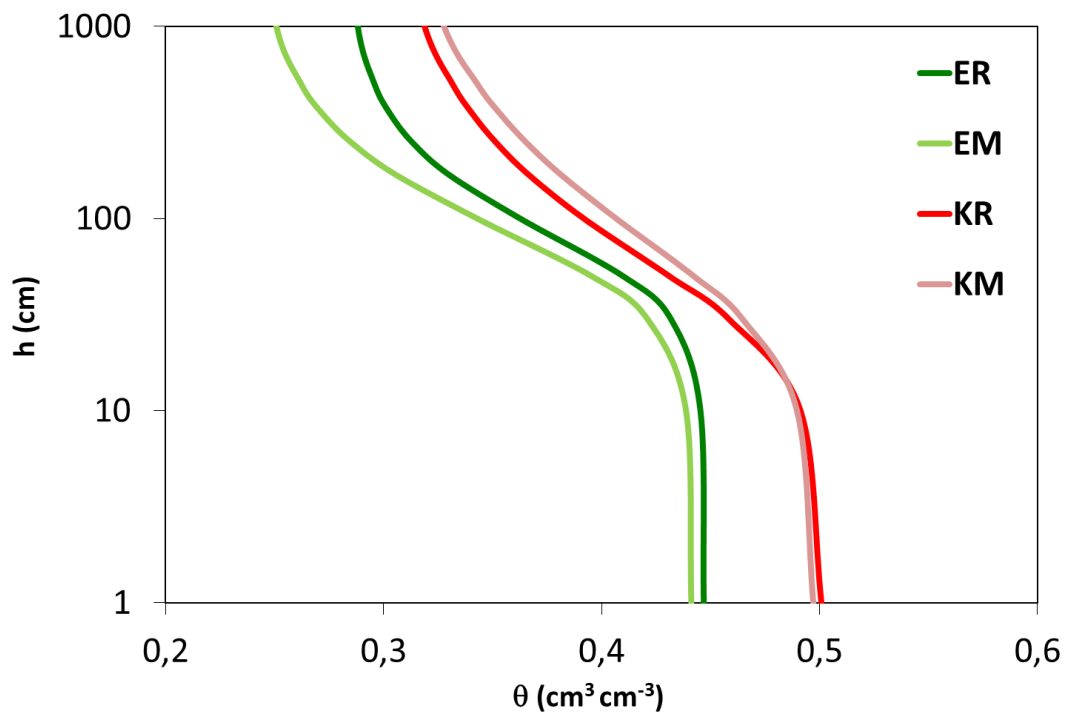
Obrázek 85. Průměrné tvary retenčních čar získaných z *Tempských cel – květnový odběr*, varianty: *ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně)*, *ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně)*, *konvence – řádek (KR, červeně)*.



Obrázek 86. Průměrné tvary retenčních čar získaných z *Tempských cel – červenový odběr*, varianty: *ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně)*, *ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně)*, *konvence – řádek (KR, červeně)*, *konvence – meziřádek (KM, růžově)*.



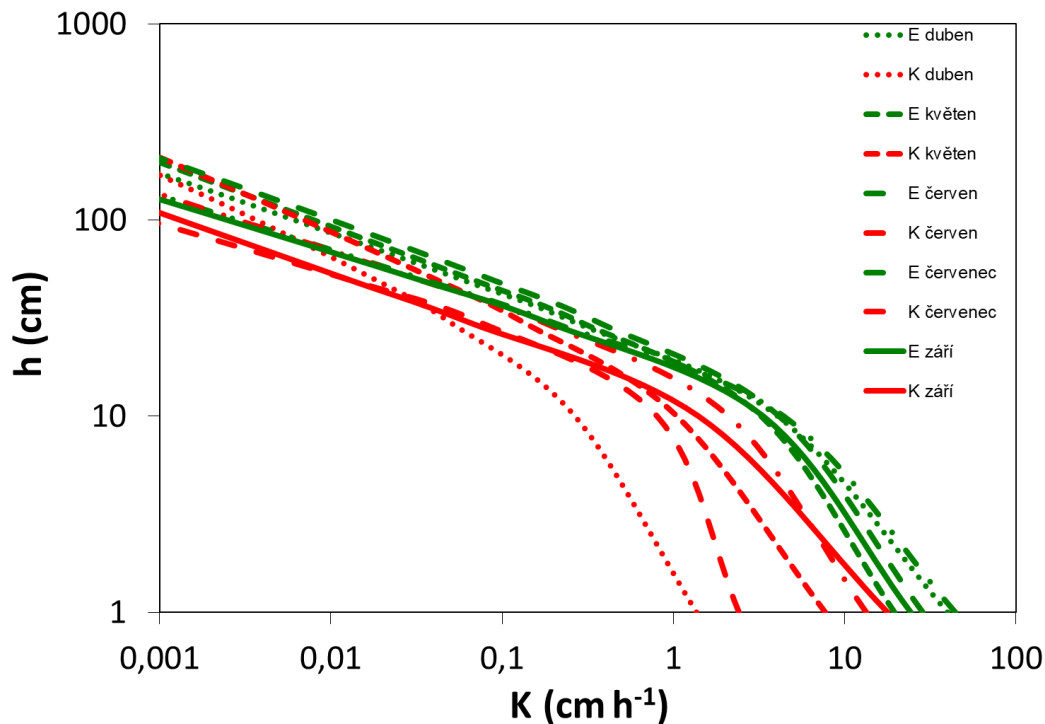
Obrázek 87. Průměrné tvary retenčních čar získaných z Temp'ských cel – červencový odběr, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně), konvence – meziřádek (KM, růžově).



Obrázek 88. Průměrné tvary retenčních čar získaných z Temp'ských cel – odběr září, varianty: ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně), konvence – meziřádek (KM, růžově).

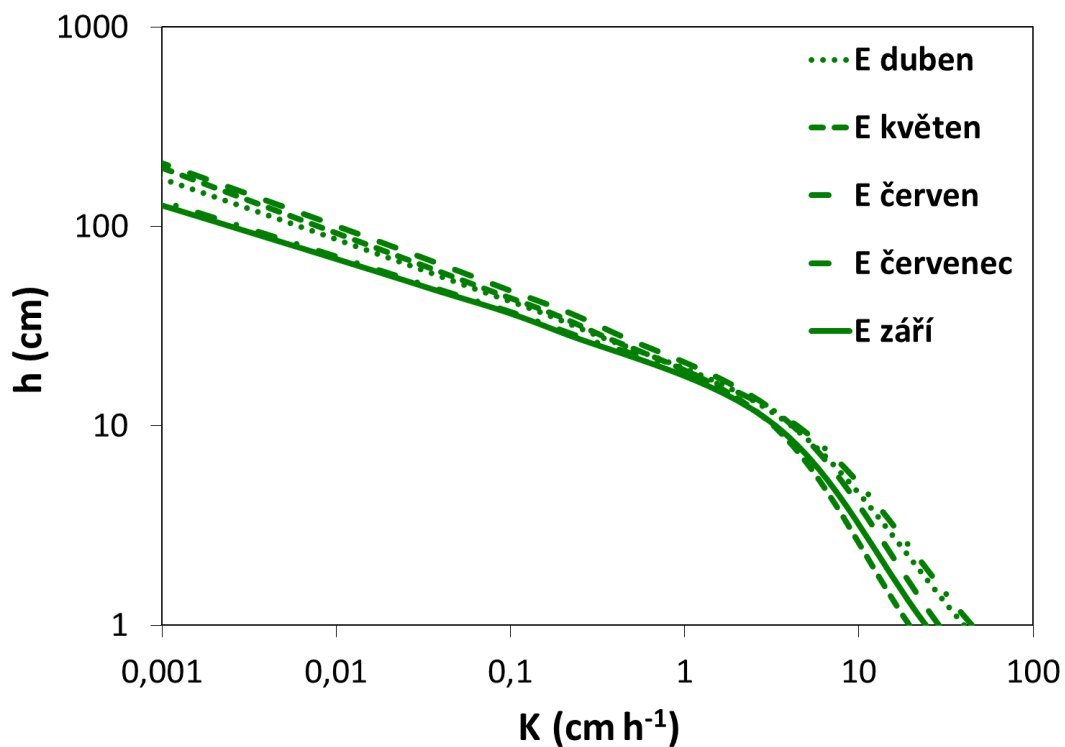
## Křivky hydraulických vodivostí

V grafu (obr. 89.) jsou zobrazeny průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí pro pět odběrů v průběhu vegetačního období v obou typech hospodaření. V grafu (obr. 90.) jsou zobrazeny průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí pro pět odběrů v průběhu vegetačního období pro variantu ekologické zemědělství. V grafu (obr. 91.) jsou zobrazeny průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí pro pět odběrů v průběhu vegetačního období pro variantu konvenční zemědělství. V grafu (obr. 92.) jsou zobrazeny průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí pro dubnový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 93.) jsou zobrazeny průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí pro květnový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 94.) jsou zobrazeny průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí pro červenový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 95.) jsou zobrazeny průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí pro červencový odběr v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek. V grafu (obr. 96.) jsou zobrazeny průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí pro odběr září v obou typech hospodaření pro varianty řádek a meziřádek.

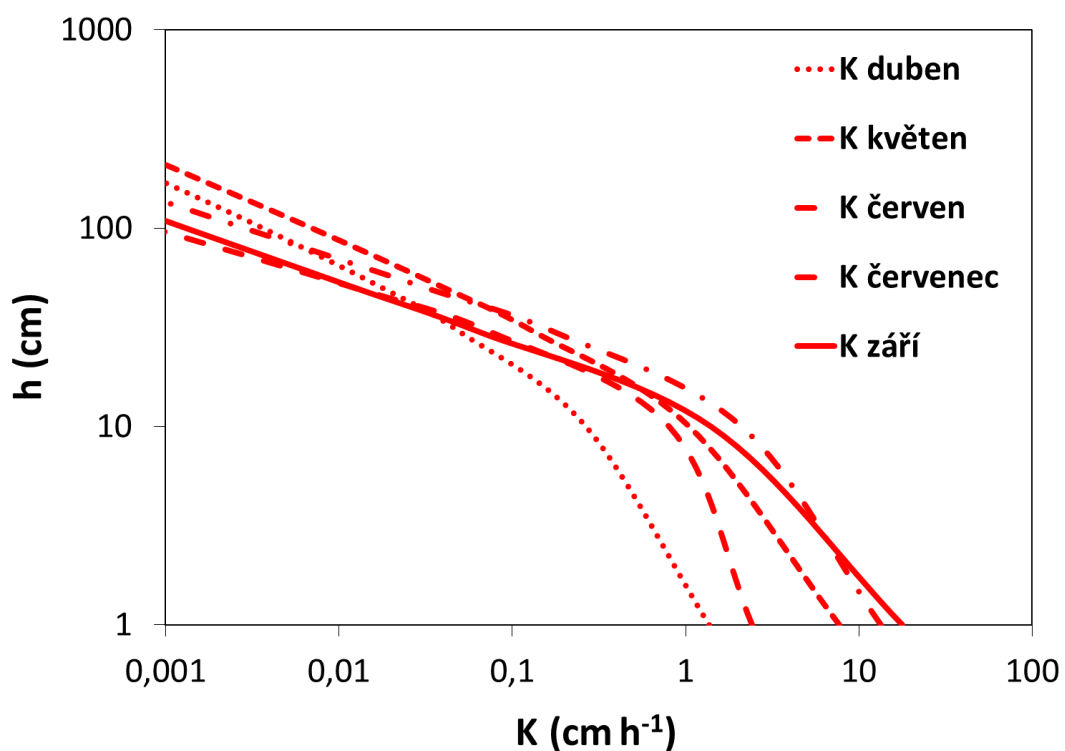


Obrázek 89. Tvary křivek hydraulických vodivostí (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro konvenční (K) (červeně) i ekologické (E) (zeleně) zemědělství, za jednotlivé odběry.

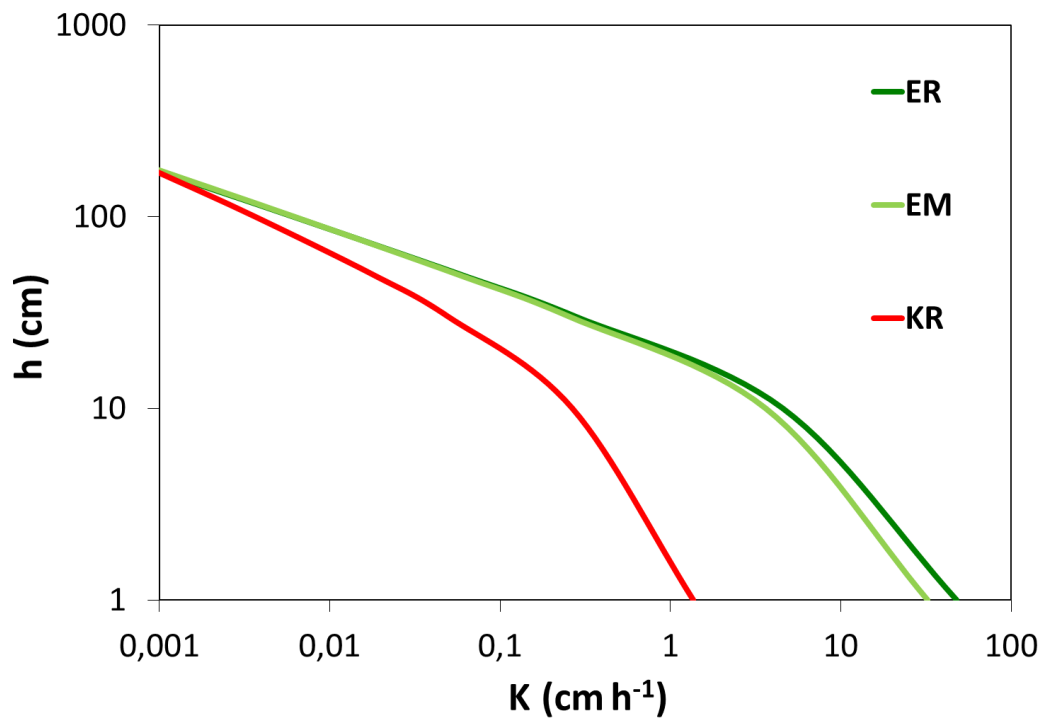




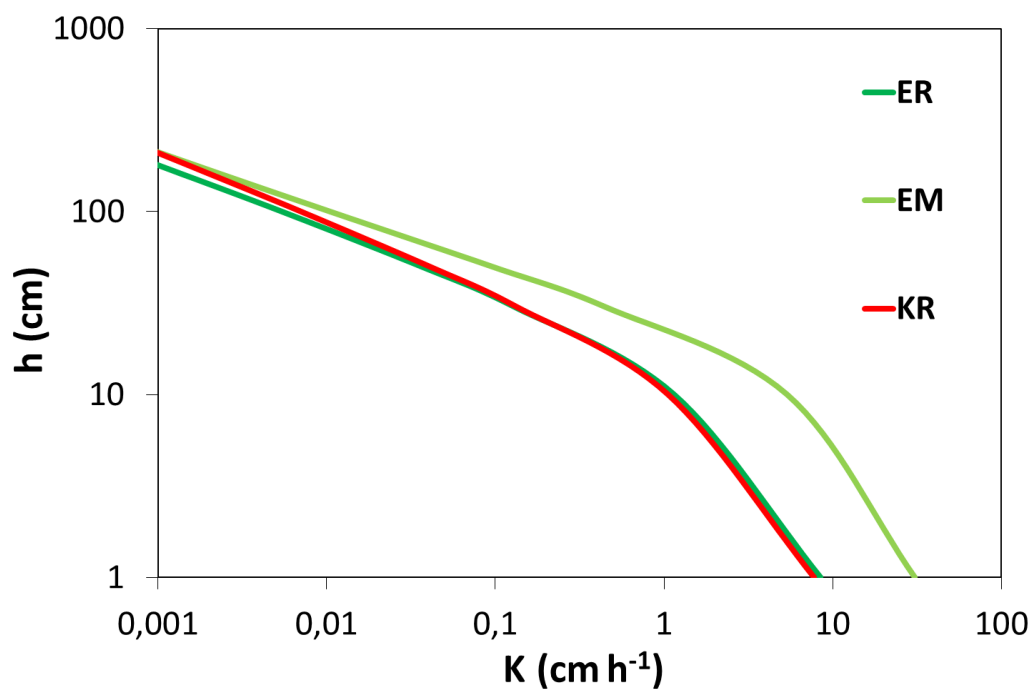
Obrázek 90. Tvary křivek hydraulických vodivostí (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro ekologické (E) (zeleně) zemědělství, za jednotlivé odběry.



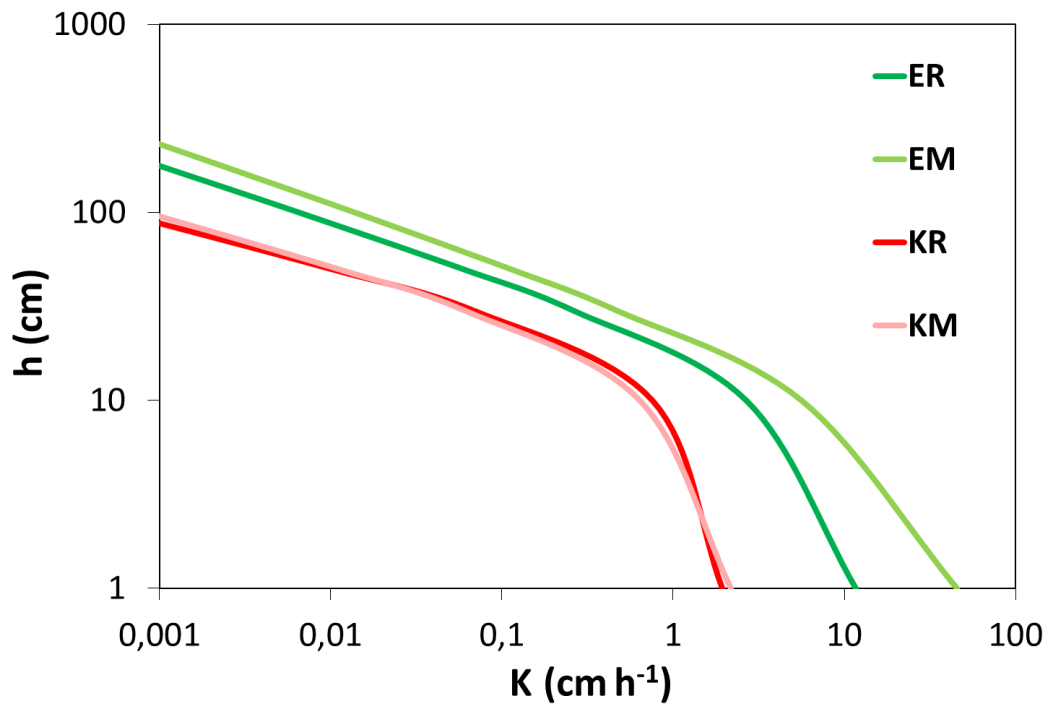
Obrázek 91. Tvary křivek hydraulických vodivostí (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro konvenční (K) (červeně) zemědělství, za jednotlivé odběry.



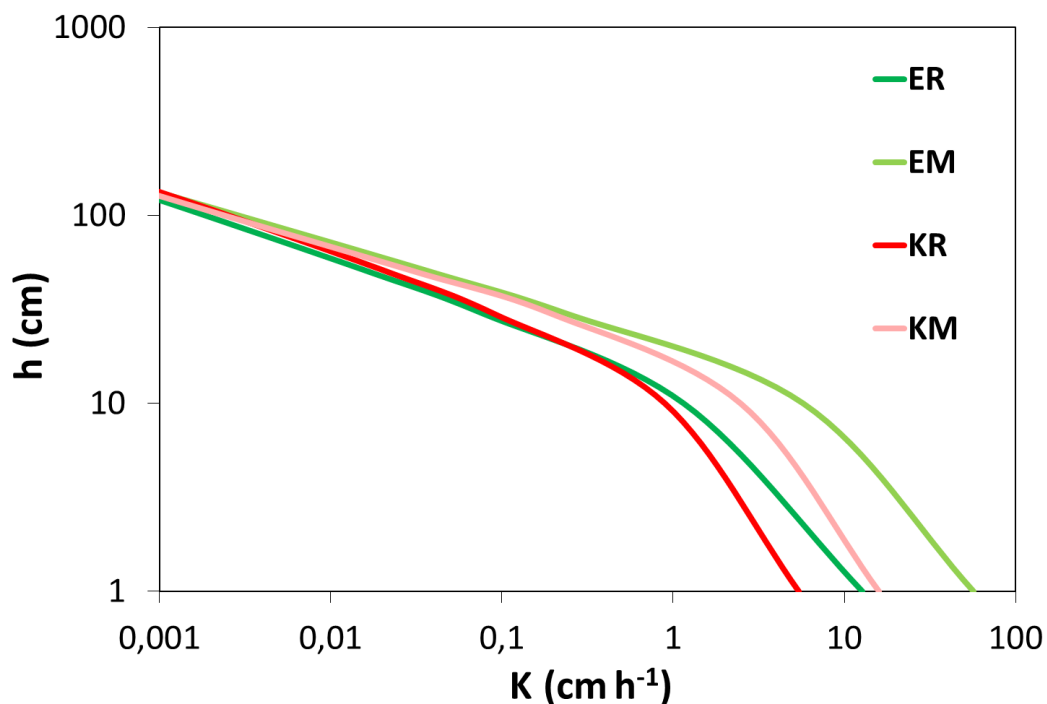
Obrázek 92. Průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí odběr duben, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně).



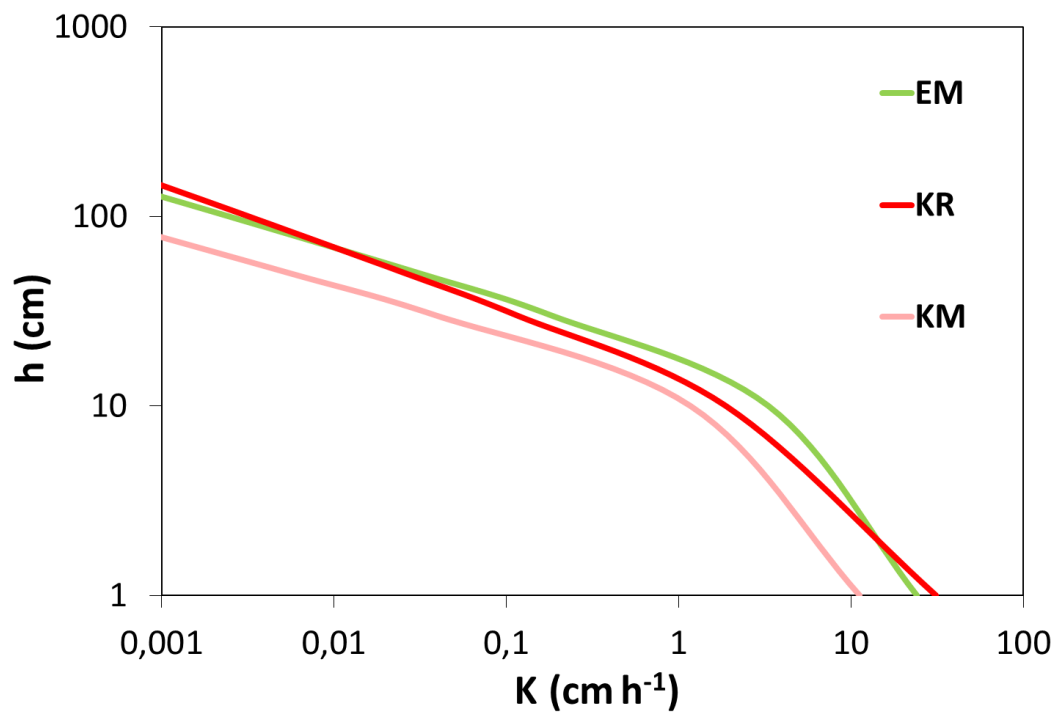
Obrázek 93. Průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí odběr květen, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně).



Obrázek 94. Průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí odběr červen, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně), konvence – meziřádek (KM, růžově).



Obrázek 95. Průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí odběr červenec, varianty: ekologie – řádek (ER, tmavě zeleně), ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně), konvence – meziřádek (KM, růžově).



Obrázek 96. Průměrné tvary křivek hydraulických vodivostí odběr září, varianty: ekologie – meziřádek (EM, světle zeleně), konvence – řádek (KR, červeně), konvence – meziřádek (KM, růžově).

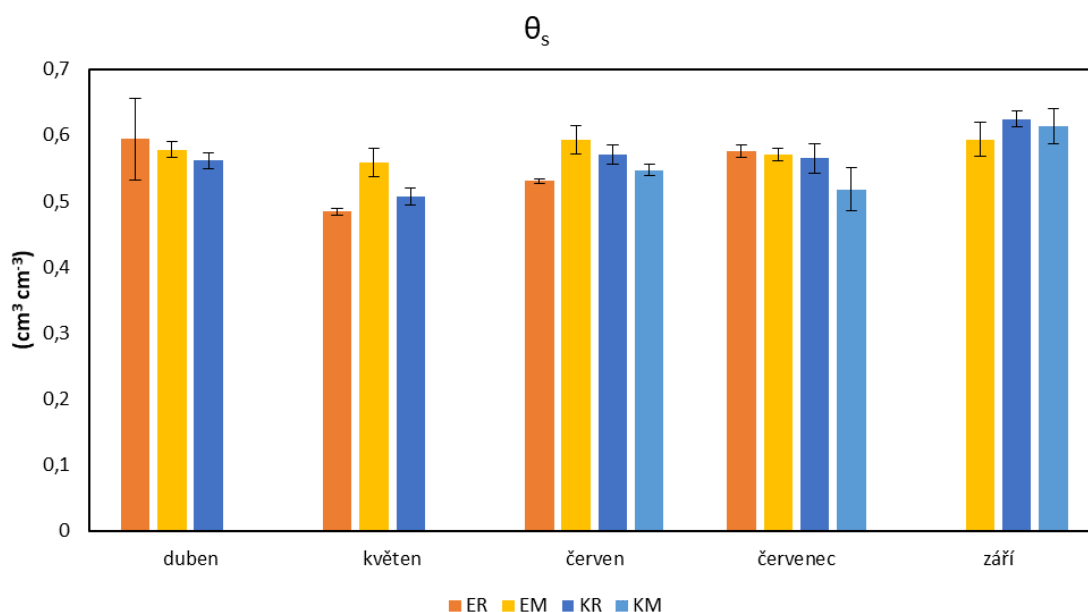
### 5.3.2.2 Parametry retenčních čar

Výsledné průměrné hodnoty hydraulických parametrů, získaných z tempských cel a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 144. Výsledné hodnoty nasycené vlhkosti ( $\theta_s$ ), reziduální vlhkosti ( $\theta_r$ ),  $\alpha$ ,  $n$  a jejich směrodatné odchylky (Tempské cely).

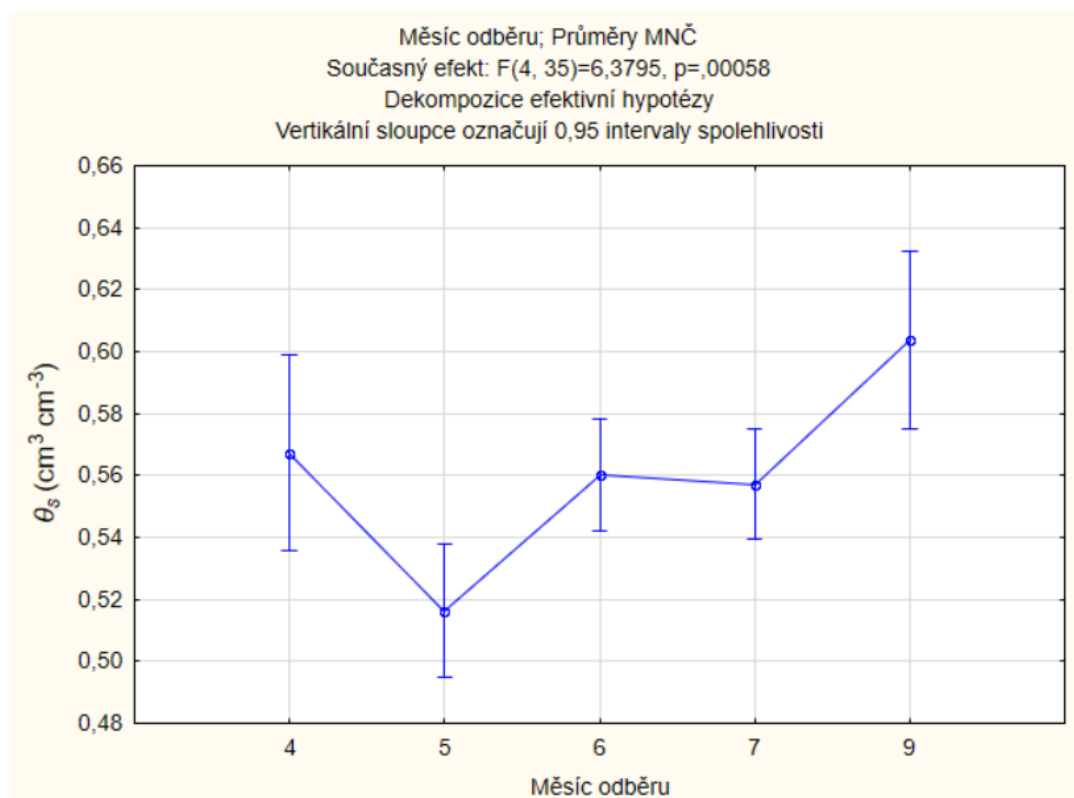
Odběr	Var.	$\theta_s$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\theta_r$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\alpha$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$n$ (-)
Duben	EŘ	0,59±0,06	0,21±0	0,09±0	1,55±0
	EM	0,58±0,01	0,2±0	0,08±0	1,53±0
	KŘ	0,56±0,01	0,07±0,06	0,04±0	1,27±0,05
Květen	EŘ	0,48±0,01	0,25±0	0,07±0,02	1,41±0,08
	EM	0,56±0,02	0,24±0,01	0,07±0,01	1,58±0,21
	KŘ	0,51±0,01	0,13±0,06	0,07±0,02	1,24±0,09
Červen	EŘ	0,53±0	0,22±0,01	0,05±0,01	1,64±0,18
	EM	0,59±0,02	0,18±0,01	0,08±0,01	1,52±0,05
	KŘ	0,57±0,01	0,26±0,05	0,05±0,01	2,01±0,29
	KM	0,55±0,01	0,24±0,03	0,05±0,01	1,81±0,22
Červenec	EŘ	0,58±0,01	0,22±0,01	0,08±0,02	1,55±0,02
	EM	0,57±0,01	0,24±0,04	0,09±0,01	1,74±0,06
	KŘ	0,57±0,02	0,21±0,01	0,06±0,01	1,55±0,04
	KM	0,52±0,03	0,25±0,02	0,06±0,03	1,91±0,37
Září	EM	0,59±0,03	0,24±0,03	0,08±0,01	1,71±0,09
	KŘ	0,62±0,01	0,2±0	0,12±0	1,45±0
	KM	0,61±0,03	0,31±0,01	0,1±0,01	1,81±0,15

#### 5.3.2.2.1 Nasycená půdní vlhkost ( $\theta_s$ )

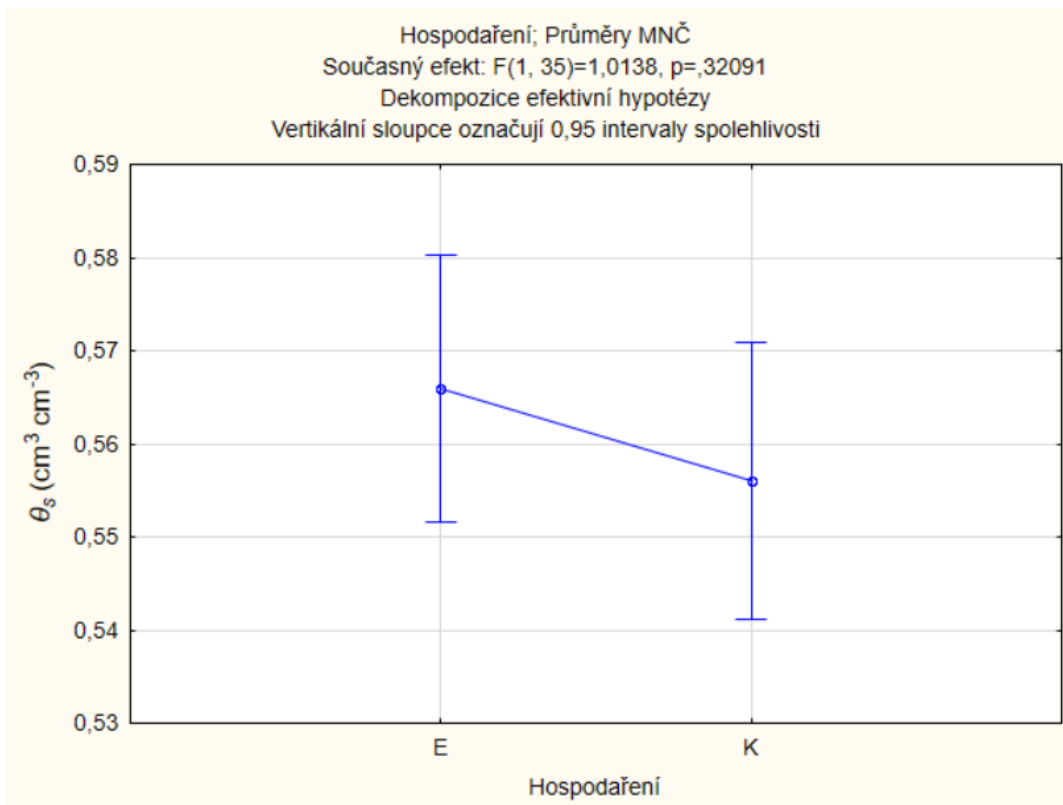


Obrázek 97. Graf výsledných hodnot nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) a směrodatné odchylky.

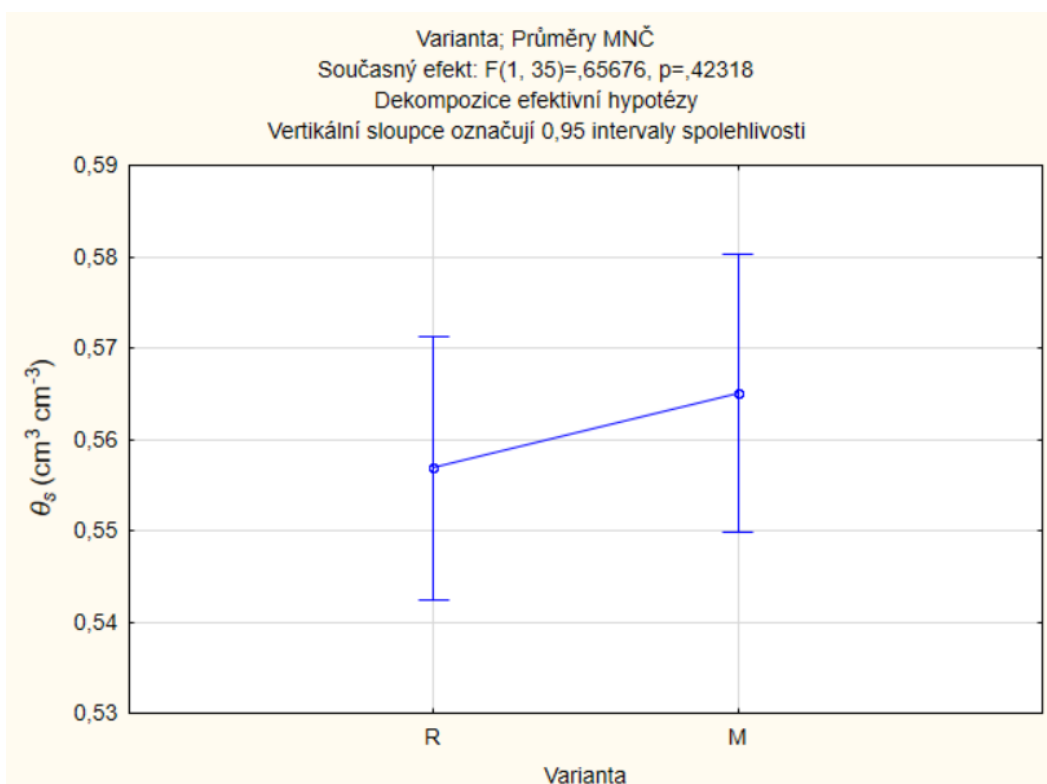
Stanovením hodnot nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) (obr. 97.) bylo zjištěno, že vzorky vykazovaly nižších hodnot v měsíci květnu a vyšších hodnot v měsíci září. Nejvyšší hodnota nasycené vlhkosti půdy ( $\theta_s$ ) v ekologickém zemědělství: 0,59 byla naměřena u 3 variant: duben-řádek, červen a září meziřádek, nejnižší hodnota: 0,48 u varianty řádek v květnu. V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota stanovena u varianty září-řádek: 0,62, zatímco nejnižší u varianty květen řádek: 0,51.



Obrázek 98. Porovnání výsledků nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 99. Porovnání výsledků nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

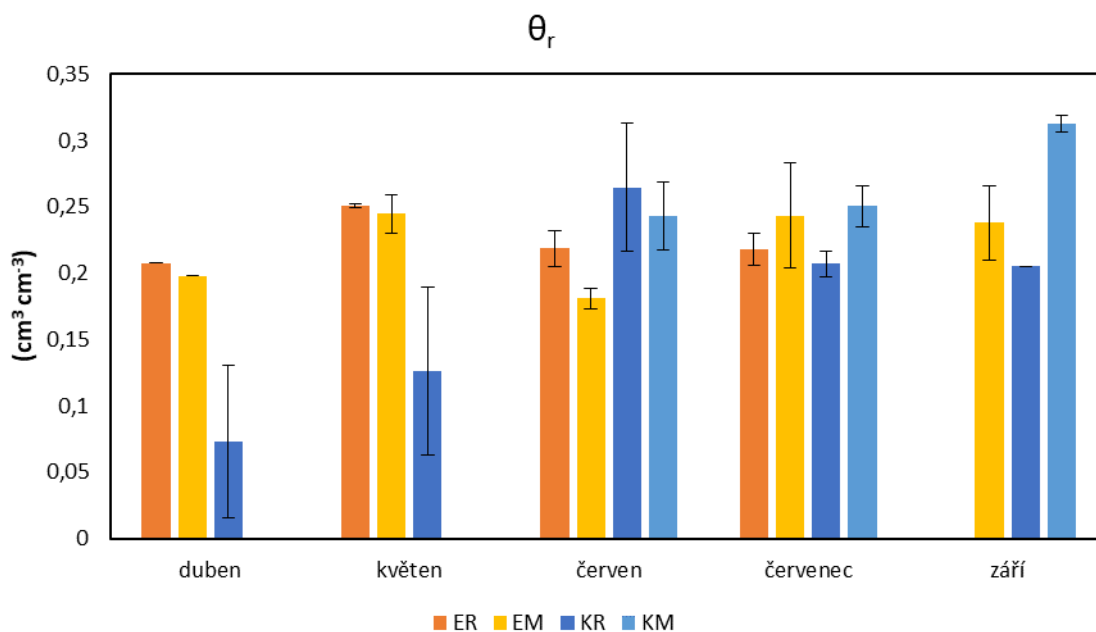


Obrázek 100. Porovnání výsledků nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly v hodnotách nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) v jednotlivých odběrech jsou statisticky významné

(viz obr. 98.), zatímco rozdíly v typech hospodaření (viz obr. 99.) a u variant řádek a meziřádek (viz obr. 100.) statisticky významné nejsou. Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 19.

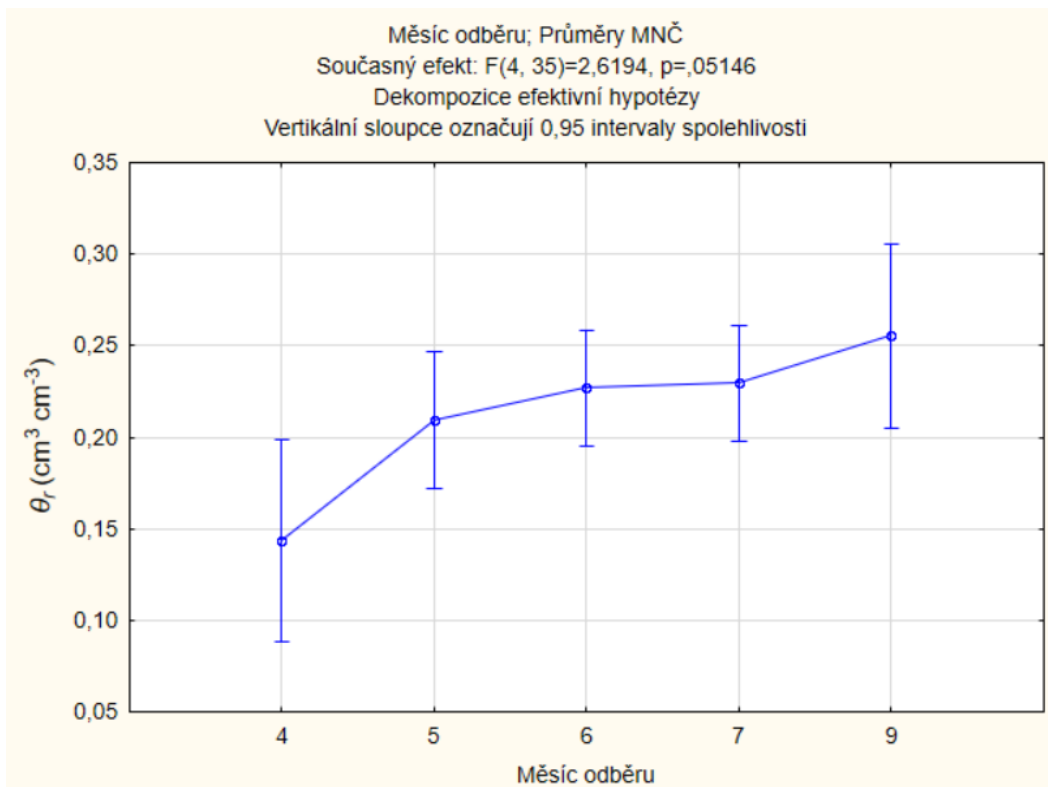
#### 5.3.2.2.2 Residuální vlhkost půdy ( $\theta_r$ )



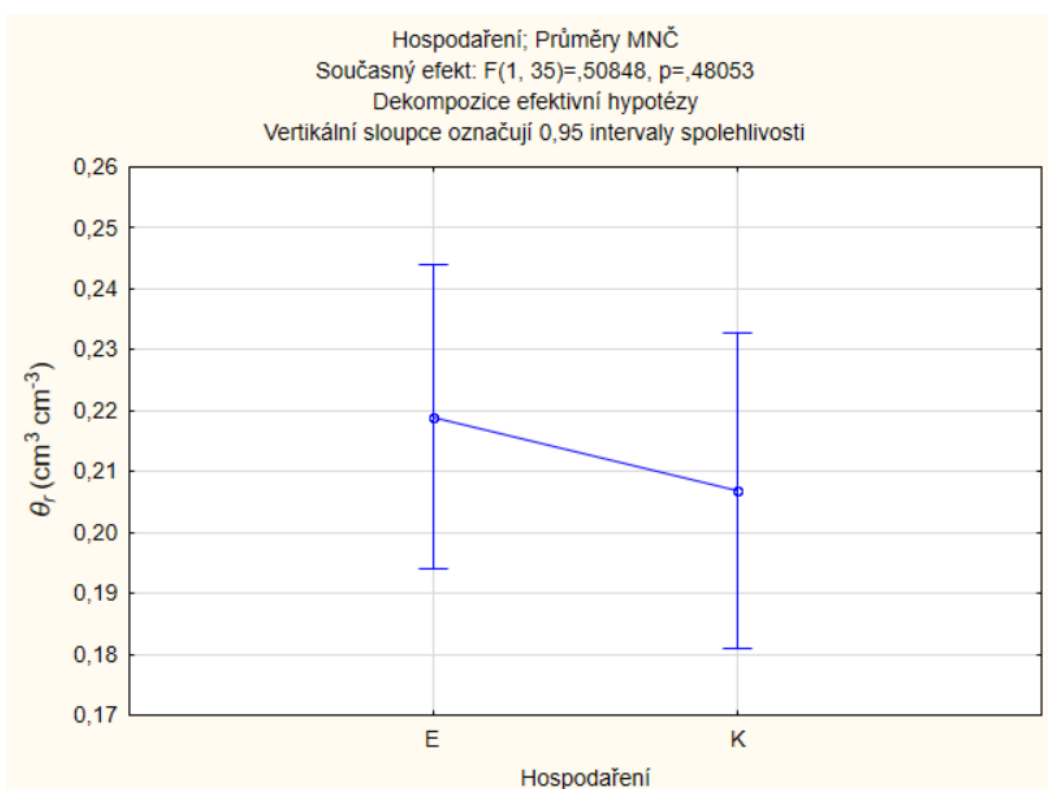
Obrázek 101. Graf výsledných hodnot reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) a směrodatné odchylky.

Stanovením hodnot reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) (obr. 101.) bylo zjištěno, že zatímco na začátku sezony vzorky nabývaly vyšších hodnot v ekologickém zemědělství, ke konci sezony nabývali vyšších hodnot v konvenčním zemědělství. Nejvyšší hodnota reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) v ekologickém zemědělství: 0,25, byla stanovena u varianty řádek v měsíci květnu, nejnižší hodnota: 0,18 u varianty meziřádek v červnu. V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota stanovena u varianty září-meziřádek: 0,31, zatímco nejnižší u varianty duben-řádek: 0,07.

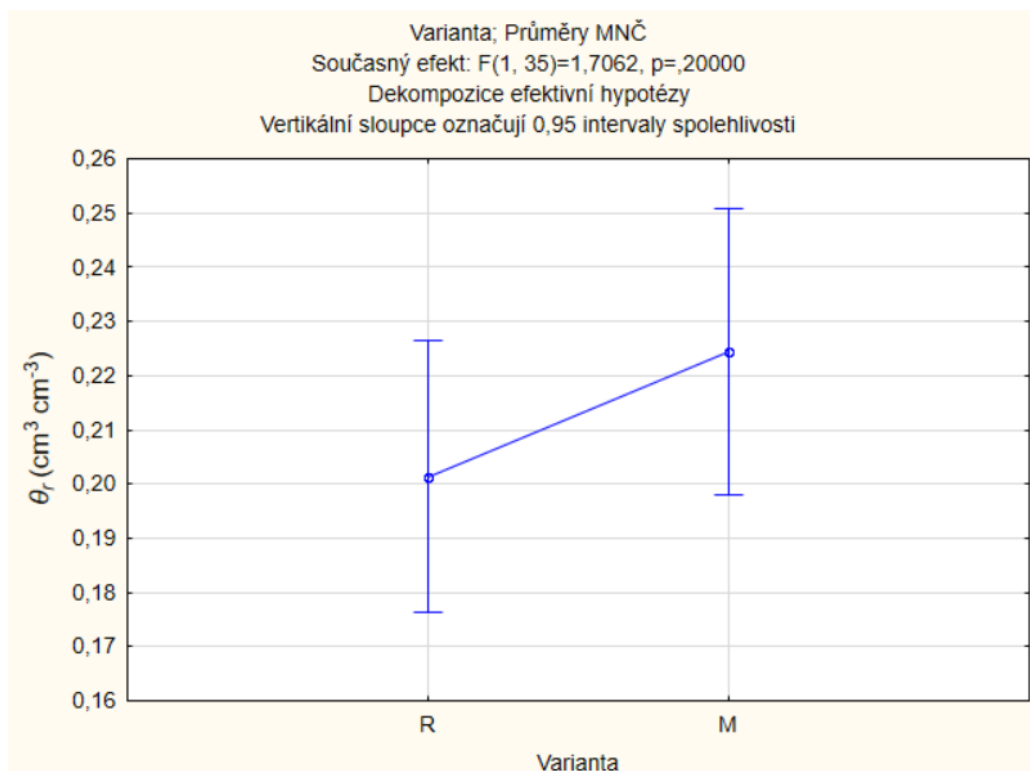




Obrázek 102. Porovnání výsledků reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



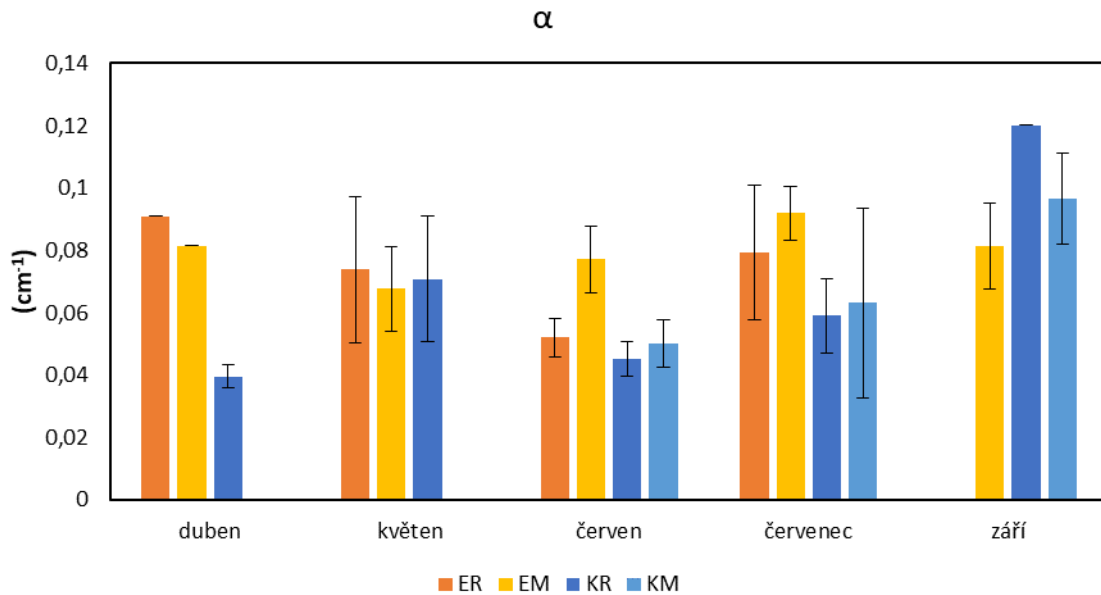
Obrázek 103. Porovnání výsledků reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 104. Porovnání výsledků reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

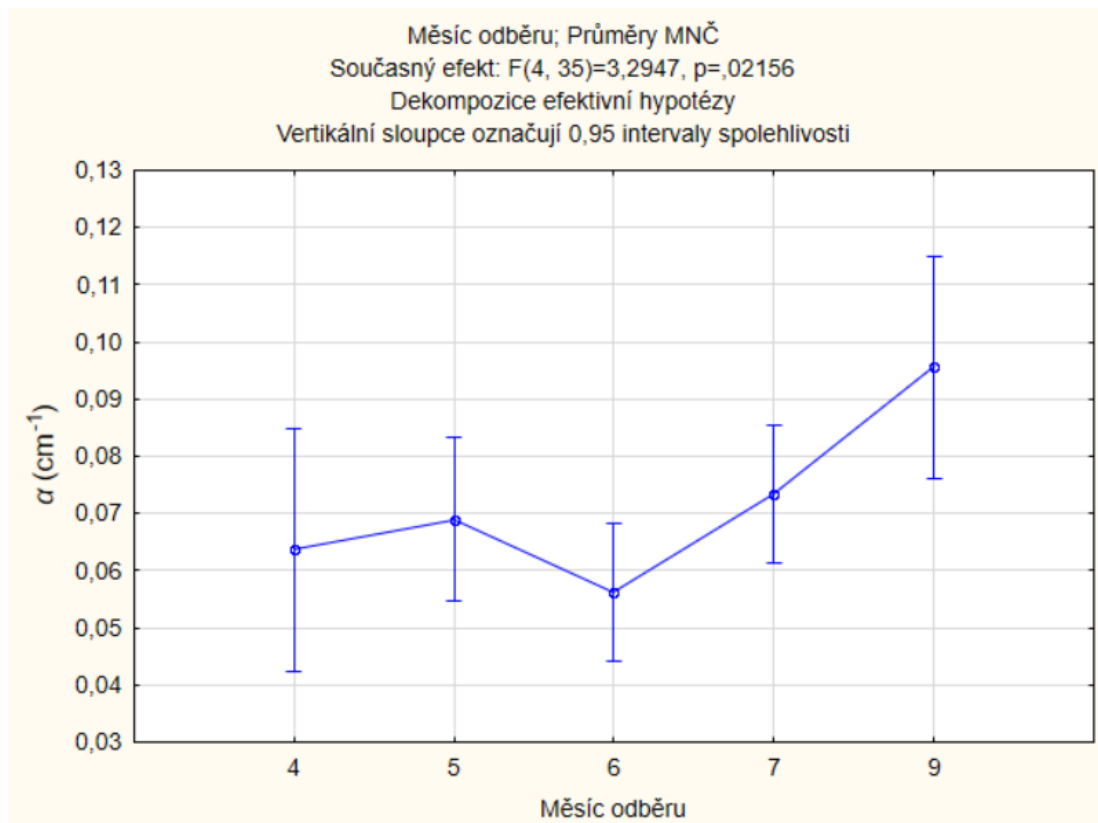
Za použití statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) jsou vyšší v ekologickém zemědělství, tyto rozdíly však nejsou statisticky významné (viz obr. 103). Rozdíly reziduální vlhkosti půdy ( $\theta_r$ ) v jednotlivých odběrech a u variant řádek a meziřádek též nejsou statisticky významné (viz obr. 102. a 104.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 20.

### 5.3.2.2.3 Parametr $\alpha$ zakřivení retenční čáry

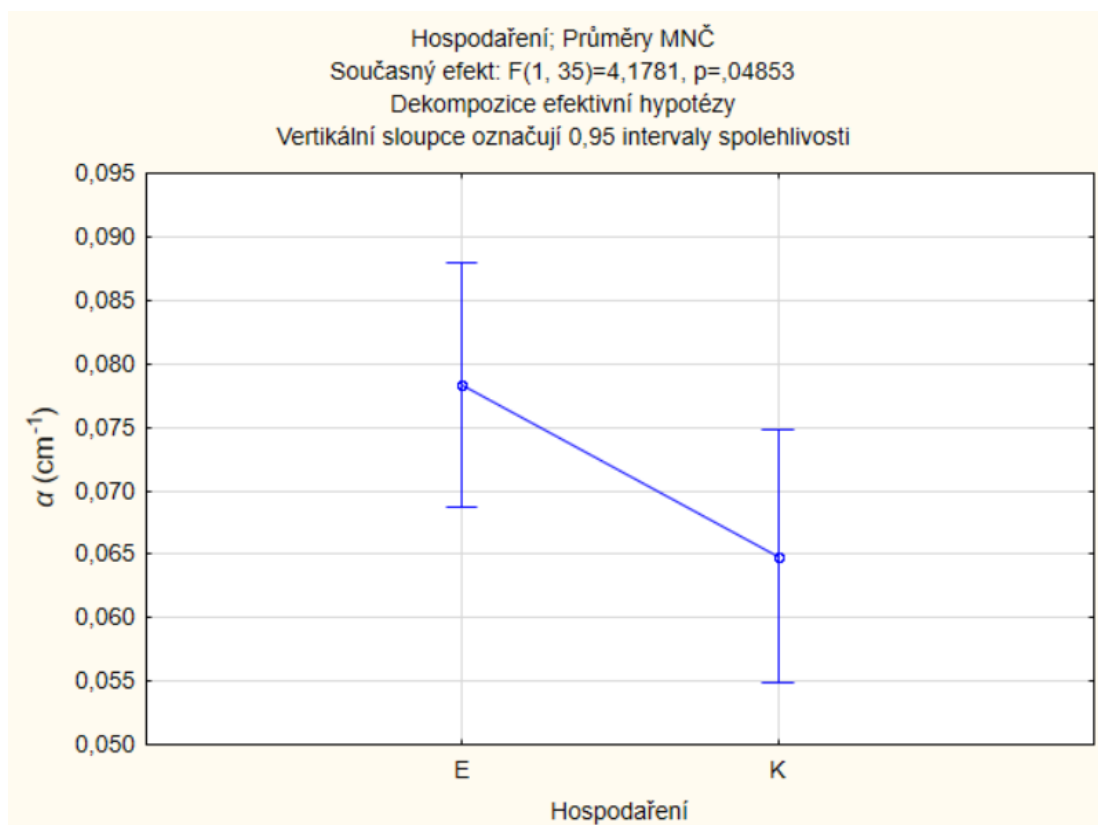


Obrázek 105. Graf výsledných hodnot parametru  $\alpha$  zakřivení retenční čáry a směrodatné odchylky.

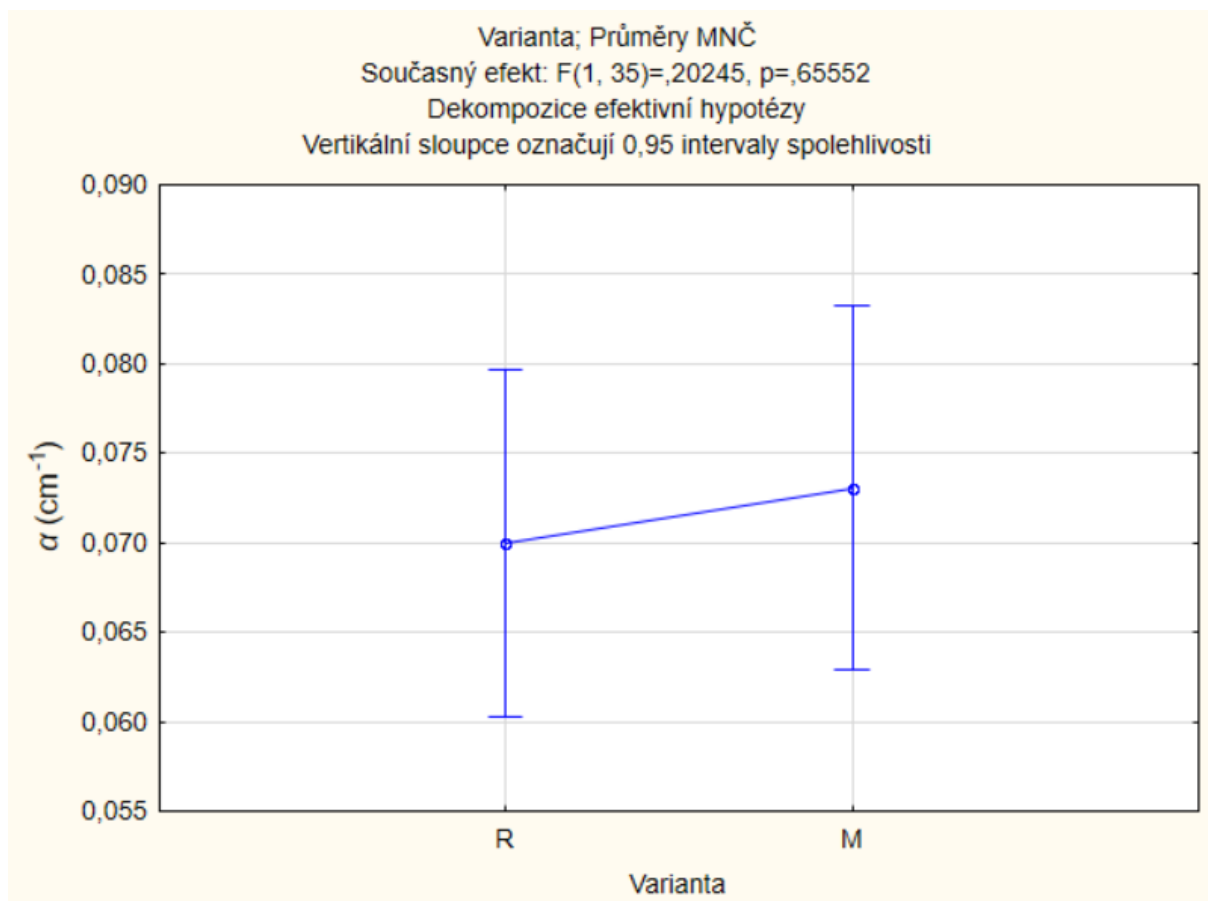
Stanovením hodnot parametru zakřivení retenční čáry půdní vlhkosti ( $\alpha$ ) (viz obr. 105.) bylo zjištěno, že ve čtyřech měsících odběru nabývají vzorky vyšších hodnot u ekologického zemědělství, zatímco v září je tomu naopak. Nejvyšší hodnota v ekologickém zemědělství byla získána u variant duben-řádek červenec-meziřádek: 0,09, zatímco nejnižší u varianty červen-řádek 0,05. V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota získána u varianty září-řádek: 0,12 a nejnižší u varianty duben-řádek: 0,04.



Obrázek 106. Porovnání výsledků parametru  $\alpha$  zakřivení retenční čáry v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



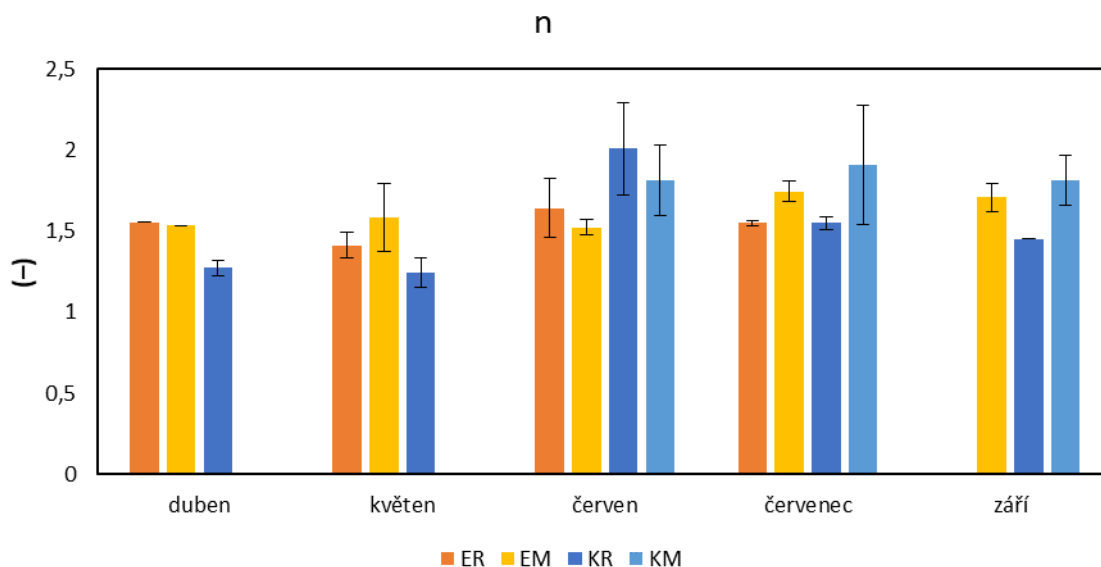
Obrázek 107. Porovnání výsledků parametru  $\alpha$  zakřivení retenční čáry ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 108. Porovnání výsledků parametru  $\alpha$  zakřivení retenční čáry variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

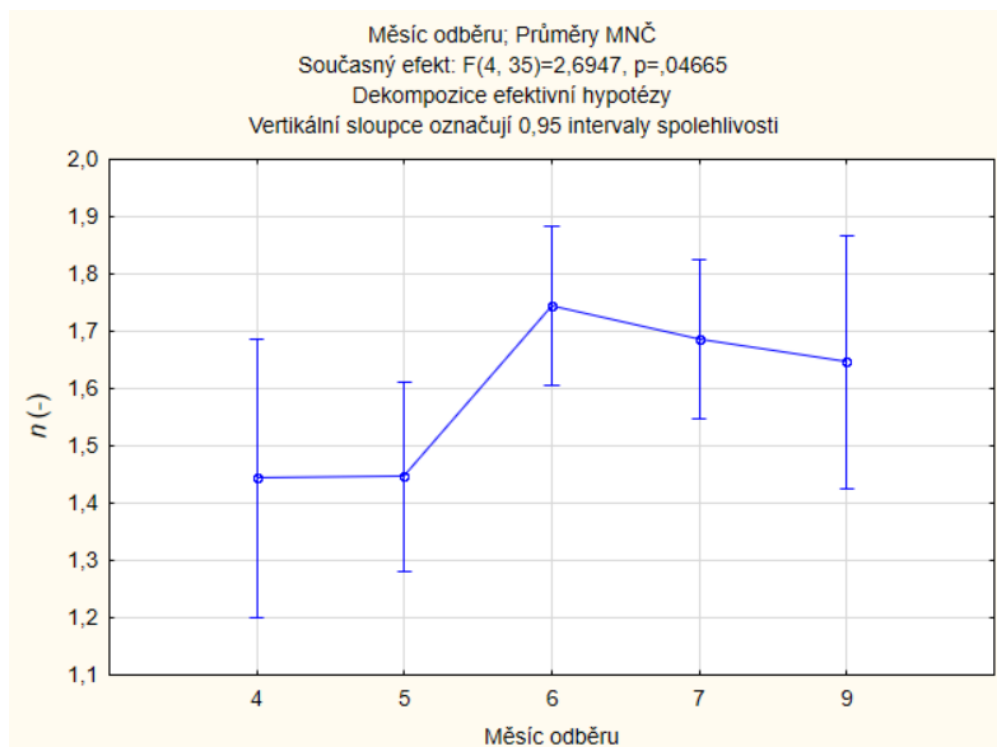
Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru zakřivení retenční čáry půdní vlhkosti ( $\alpha$ ) jsou vyšší v ekologickém zemědělství, tyto rozdíly jsou statisticky významné (viz obr. 107.). Rozdíly v jednotlivých odběrech jsou též statisticky významné (viz obr. 106). Rozdíly ve variantách řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 108.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 21.

### 5.3.2.2.4 Parametr $n$ zakřivení retenční čáry

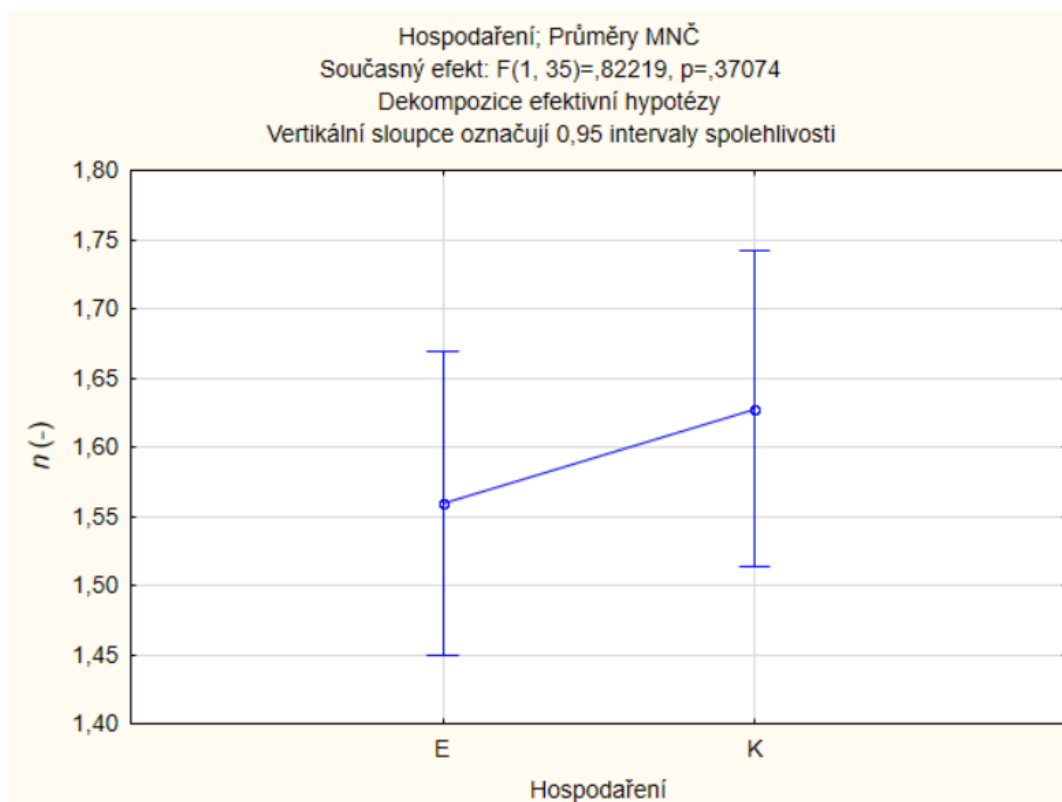


Obrázek 109. Graf výsledných hodnot parametru  $n$  zakřivení retenční čáry a směrodatné odchylky.

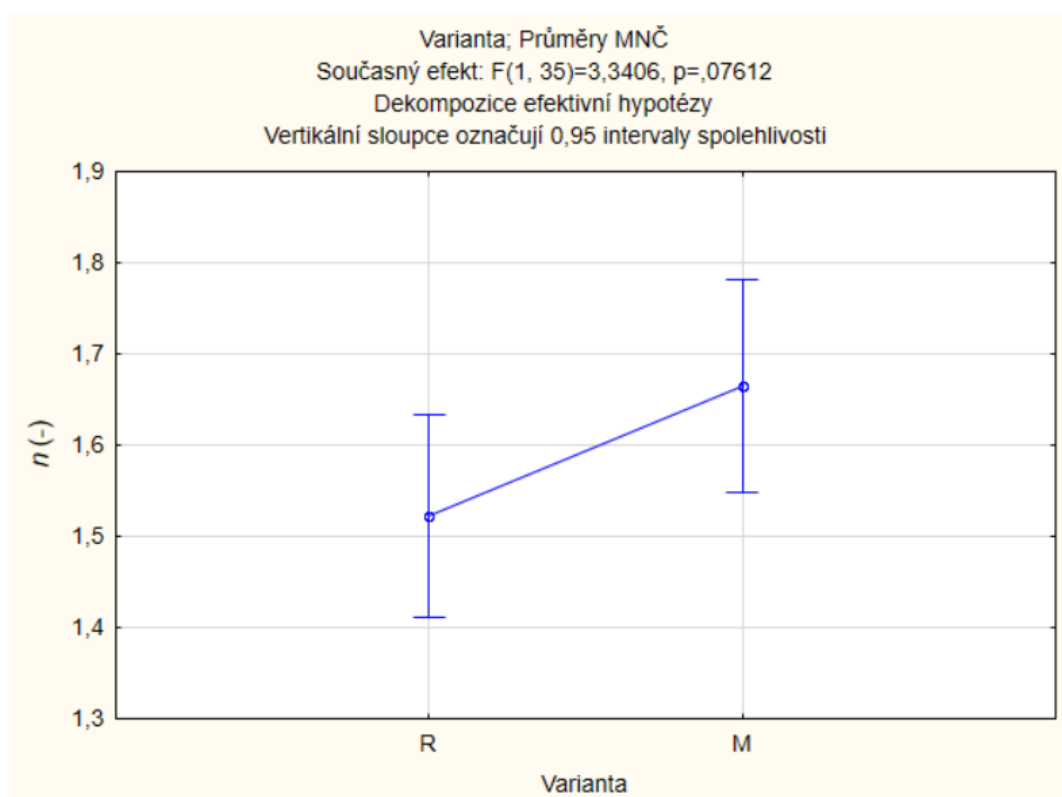
Stanovením hodnot parametru ( $n$ ) zakřivení retenční čáry (obr. 109.) bylo zjištěno, že vzorky dosahovaly vyšších hodnot v druhé polovině sezony. Nejvyšší hodnota v ekologickém zemědělství byla získána u varianty červenec-meziřádek: 1,74, zatímco nejnižší u varianty květen-řádek (1,41). V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota získána u varianty červen-řádek: 2,01 a nejnižší u varianty květen-řádek: 1,24.



Obrázek 110. Porovnání výsledků  $n$  zakřivení retenční čáry v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 111. Porovnání výsledků  $n$  zakřivení retenční čáry ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 112. Porovnání výsledků  $n$  zakřivení retenční čáry variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Na základě statistického šetření ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly v hodnotách parametru ( $n$ ) jsou statisticky významné u jednotlivých odběrů (obr. 110). Nejsou však statisticky významné mezi variantami různých hospodaření a řádek a mezířádek (obr. 111. a obr. 112.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 22.

### 5.3.2.3 Nasycená hydraulická vodivost ( $K_s$ )

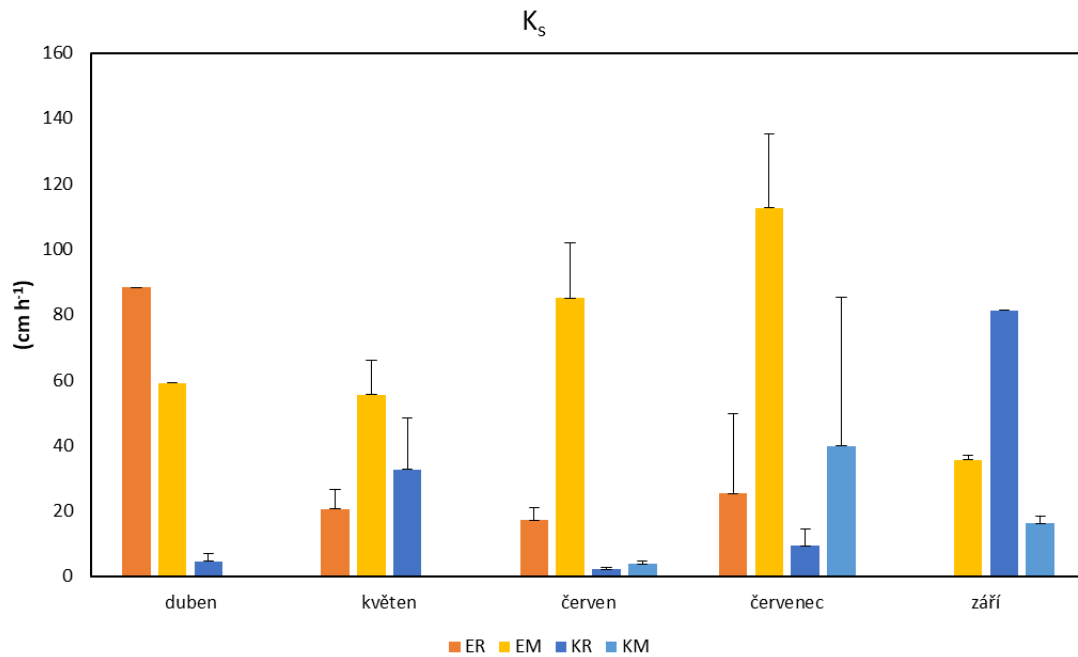
Výsledné průměrné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti, získané optimalizací hodnot ( $K_s$ ) a měřením ( $K_{smer}$ ), z Tempských cel a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 55. Výsledné průměrné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti, získané optimalizací hodnot ( $K_s$ ) a měřením ( $K_{smer}$ ), a jejich směrodatné odchylky.

Odběr	Var.	$K_s$ ( $\text{cm h}^{-1}$ )	$K_{smer}$ ( $\text{cm h}^{-1}$ )
Duben	EŘ	88,32±0	1,78±0,74
	EM	59,09±0	1,53±1,3
	KŘ	4,57±2,44	0,44±0,17
Květen	EŘ	20,64±6,02	0,8±0,25
	EM	55,56±10,54	0,96±0,54
	KŘ	32,67±15,6	0,58±0,41
Červen	EŘ	17,2±3,92	3,83±2,1
	EM	85,06±16,79	1,25±0,23
	KŘ	2,17±0,53	1,13±0,25
	KM	3,8±0,82	2,46±1,74
Červenec	EŘ	25,32±24,26	0,68±0,56
	EM	112,56±22,6	1,9±1,83
	KŘ	9,28±5,05	1,23±0,89
	KM	39,81±45,65	2±0,34
Září	EM	35,61±1,24	0,84±0,14
	KŘ	81,37±0	1,69±0,58
	KM	16,2±2,07	4,45±1,78

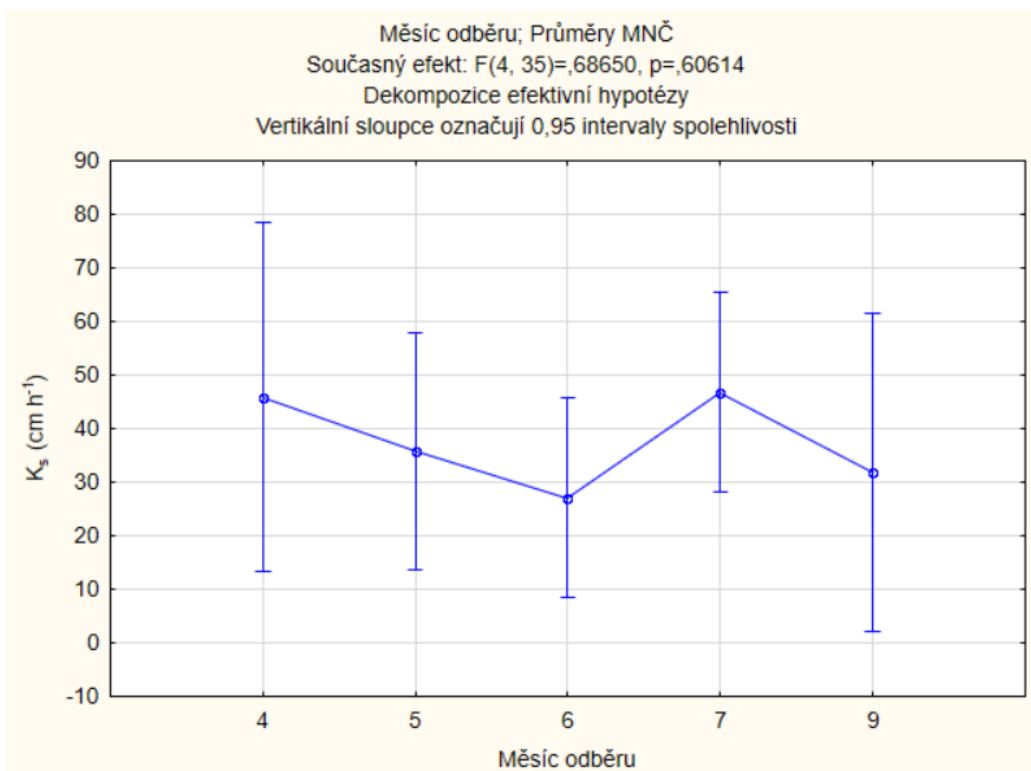


### 5.3.2.3.1 Optimalizovaná

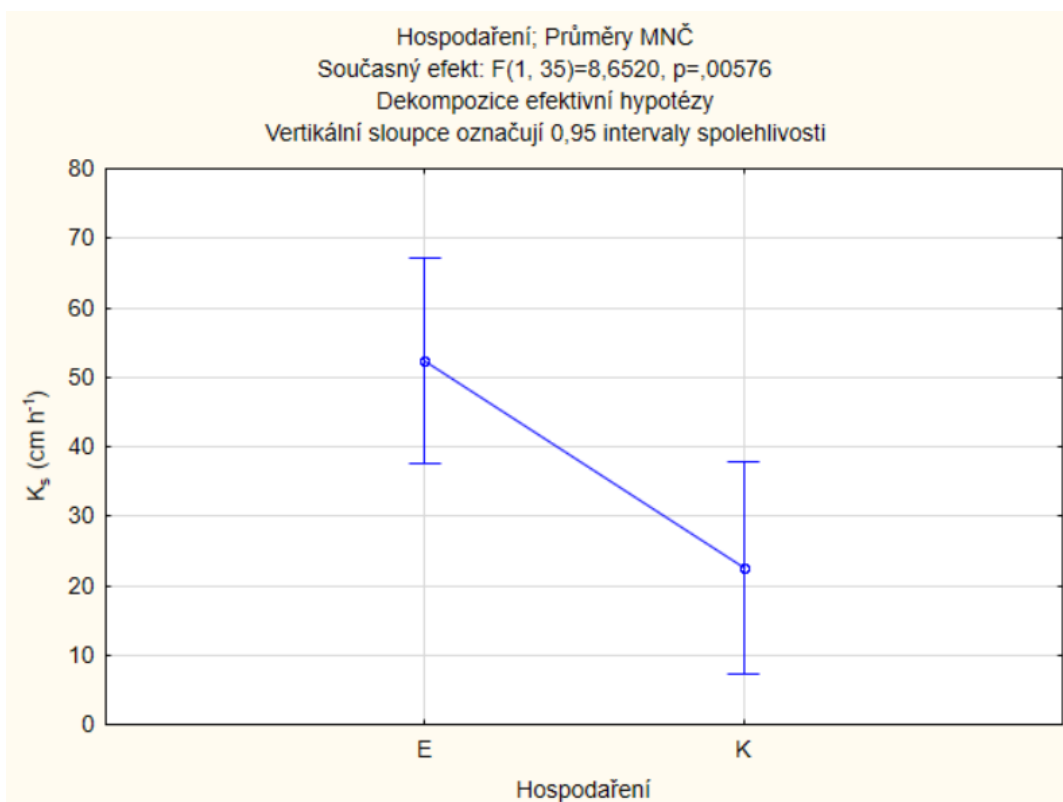


Obrázek 113. Graf výsledných hodnot optimalizované nasycené hydraulické vodivosti ( $K_s$ ) a směrodatné odchylky.

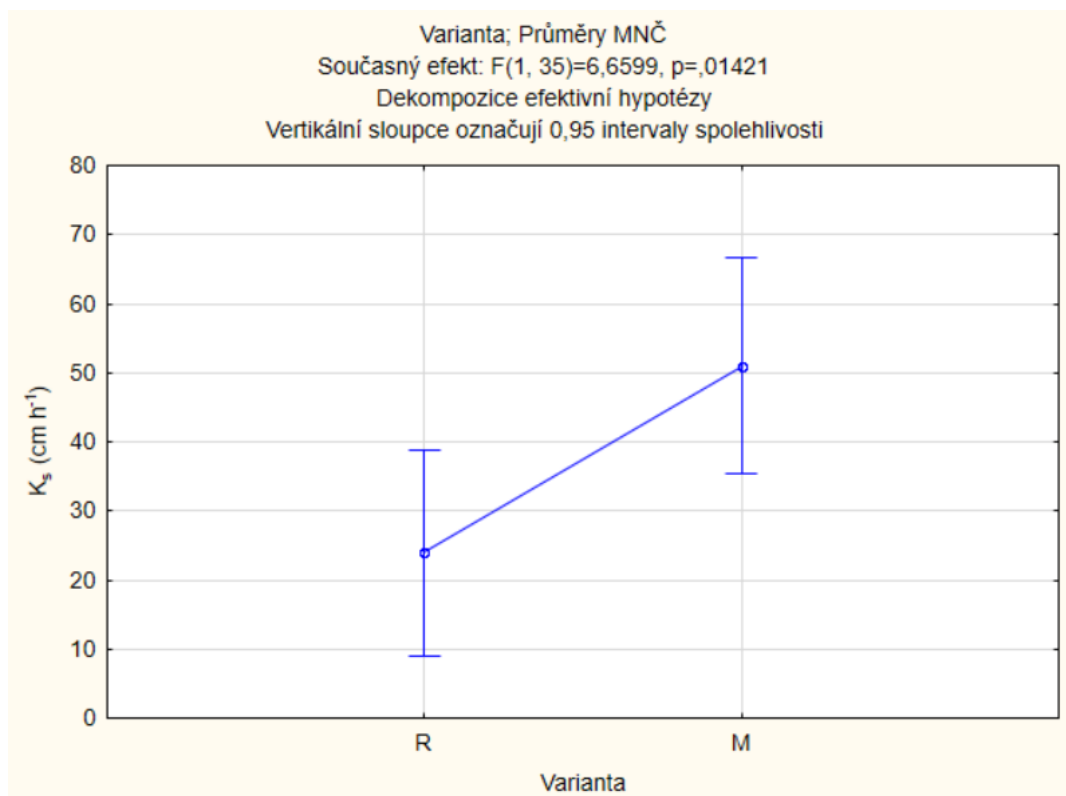
Optimalizací hodnot nasycené hydraulické vodivosti ( $K_s$ ) (obr. 113.) bylo zjištěno, že hodnoty jsou velmi rozdílné. Nejvyšší hodnota byla naměřena v ekologickém zemědělství u varianty červenec-mezirádek: 112,56, zatímco nejnižší u varianty červen-řádek (17,20). V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota získána u varianty září-řádek: 81,37 a nejnižší u varianty červen – řádek: 2,17.



Obrázek 114. Porovnání výsledků optimalizované nasycené hydraulické vodivosti ( $K_s$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



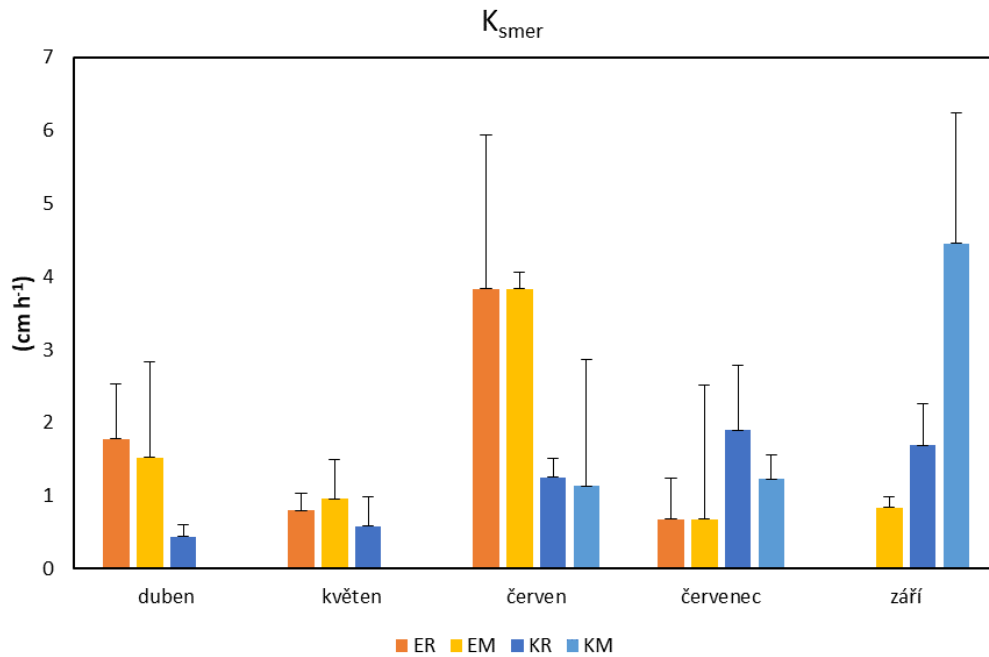
Obrázek 115. Porovnání výsledků optimalizované nasycené hydraulické vodivosti ( $K_s$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 116. Porovnání výsledků optimalizované nasycené hydraulické vodivosti ( $K_s$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

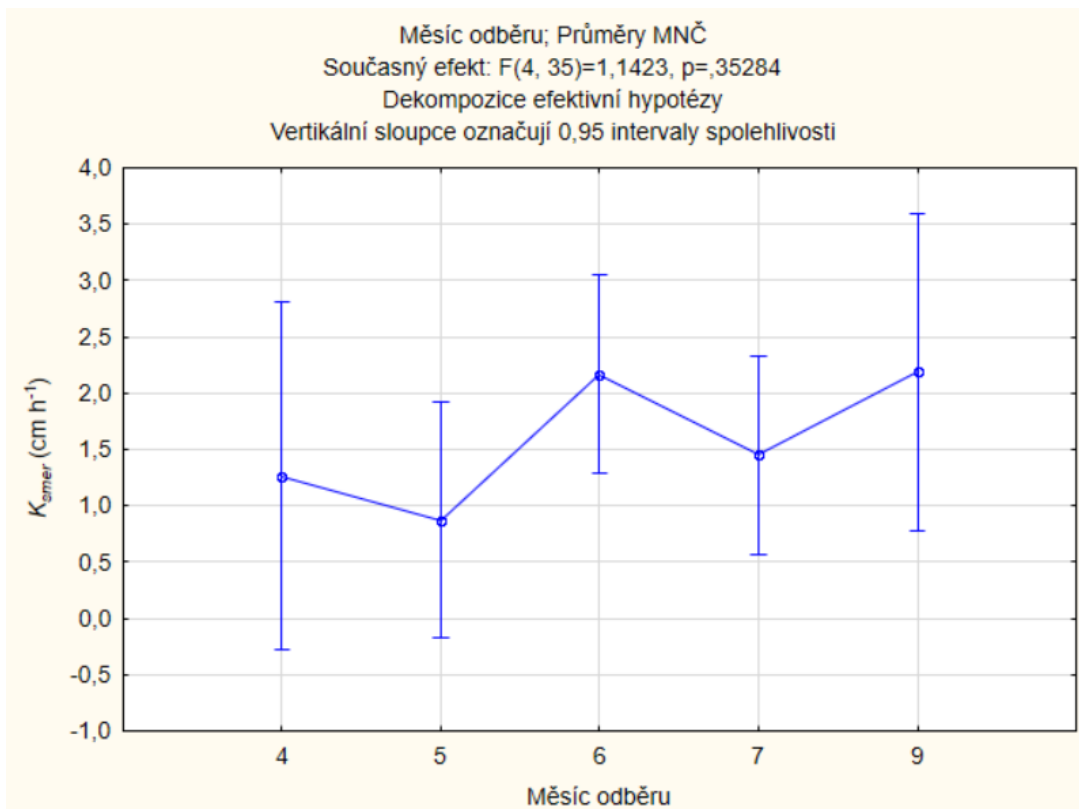
Na základě statistického šetření ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly v hodnotách optimalizované nasycené hydraulické vodivosti ( $K_s$ ) jsou statisticky významné mezi variantami řádek a meziřádek (viz obr. 116.), a mezi dvěma hospodařeními (viz obr. 115), zatímco rozdíly v jednotlivých měsících odběru statisticky významné nejsou (viz obr. 114). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 23.

### 5.3.2.3.2 Měřená

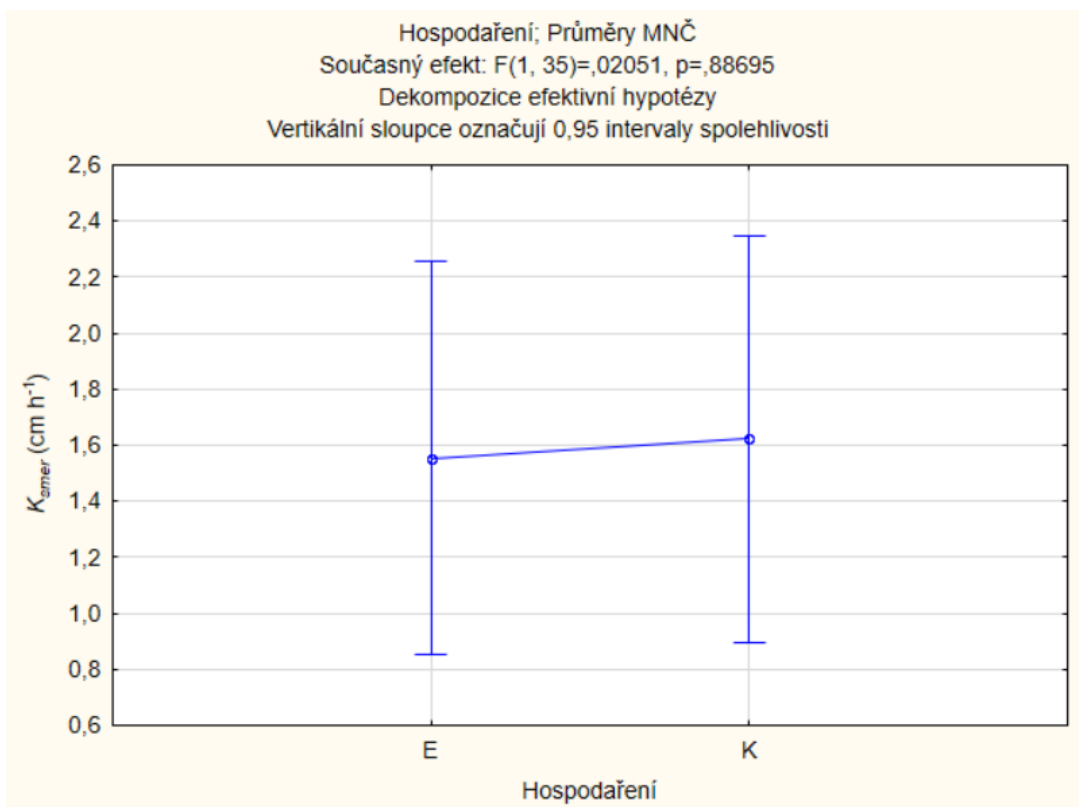


Obrázek 117. Graf výsledných hodnot měřené nasycené hydraulické vodivosti ( $K_{smer}$ ) a směrodatné odchylky.

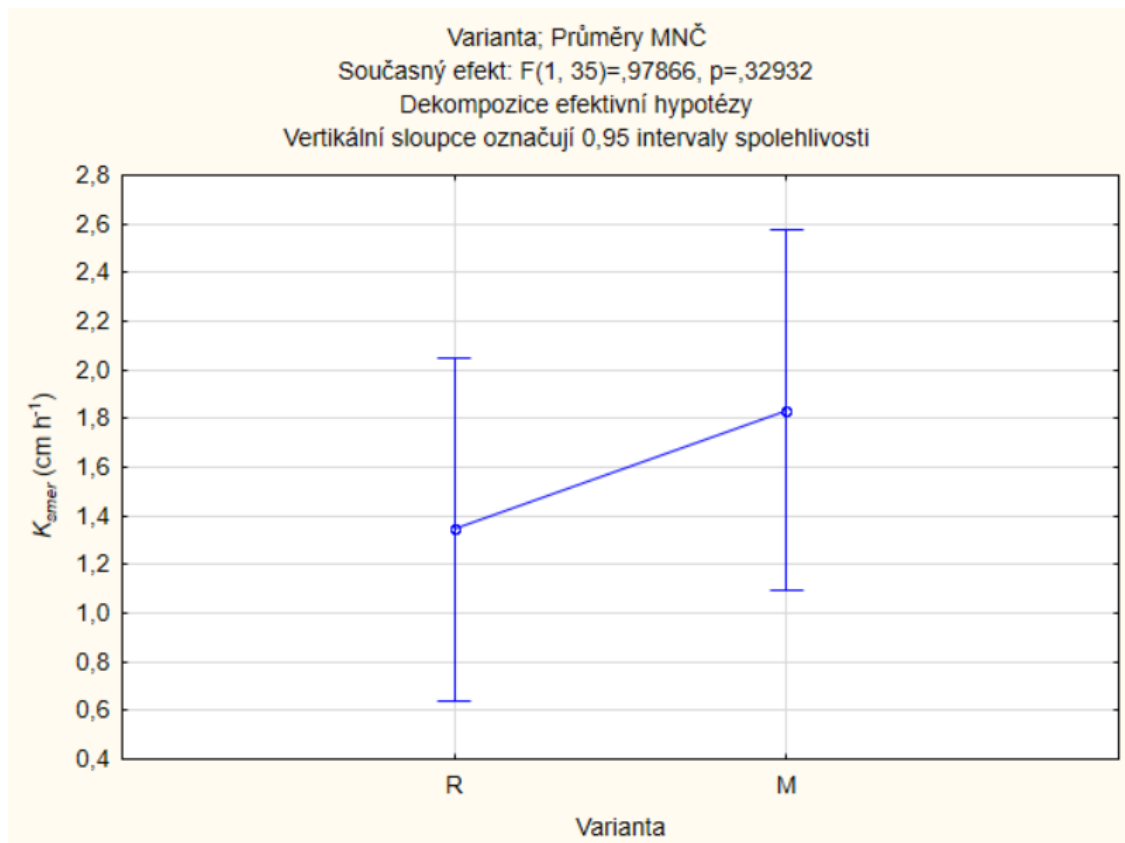
Měřením hodnot nasycené hydraulické vodivosti ( $K_{smer}$ ) (obr. 117.) bylo zjištěno, že ve dvou variantách byly hodnoty výrazně vyšší: červen – řádek – ekologické zemědělství (3,83) a září meziřádek – konvenční zemědělství (4,45). Nejnižší hodnota byla naměřena v konvenčním zemědělství: 0,44 (duben – řádek), zatímco v ekologickém byla nejnižší hodnota 0,68 (červenec – řádek).



Obrázek 118. Porovnání výsledků měřené nasycené hydraulické vodivosti ( $K_{smer}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent



Obrázek 119. Porovnání výsledků měřené nasycené hydraulické vodivosti ( $K_{smer}$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 120. Porovnání výsledků měřené nasycené hydraulické vodivosti ( $K_{smer}$ ) variant čádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Na základě statistického šetření ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly v hodnotách měřené nasycené hydraulické vodivosti ( $K_{smer}$ ) nejsou statisticky významné v žádné variantě porovnání (viz obr. 118., obr. 119. a obr. 120.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 24.

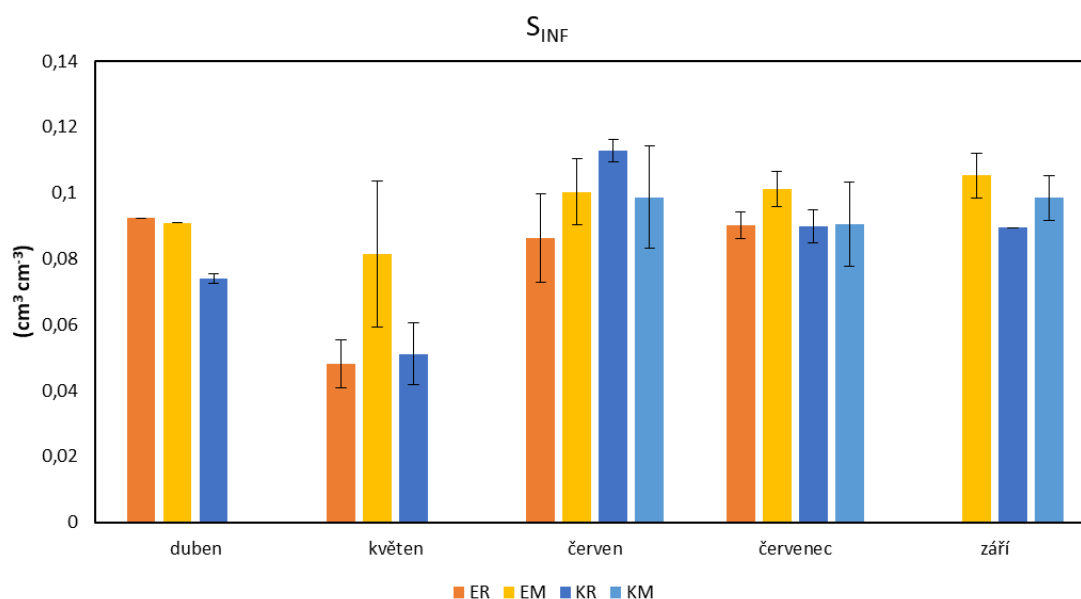
### 5.3.2.4 Inflexní body

Výsledné průměrné hodnoty parametrů inflexních bodů získaných z Tempských cel a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16. Výsledné hodnoty  $S_{INF}$ ,  $h_{INF}$ ,  $\theta_{INF}$  s jejich směrodatnými odchylkami, získané z Tempských cel.

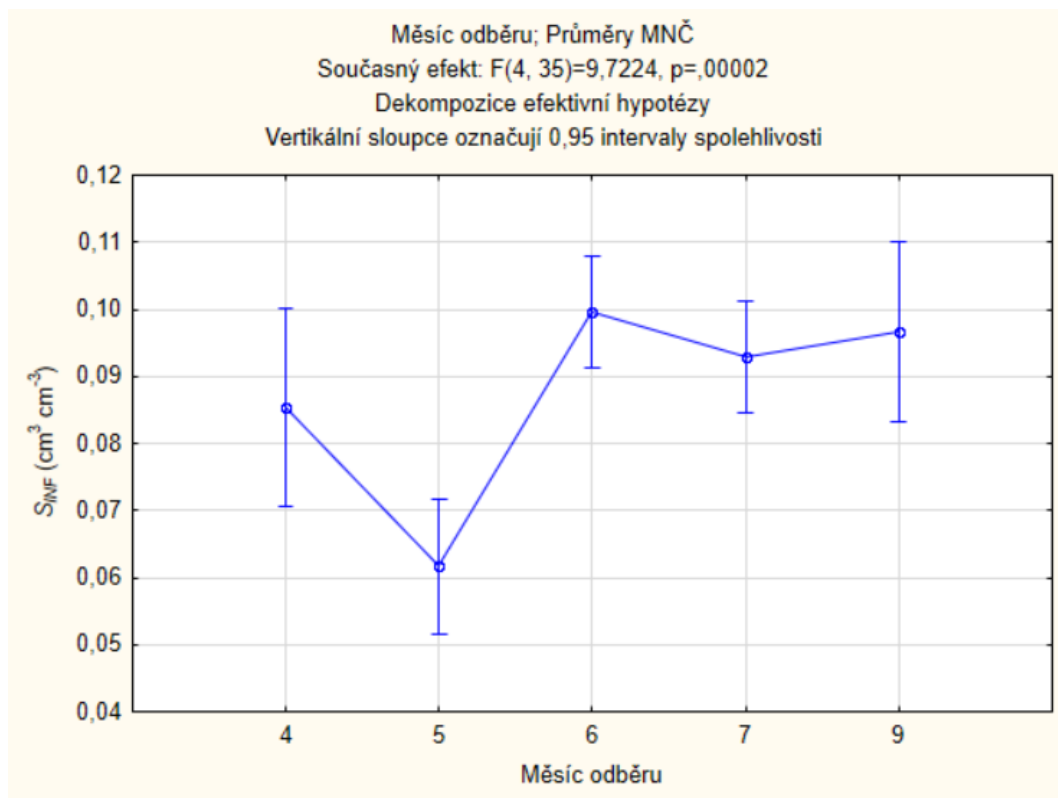
Odběr	Var.	$S_{INF}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$h_{INF}$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\theta_{INF}$ (-)
Duben	EŘ	0,09±0	21,36±0	0,43±0
	EM	0,09±0	24,41±0	0,43±0
	KŘ	0,07±0	86,67±5,53	0,41±0
Květen	EŘ	0,05±0,01	36,72±12,22	0,4±0
	EM	0,08±0,02	31,21±11,18	0,44±0,01
	KŘ	0,05±0,01	61,67±7,13	0,4±0,01
Červen	EŘ	0,09±0,01	36,22±6,61	0,41±0,01
	EM	0,1±0,01	27,18±5,87	0,44±0,01
	KŘ	0,11±0	32,54±3,79	0,44±0,01
	KM	0,1±0,02	32,73±0,79	0,42±0,01
Červenec	EŘ	0,09±0	26,36±6,13	0,44±0
	EM	0,1±0	17,91±0,98	0,44±0,02
	KŘ	0,09±0,01	34,55±6,67	0,43±0,01
	KM	0,09±0,01	28,96±7,82	0,41±0,02
Září	EM	0,11±0,01	21,2±2,21	0,45±0,01
	KŘ	0,09±0	18,7±0	0,47±0
	KM	0,1±0,01	16,63±0,91	0,49±0,02

#### 5.3.2.4.1 Parametr inflexního bodu ( $S_{INF}$ )



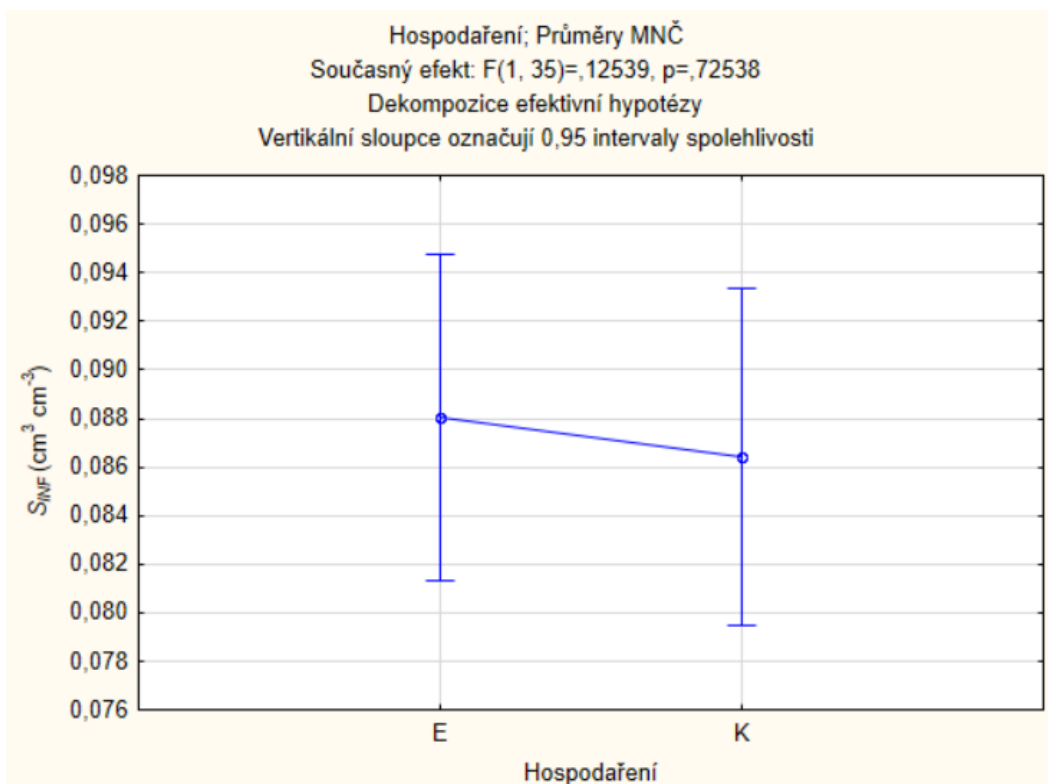
Obrázek 121. Graf výsledných hodnot parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) a směrodatné odchylky.

Stanovením hodnot parametru inflexních bodů ( $S_{INF}$ ) (obr. 121.) bylo zjištěno, že nejvyšší hodnota v ekologickém zemědělství byla naměřena u varianty září-meziřádek: 0,10, zatímco nejnižší u varianty květen-řádek (0,04). V konvenčním zemědělství byla nejvyšší hodnota získána u varianty červen-řádek: 0,11 a nejnižší u varianty květen-řádek: 0,05. Fyzikální kvalita půdy v spadá v obou typech hospodaření do kategorie velmi dobrá (Dexter, 2004b, 2004c, 2004d; Fér et al., 2020; Jirků et al. 2013).

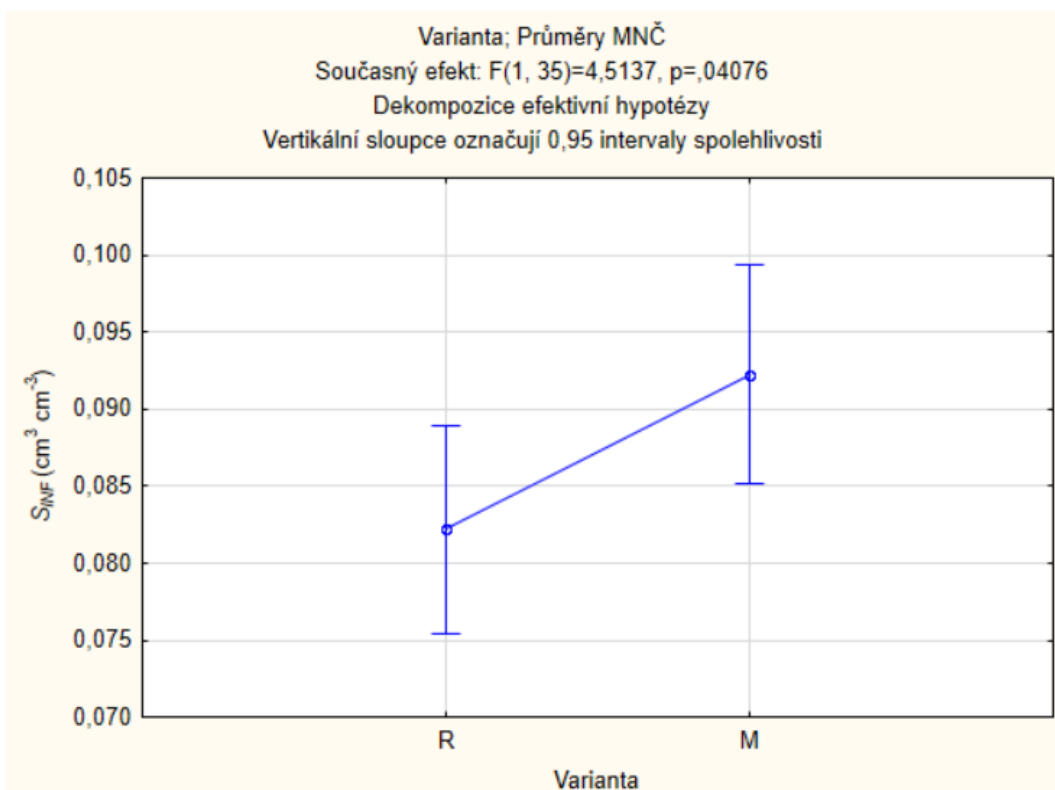


Obrázek 122. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.





Obrázek 123. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

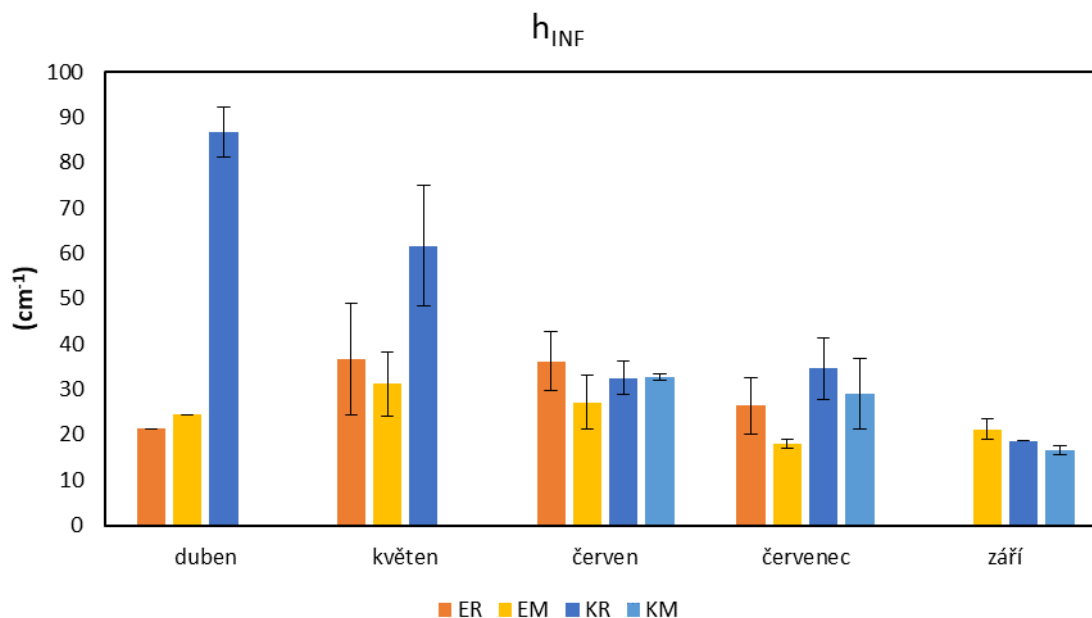


Obrázek 124. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) v různých typech hospodaření a ve variantách řádek a meziřádek nejsou statisticky významné (viz obr. 123. a obr. 124.), zatímco rozdíly v hodnotách

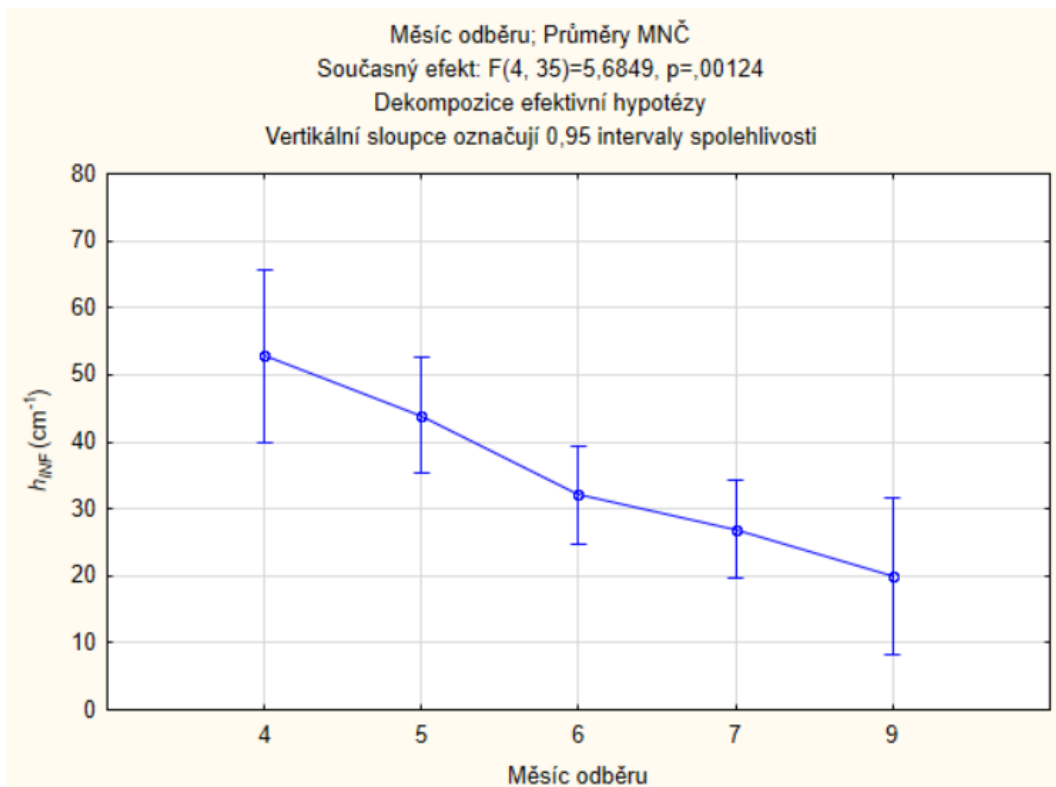
parametru inflexního bodu ( $S_{INF}$ ) v jednotlivých odběrech statisticky významné jsou (viz obr. 122.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 25.

#### 5.3.2.4.2 Parametr inflexního bodu ( $h_{INF}$ )

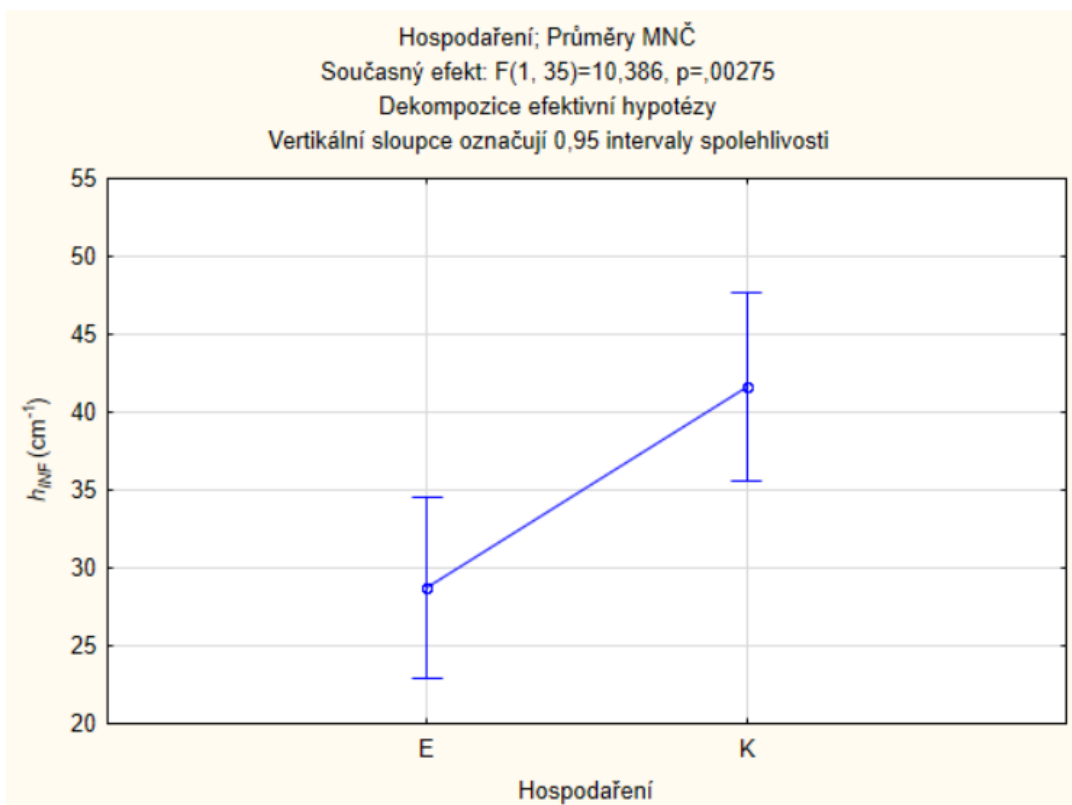


Obrázek 125. Graf výsledných hodnot parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) a směrodatné odchylky.

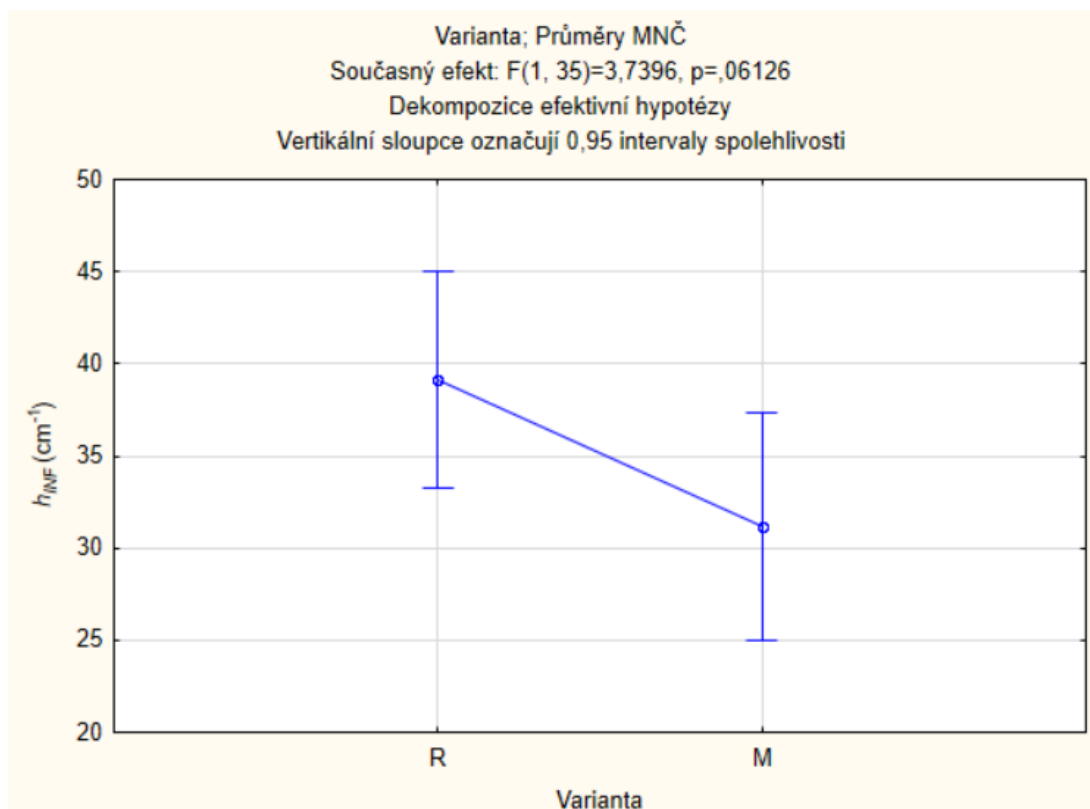
Dle grafu (obr. 125.) dosahovaly vyšších hodnot vzorky z konvenčního zemědělství. Nejvyšší hodnota parametru inflexních bodů ( $h_{INF}$ ) naměřená v ekologickém zemědělství byla: 36,72 (květen – řádek), v konvenčním zemědělství 86,67 (duben-řádek). Nejnižší naměřená hodnota v ekologickém zemědělství (červenec – meziřádek) je 17,91 a v konvenčním zemědělství (září – meziřádek) 16,63.



Obrázek 126. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



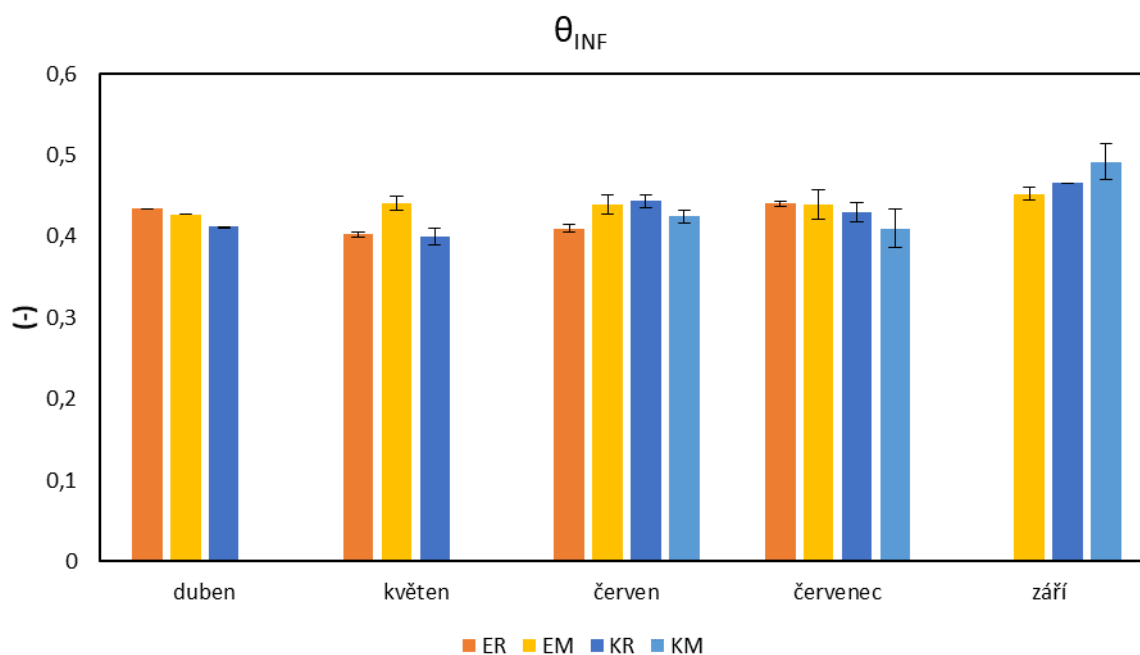
Obrázek 127. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 128. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

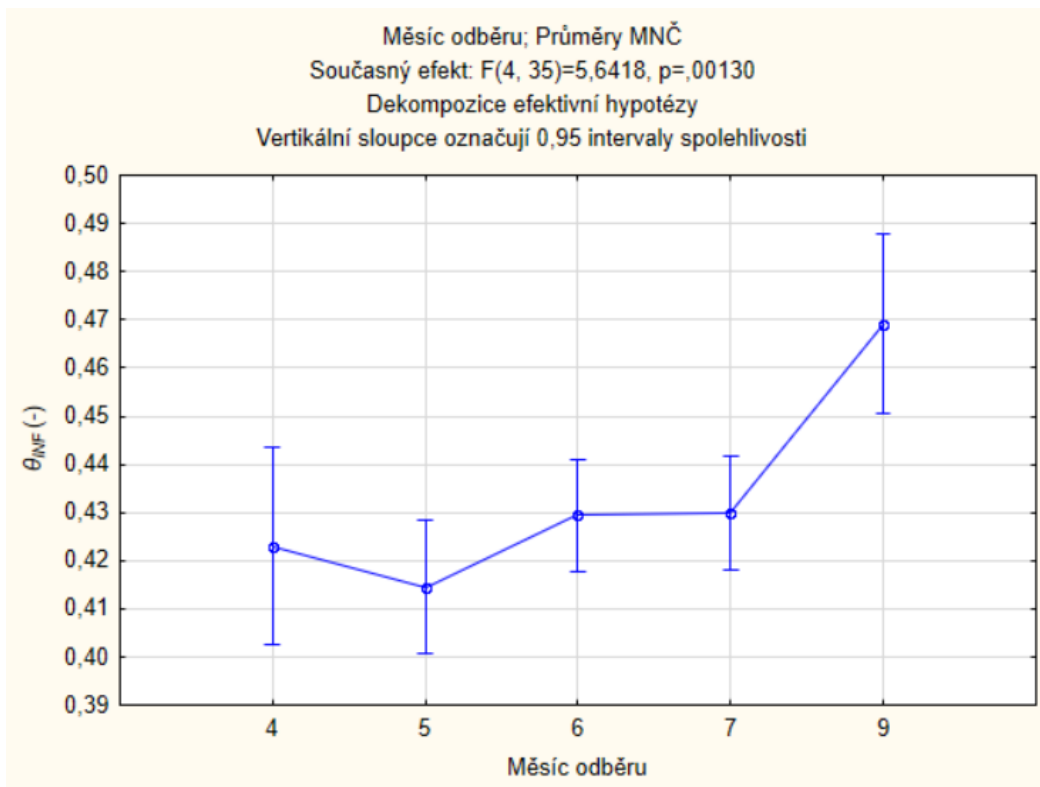
Za použití statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru inflexního bodu ( $h_{INF}$ ) v různých typech hospodaření i mezi jednotlivými odběry jsou statisticky významné (obr. 127. a obr. 128.). Hodnoty jsou vyšší v konvenčním zemědělství. Rozdíly ve variantách řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 128). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 26.

### 5.3.2.4.3 Parametr inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ )

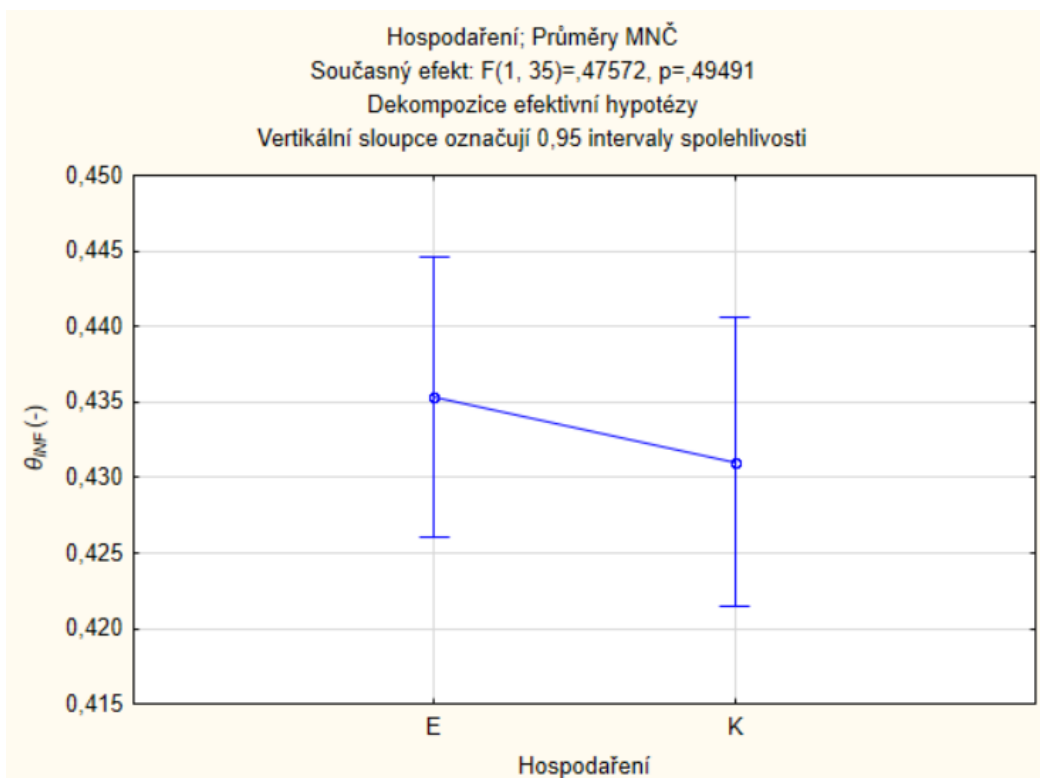


Obrázek 129. Graf výsledných hodnot parametru inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ ) a směrodatné odchylky.

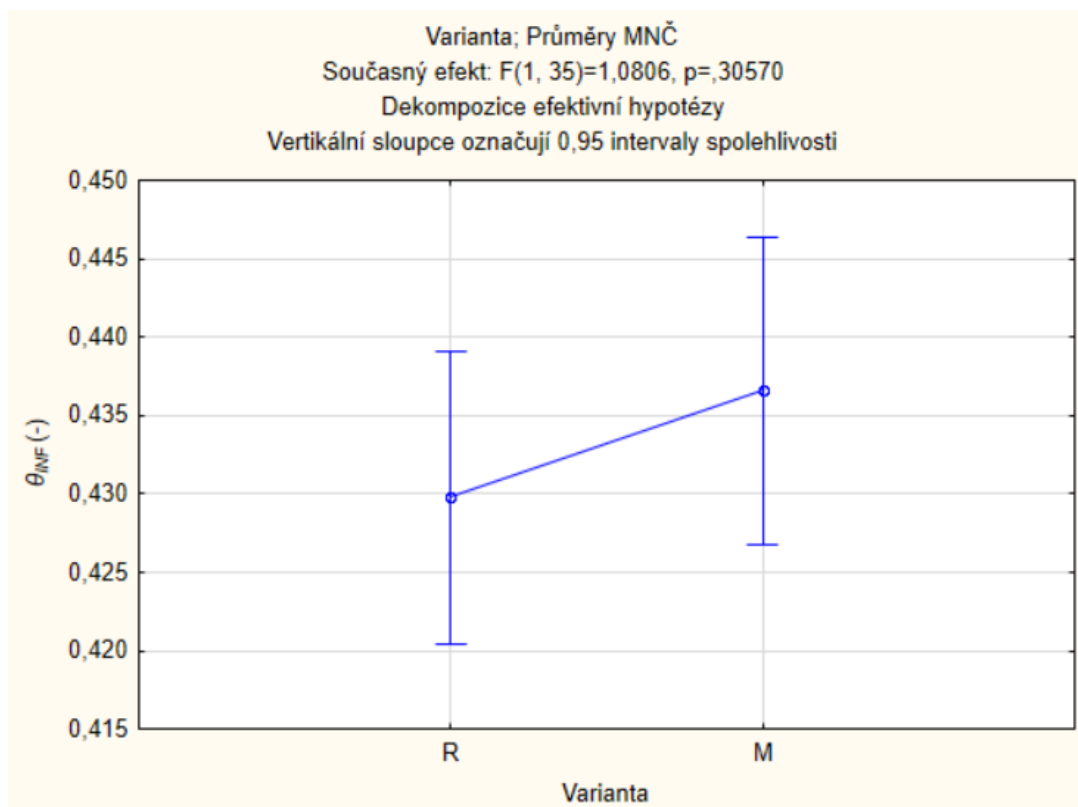
Nejvyšší hodnota parametru inflexních bodů ( $\theta_{INF}$ ) (obr. 129.) byla naměřena v konvenčním zemědělství 0,49 (září – řádek), v ekologickém zemědělství je 0,45 (září – meziřádek). Nejnižší naměřená hodnota byla naměřena v obou hospodařeních ve květen – řádek: 0,40.



Obrázek 130. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 131. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 132. Porovnání výsledků parametru inflexního bodu ( $\theta_{INF}$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Na základě statistického šetření ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že rozdíly v parametru inflexních bodů ( $\theta_{INF}$ ) v jednotlivých odběrech jsou statisticky významné (viz obr. 130.), zatímco rozdíly variant řádek a meziřádek a u dvou typů hospodaření statisticky významné nejsou (viz obr. 131. a obr. 132.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 27.

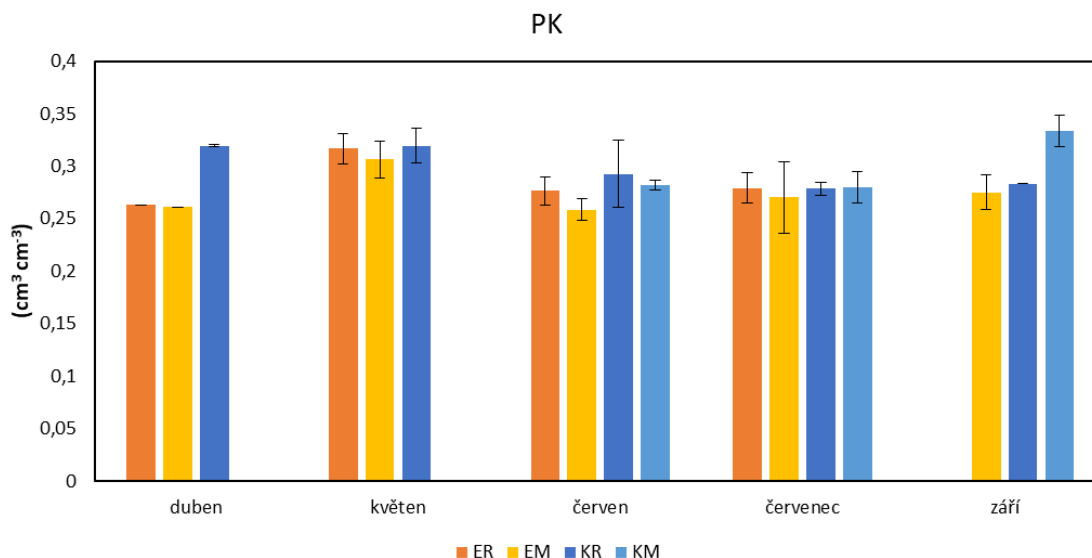
### 5.3.2.5 Charakteristiky popisující půdní pórový systém

Výsledné průměrné hodnoty charakteristik popisujících půdní pórový systém získané z Tempských cel a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 17.

Tabulka 17. Výsledné hodnoty polní kapacity ( $PK$ ),  $\theta_{70}$ ,  $\theta_s - \theta_{70}$ , gravitační vody ( $GW$ ) a vody snadno dostupné pro vegetaci ( $RAW$ ) získané z Tempských cel a jejich směrodatné odchylky.

Odběr	Var.	$PK$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\theta_{70}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\theta_s - \theta_{70}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$GW$ ( $\text{mm cm}^{-1}$ )	$RAW$ ( $\text{mm cm}^{-1}$ )
Duben	EŘ	0,26±0	0,34±0	0,24±0	2,58±0	0,42±0
	EM	0,26±0	0,34±0	0,23±0	2,49±0	0,45±0
	KŘ	0,32±0	0,43±0	0,13±0,01	1,6±0,08	0,64±0,02
Květen	EŘ	0,32±0,01	0,37±0,01	0,11±0,02	1,29±0,21	0,31±0,03
	EM	0,31±0,02	0,38±0,02	0,18±0,04	2,04±0,4	0,40±0,01
	KŘ	0,32±0,02	0,39±0,01	0,12±0,02	1,35±0,22	0,42±0,04
Červen	EŘ	0,28±0,01	0,35±0,02	0,18±0,02	2±0,21	0,45±0,07
	EM	0,26±0,01	0,35±0,01	0,25±0,03	2,72±0,34	0,52±0,02
	KŘ	0,29±0,03	0,37±0,01	0,2±0,02	2,3±0,29	0,41±0,15
	KM	0,28±0	0,36±0	0,19±0,01	2,16±0,13	0,41±0,04
Červenec	EŘ	0,28±0,01	0,36±0,02	0,22±0,03	2,42±0,26	0,45±0,04
	EM	0,27±0,03	0,35±0,03	0,25±0,02	2,64±0,25	0,31±0,04
	KŘ	0,28±0,01	0,37±0,01	0,2±0,03	2,24±0,28	0,51±0,01
	KM	0,28±0,02	0,34±0,03	0,18±0,02	1,99±0,22	0,32±0,09
Září	EM	0,27±0,02	0,34±0,01	0,25±0,03	2,73±0,36	0,38±0,05
	KŘ	0,28±0	0,36±0	0,25±0	2,75±0	0,44±0
	KM	0,33±0,02	0,38±0,02	0,23±0	2,5±0,06	0,25±0,04

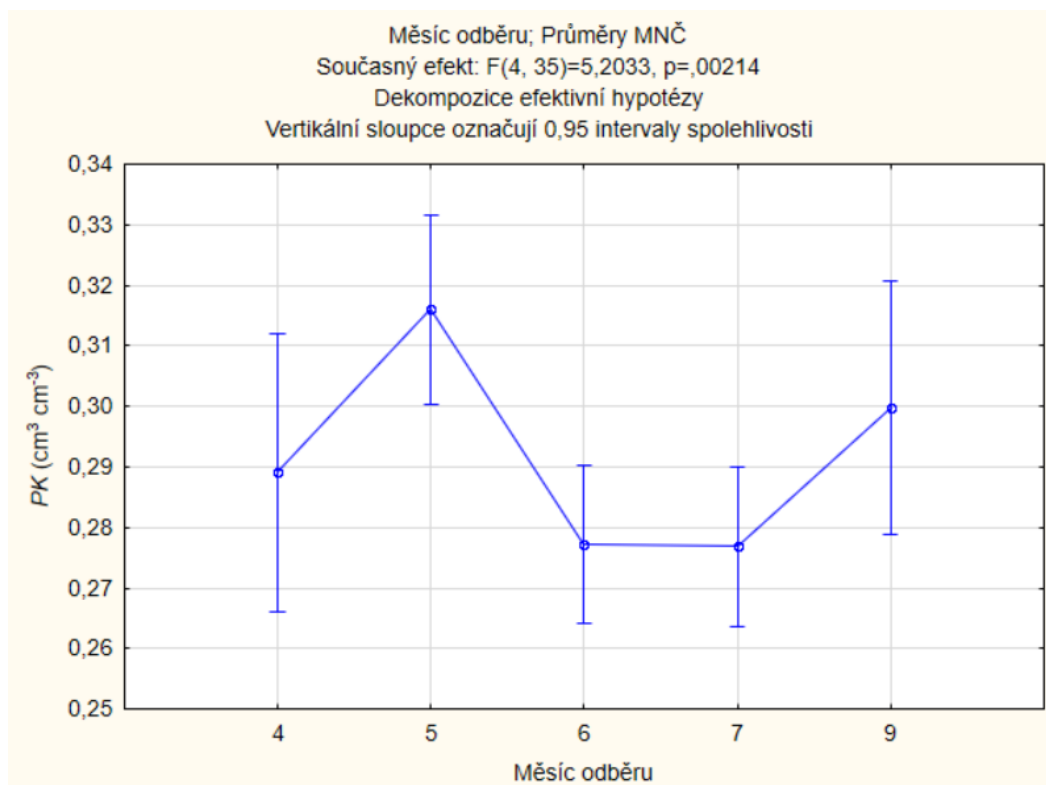
#### 5.3.2.5.1 Polní kapacita ( $PK$ )



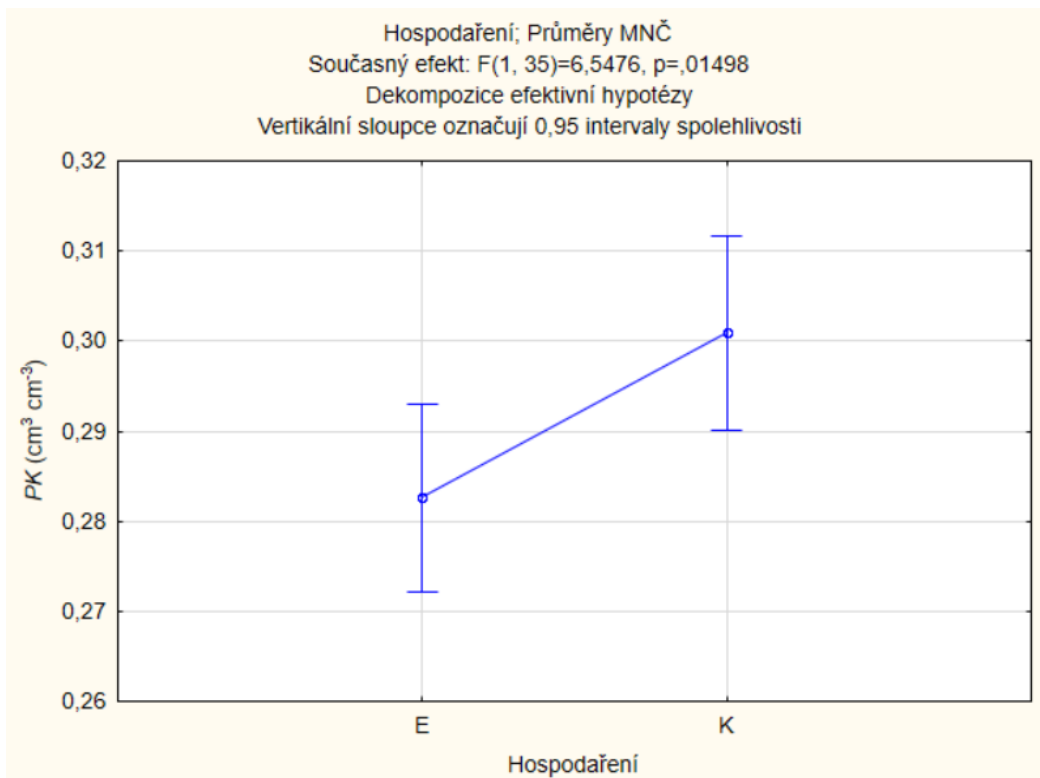
Obrazek 133. Graf výsledných hodnot polní kapacity ( $PK$ ) a směrodatné odchylky.



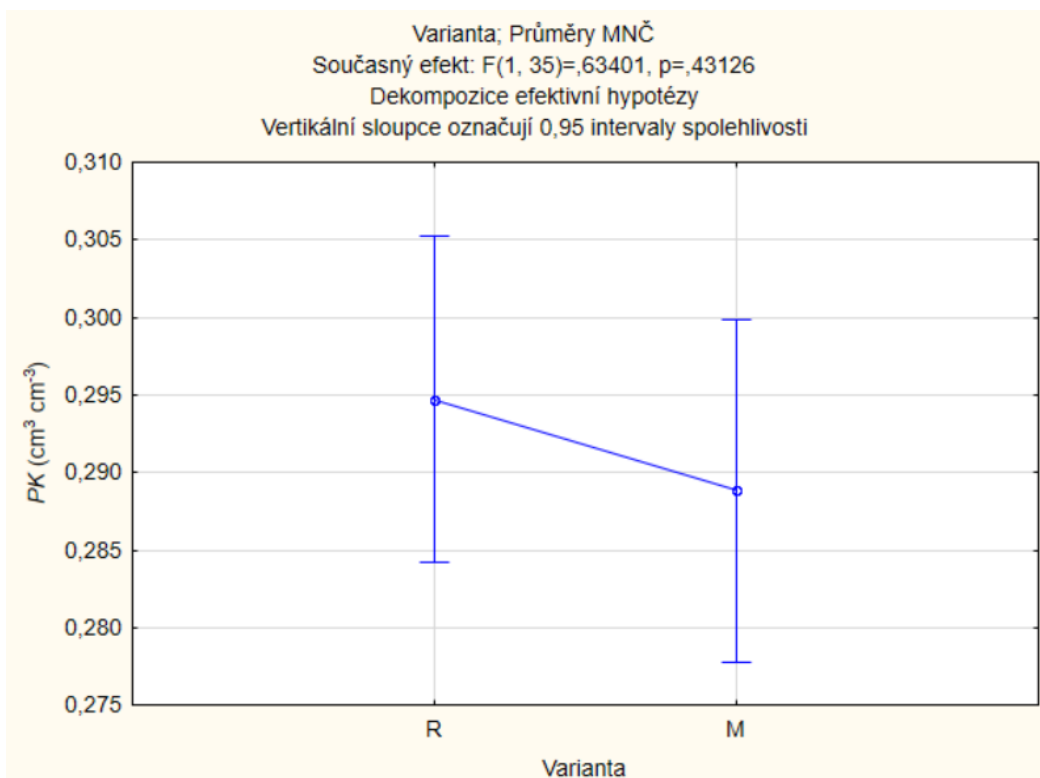
Nejvyšší hodnota polní kapacity (obr. 133.) byla naměřena u varianty září – meziřádek v konvenčním zemědělství (0,33), v ekologickém zemědělství 0,32 (květen – řádek), nejnižší hodnota byla naměřena v ekologickém zemědělství: 0,26 ve 3 variantách (duben – řádek a meziřádek, červen – meziřádek), v konvenčním 0,28 ve 4 variantách (červen – meziřádek, červenec – řádek i meziřádek, září – řádek).



Obrázek 134. Porovnání výsledků polní kapacity (PK) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 135. Porovnání výsledků polní kapacity (PK) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

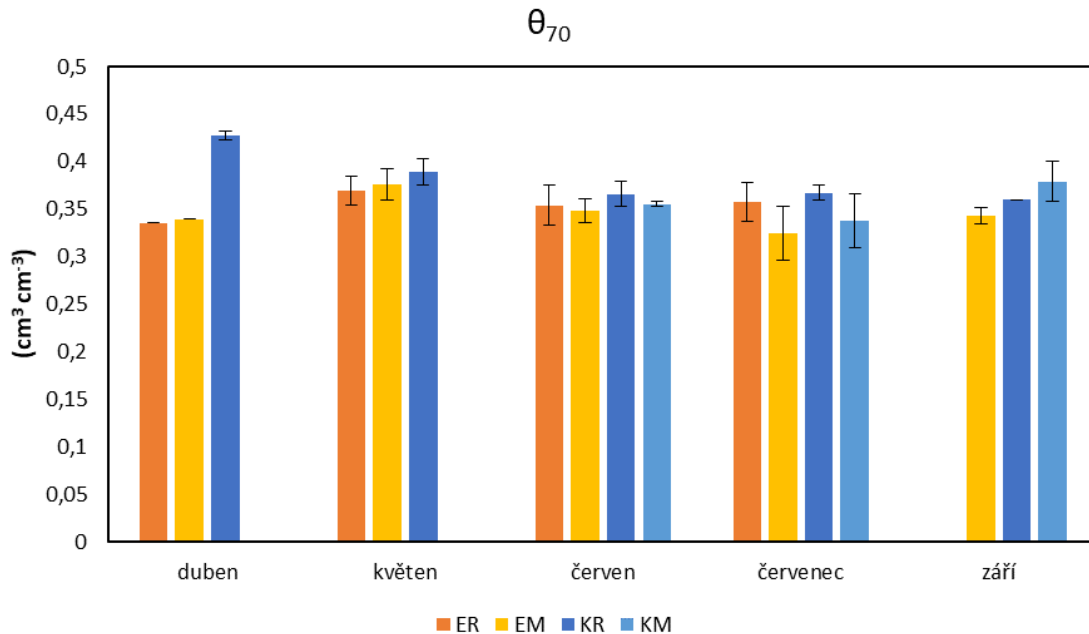


Obrázek 136. Porovnání výsledků polní kapacity (PK) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Na základě statistického šetření ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty polní kapacity (PK) jsou vyšší v konvenčním zemědělství, tyto rozdíly jsou statisticky

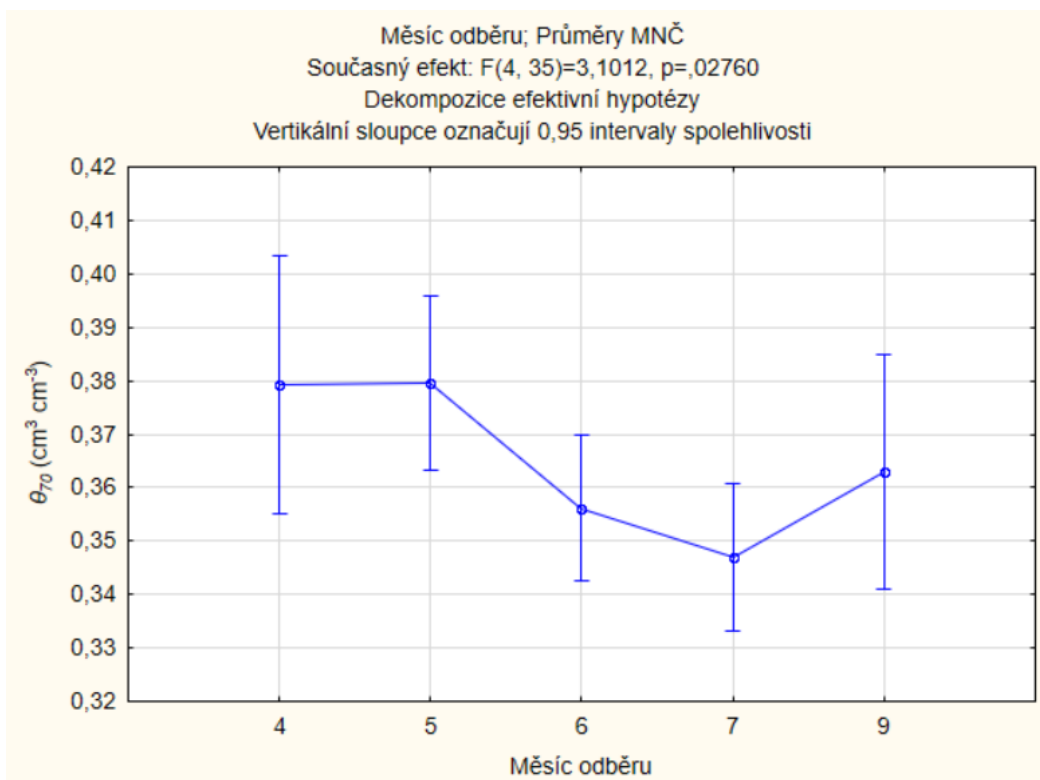
významné (viz obr. 135.). Rozdíly v polní kapacitě ( $PK$ ) v jednotlivých odběrech jsou též statisticky významné (viz obr. 134.), zatímco rozdíly variant řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 136.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 28.

#### 5.3.2.5.2 Obsah půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm

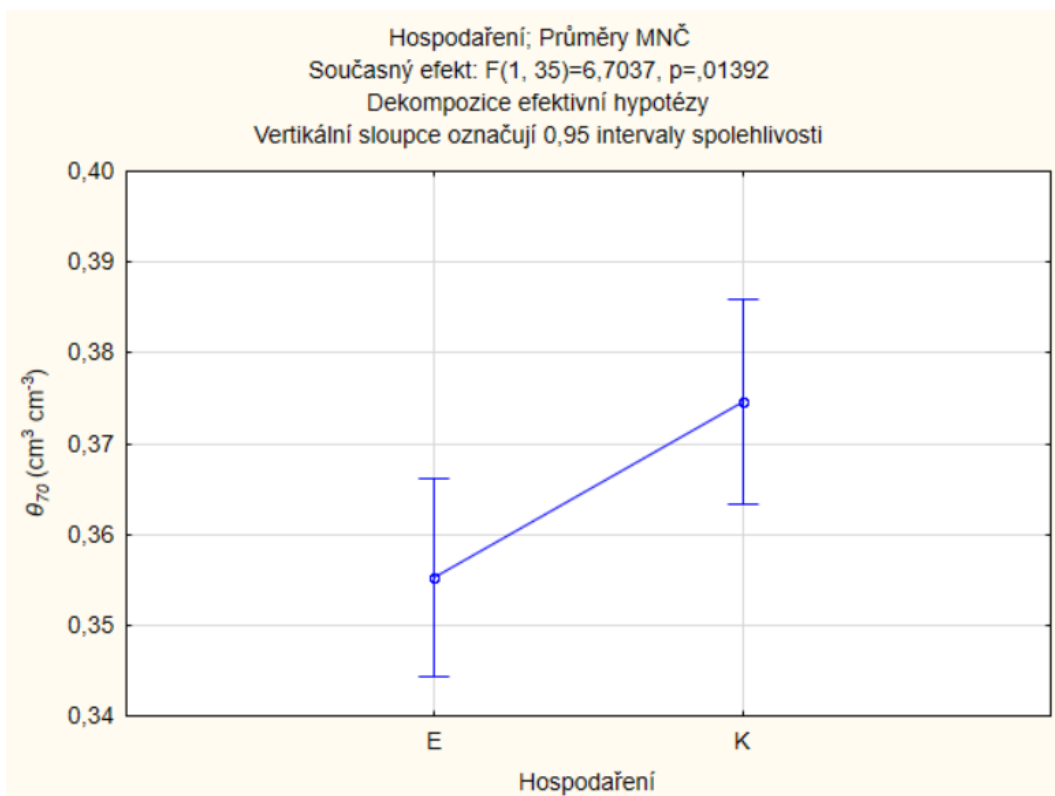


Obrázek 137. Graf výsledných hodnot obsahu půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm a směrodatné odchylky.

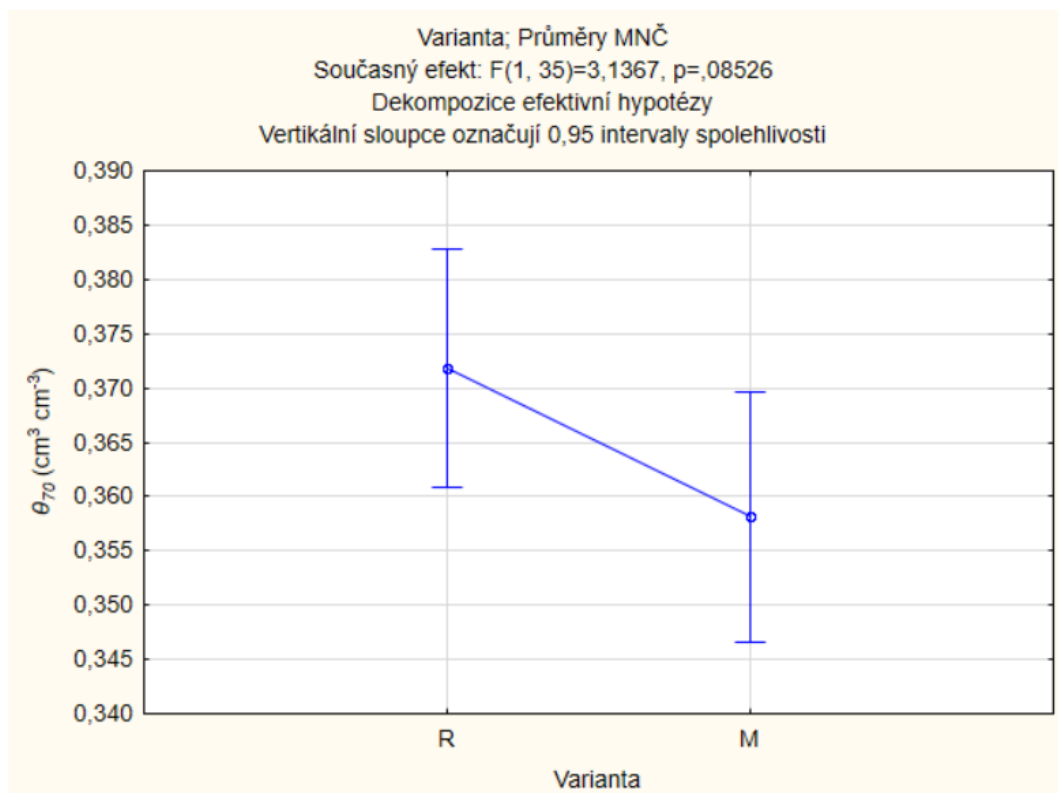
Nejvyšší hodnota  $\theta_{70}$  (obr. 137.) byla naměřena u varianty duben – řádek v konvenčním zemědělství (0,43), v ekologickém zemědělství 0,38 (květen – meziřádek), nejnižší hodnota byla naměřena v ekologickém zemědělství (červenec – meziřádek): 0,33, v konvenčním 0,34 (červenec – meziřádek).



Obrázek 138. Porovnání výsledků obsahu půdní vody pro tlakovou výšku 70 cm v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



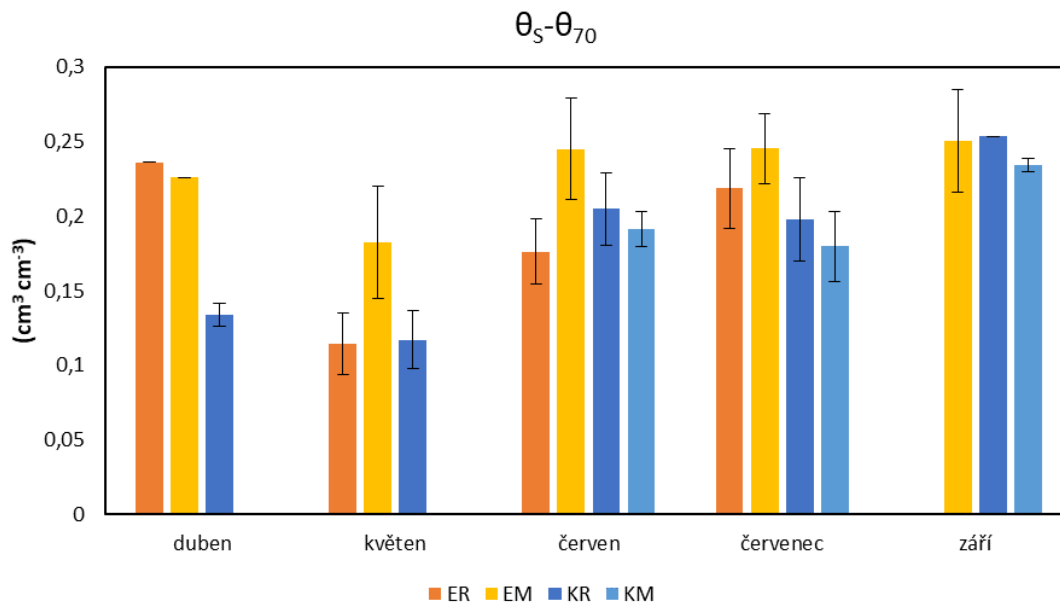
Obrázek 139. Porovnání výsledků obsahu půdní vody pro tlakovou výšku 70 cm ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 140. Porovnání výsledků obsahu půdní vody pro tlakovou výšku 70 cm variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

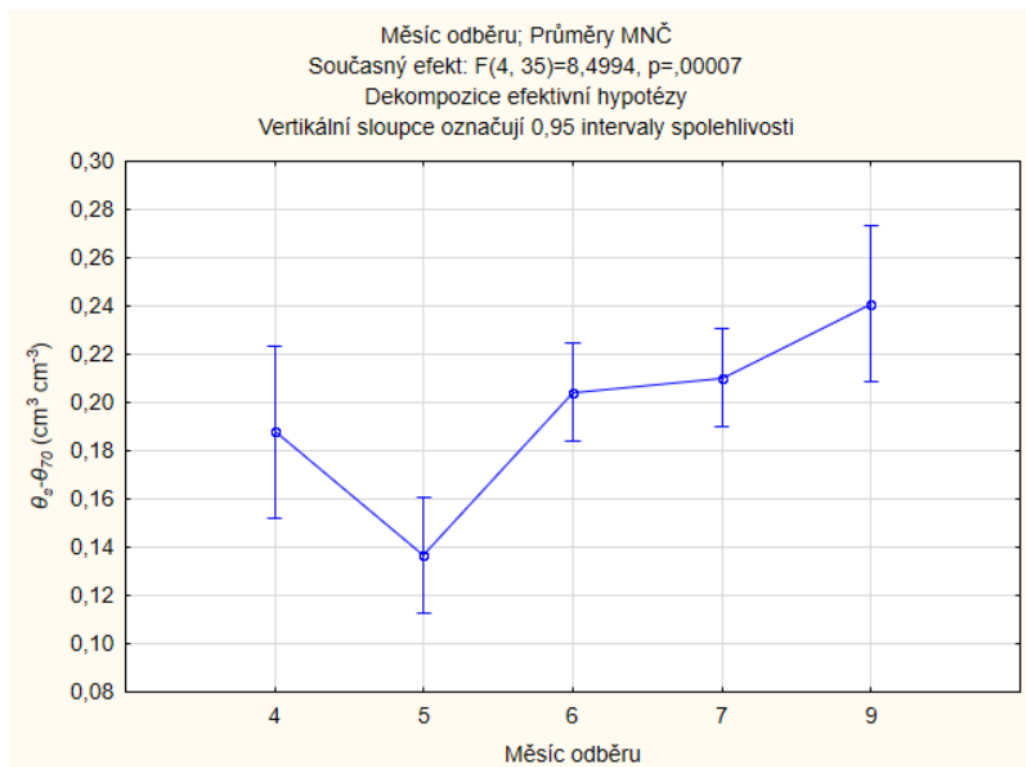
Za použití statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty vlhkosti pro tlakovou výšku 70 cm jsou vyšší v konvenčním zemědělství, tyto rozdíly jsou statisticky významné (viz obr. 139.). Rozdíly v jednotlivých odběrech jsou též statisticky významné (viz obr. 138.), zatímco rozdíly ve vlhkosti pro tlakovou výšku 70 cm variant řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 140.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 29.

### 5.3.2.5.3 Obsah hrubých kapilárních pórů ( $\theta_s - \theta_{70}$ )

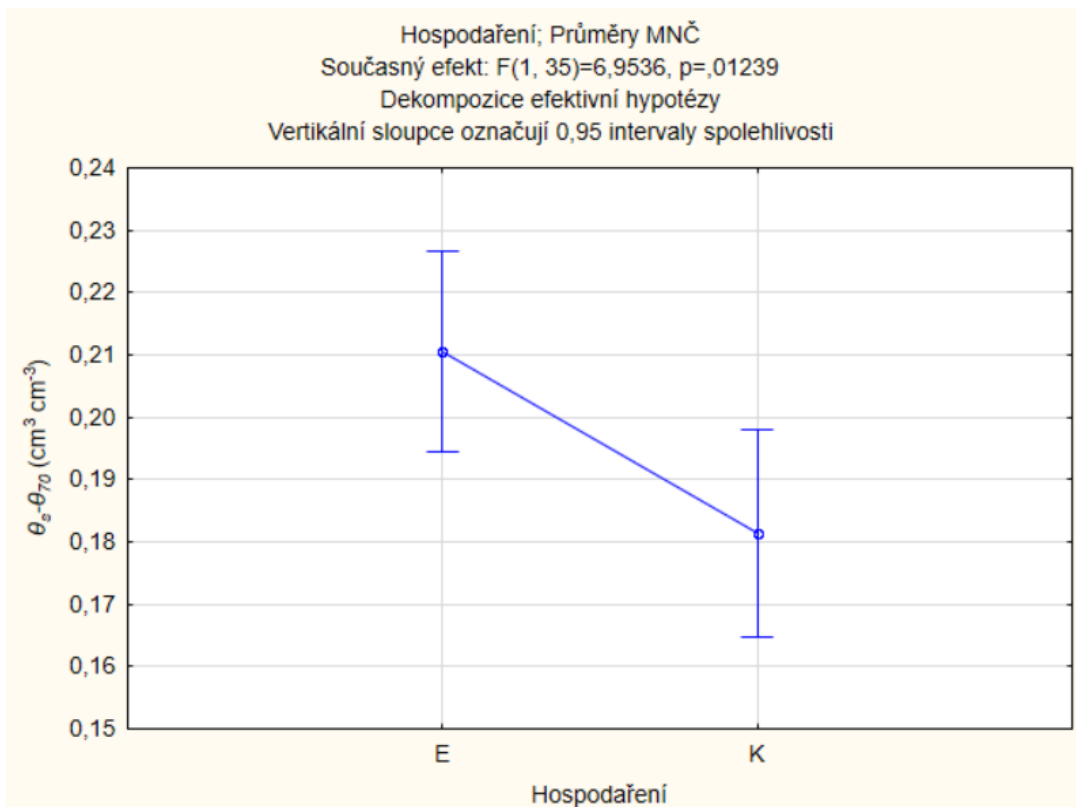


Obrázek 141. Graf výsledných hodnot obsahu hrubých kapilárních pórů ( $\theta_s - \theta_{70}$ ) a směrodatné odchylky.

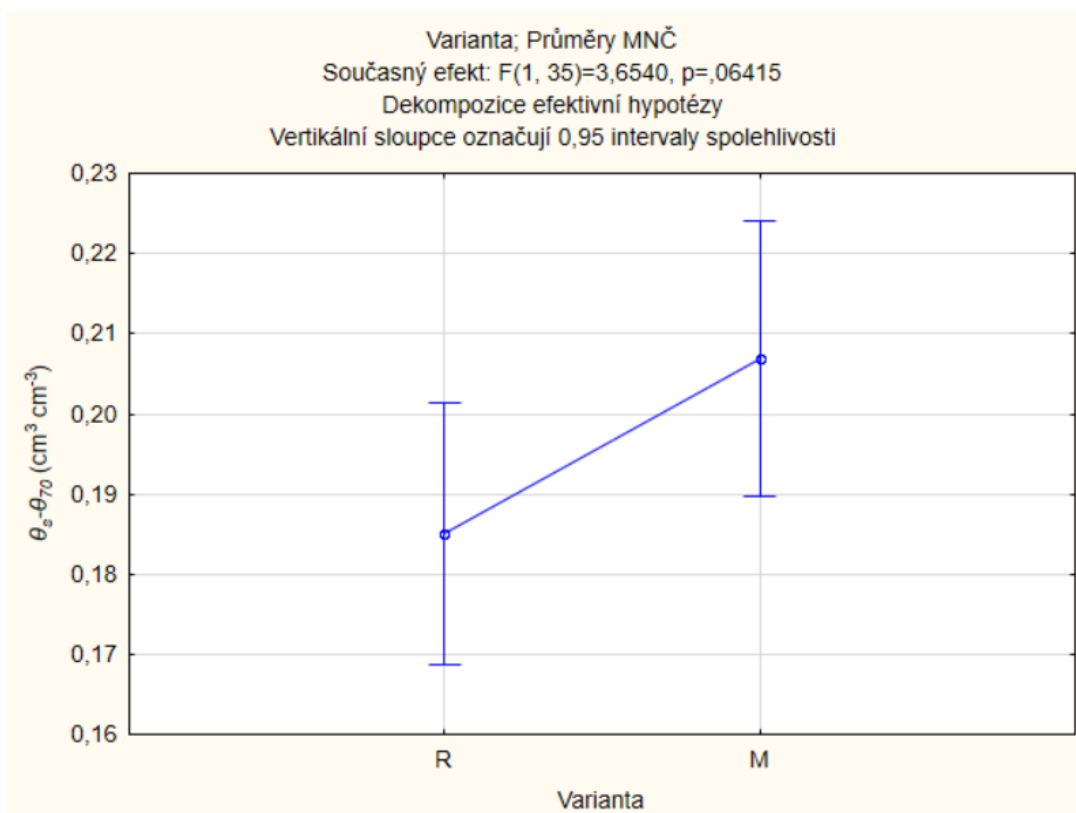
Nejvyšší hodnota obsahu hrubých kapilárních pórů ( $\theta_s - \theta_{70}$ ) (obr. 141.): 0,25 byla naměřena u variant červen, červenec a září-meziřádek v ekologickém zemědělství a září-řádek v konvenčním zemědělství, nejnižší hodnota byla naměřena v ekologickém zemědělství (květen – řádek): 0,11, v konvenčním 0,12 (květen – řádek).



Obrázek 142. Porovnání výsledků obsahu hrubých kapilárních pórů ( $\theta_s - \theta_{70}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 143. Porovnání výsledků  $\theta_s - \theta_{70}$  ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

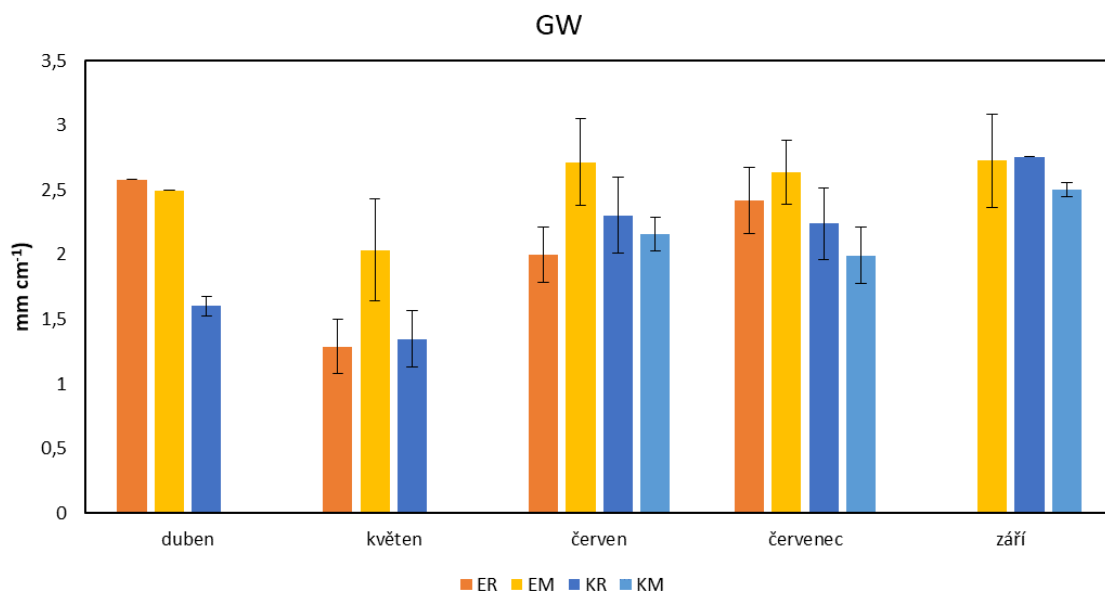


Obrázek 144. Porovnání výsledků  $\theta_s - \theta_{70}$  variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty rozdílu  $\theta_s - \theta_{70}$  dosahují statisticky významných rozdílů v jednotlivých odběrech (obr. 142.)

v různých typech hospodaření (viz obr. 143.) kde jsou vyšší u ekologického zemědělství, zatímco ve variantách řádek a meziřádek statisticky významných rozdílů nedosahují (viz obr. 144.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 30.

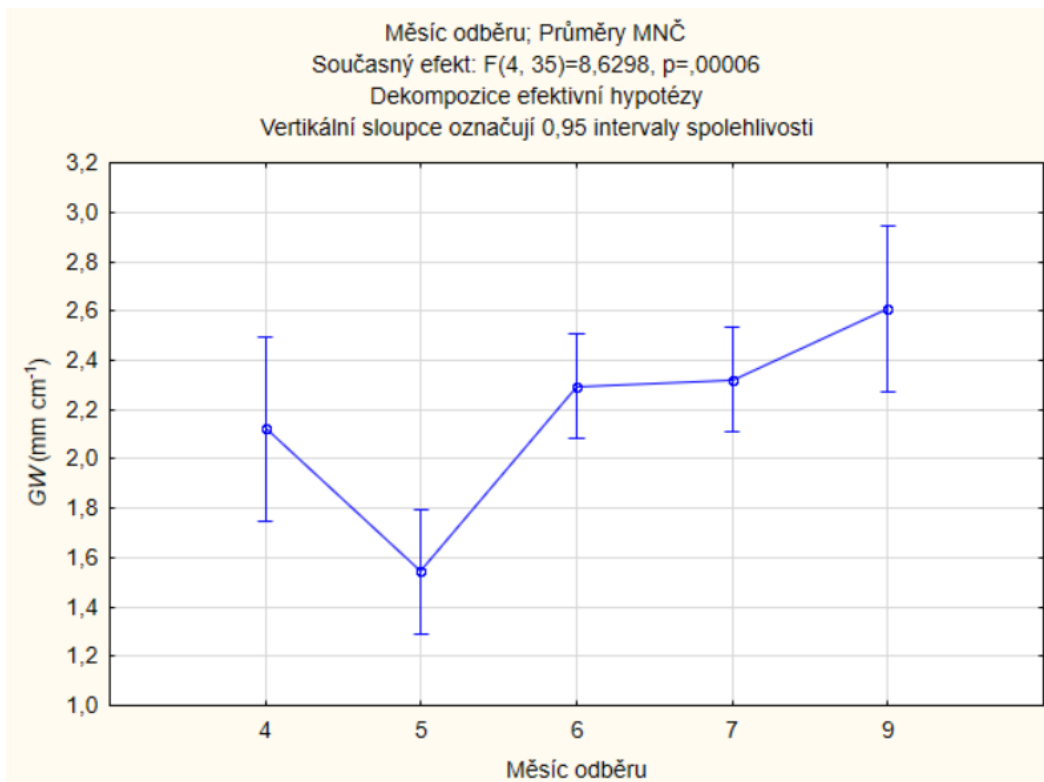
#### 5.3.2.5.4 Gravitační voda (GW)



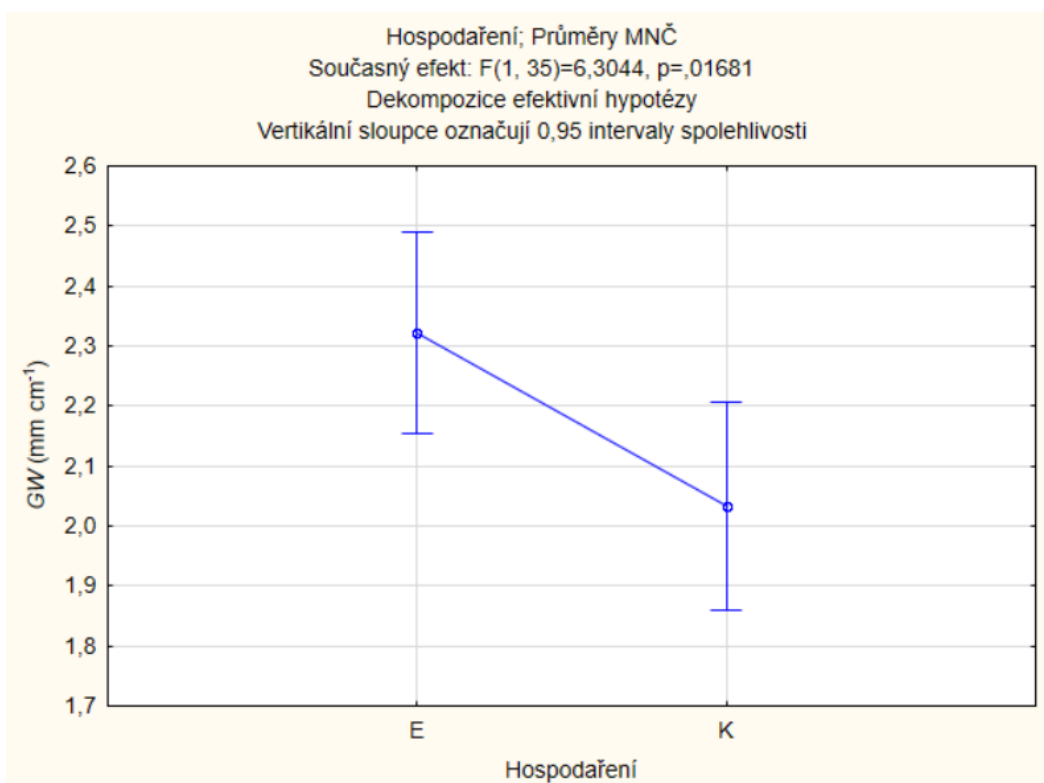
Obrázek 145. Graf výsledných hodnot gravitační vody (GW) a směrodatné odchylky.

Hodnoty gravitační vody (obr. 145.) byly u obou typů hospodaření nižší v měsíci květnu. Nejvyšší naměřená hodnota gravitační vody byla 2,75 pro konvenční zemědělství (září–řádek), pro ekologické zemědělství byla 2,73 (září–meziřádek). Nejnižší hodnota byla naměřena u ekologického zemědělství (květen–řádek): 1,29, u konvenčního ve stejné variantě: 1,35.

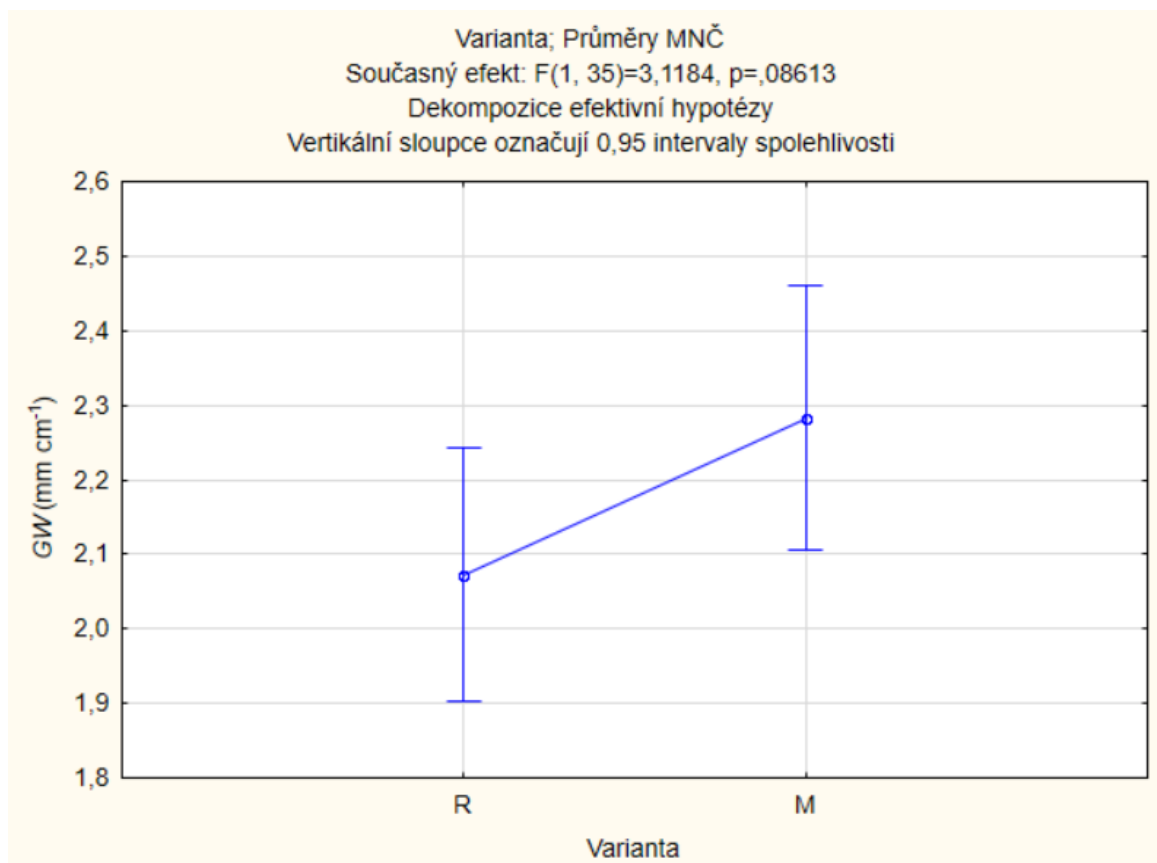




Obrázek 146. Porovnání výsledků gravitační vody (GW) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



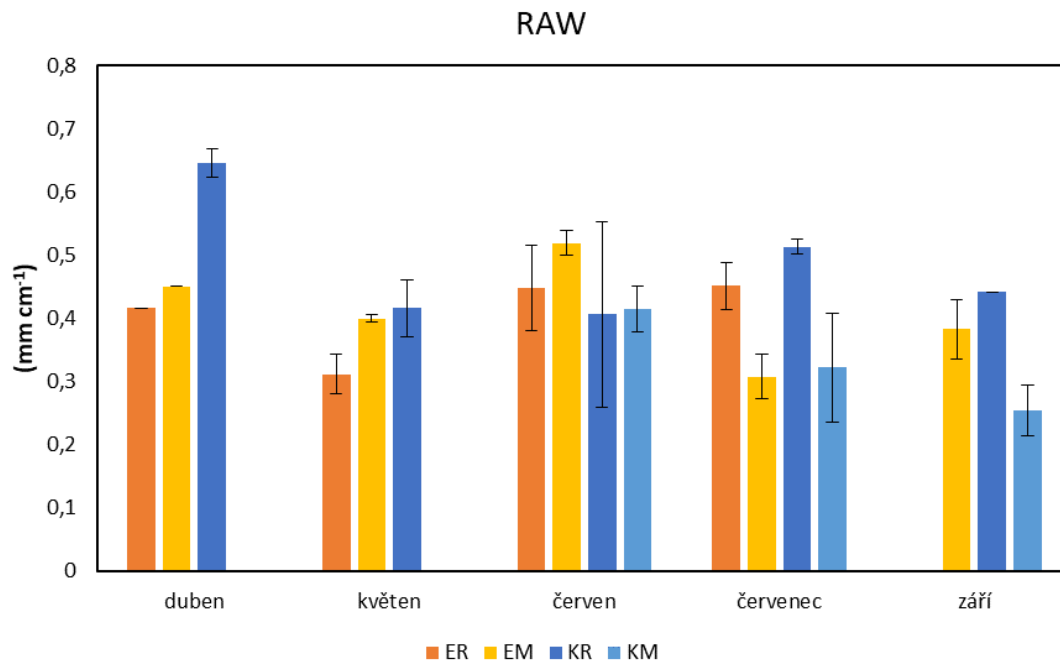
Obrázek 147. Porovnání výsledků gravitační vody (GW) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 148. Porovnání výsledků gravitační vody (GW) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

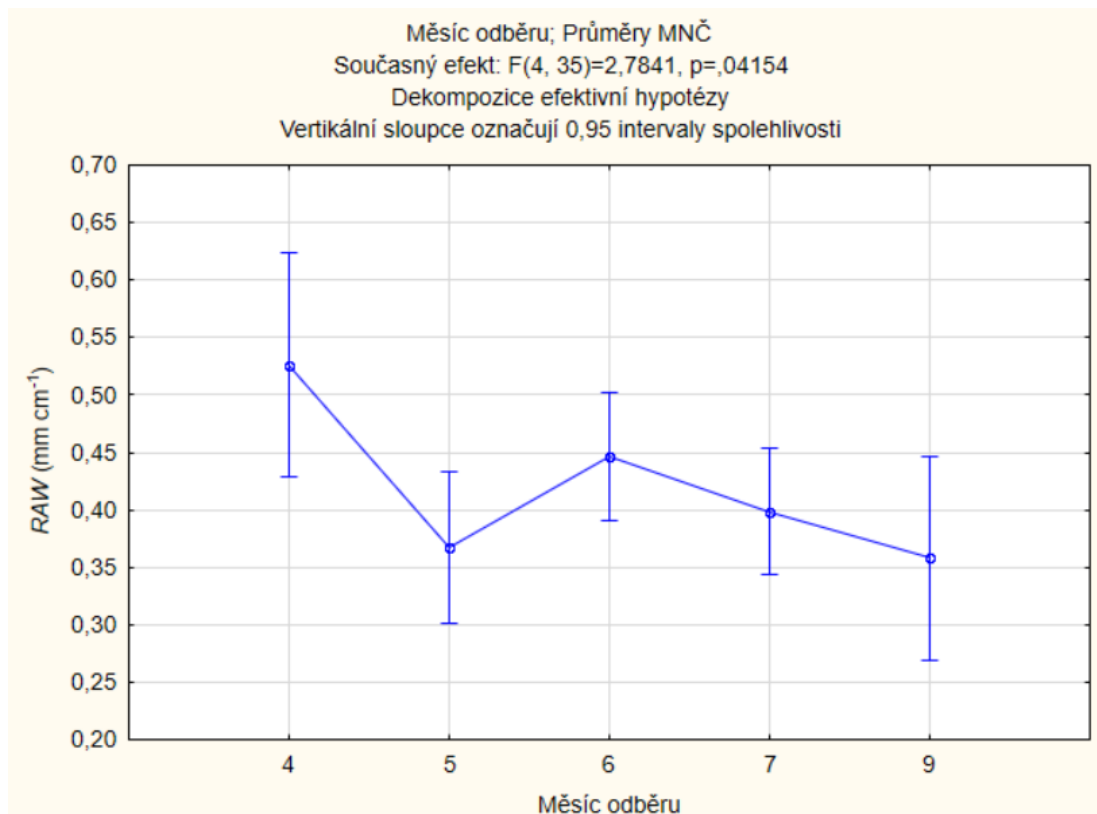
Za použití statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty gravitační vody (GW) dosahují statisticky významných rozdílů v jednotlivých měsících odběru (viz obr. 146.) i v různých typech hospodaření, kde jsou vyšší u ekologického zemědělství (viz obr. 147.) Mezi variantami řádek a meziřádek statisticky významné rozdíly nejsou (viz obr. 148.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 31.

### 5.3.2.5.5 Voda snadno dostupná pro vegetaci (RAW)

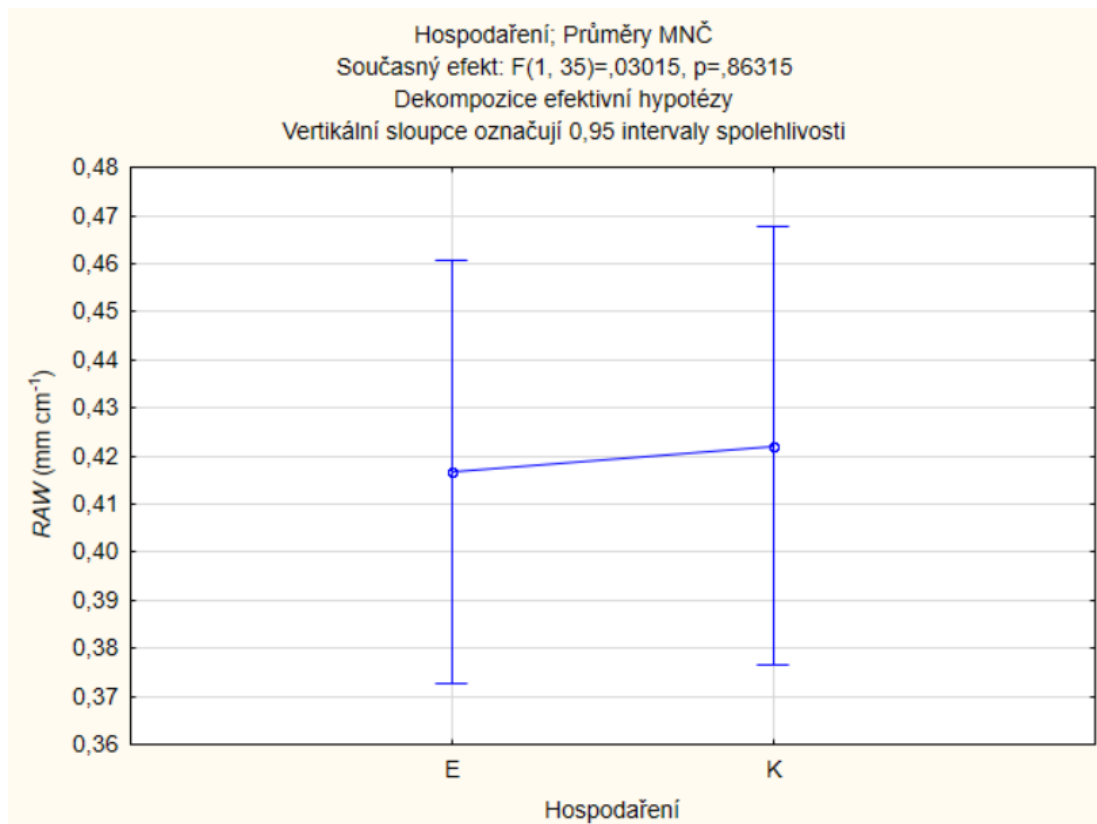


Obrázek 149. Graf výsledných hodnot vody snadno dostupné pro vegetaci (RAW) a směrodatné odchylky.

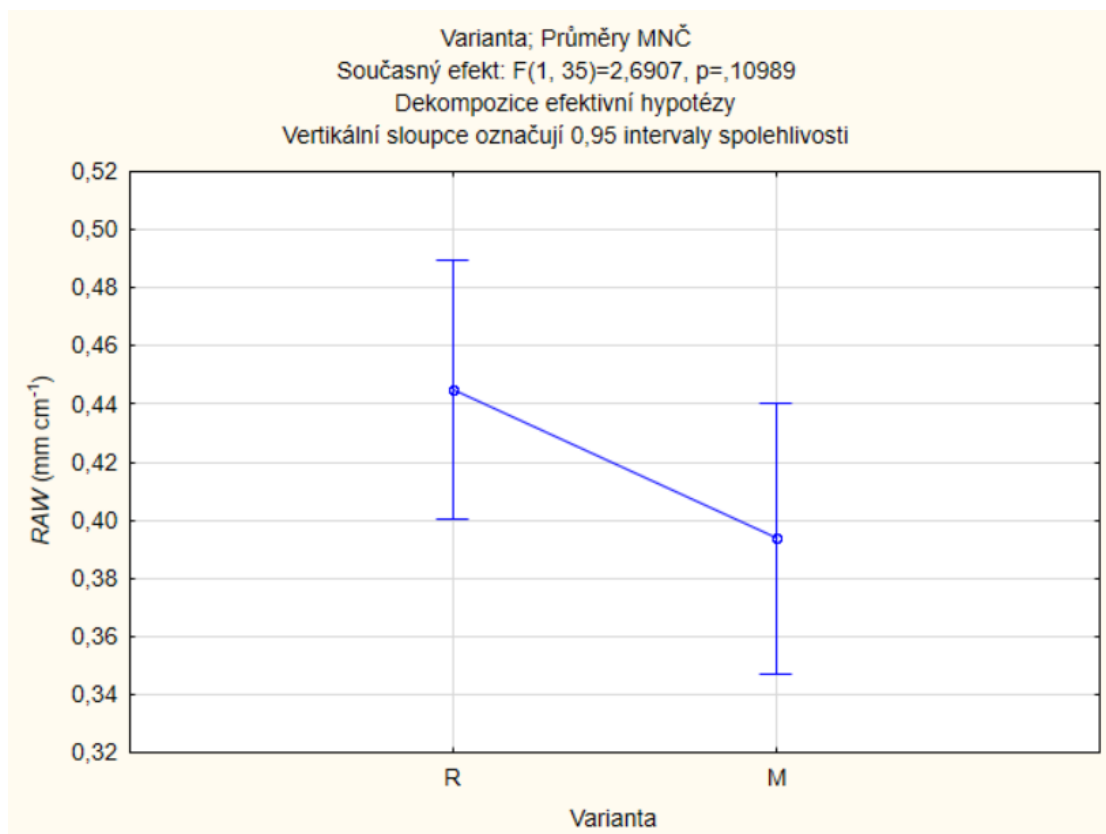
Nejvyšší hodnoty snadno dostupné vody (RAW) (obr. 149.) byly naměřeny u zemědělství konvenčního (duben – řádek): 0,64, zatímco u ekologického 0,52 (červen – meziřádek). Nejnížší hodnoty byly získány u konvenčního zemědělství (září – meziřádek): 0,25, zatímco u ekologického 0,31 (červenec – meziřádek).



Obrázek 150. Porovnání výsledků vody snadno dostupné pro vegetaci (RAW) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.



Obrázek 151. Porovnání výsledků vody snadno dostupné pro vegetaci (RAW) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

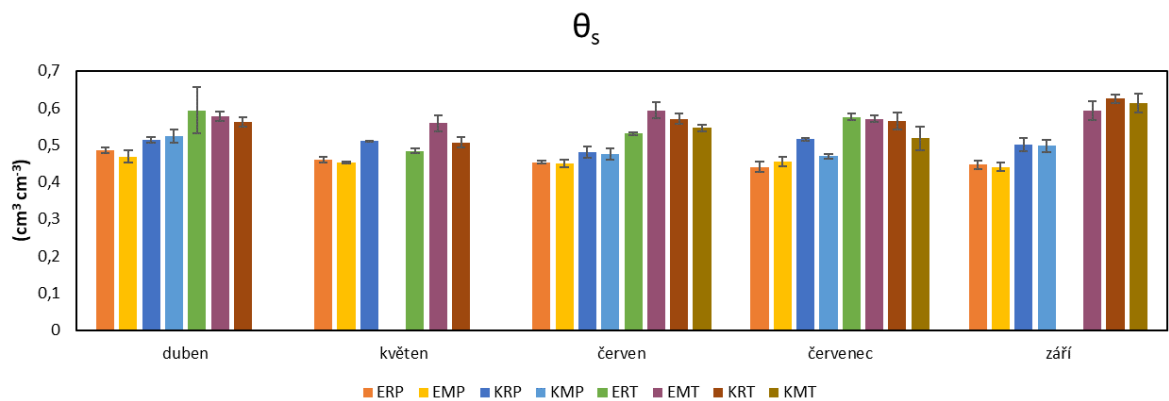


Obrázek 152. Porovnání výsledků vody snadno dostupné pro vegetaci (RAW) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent.

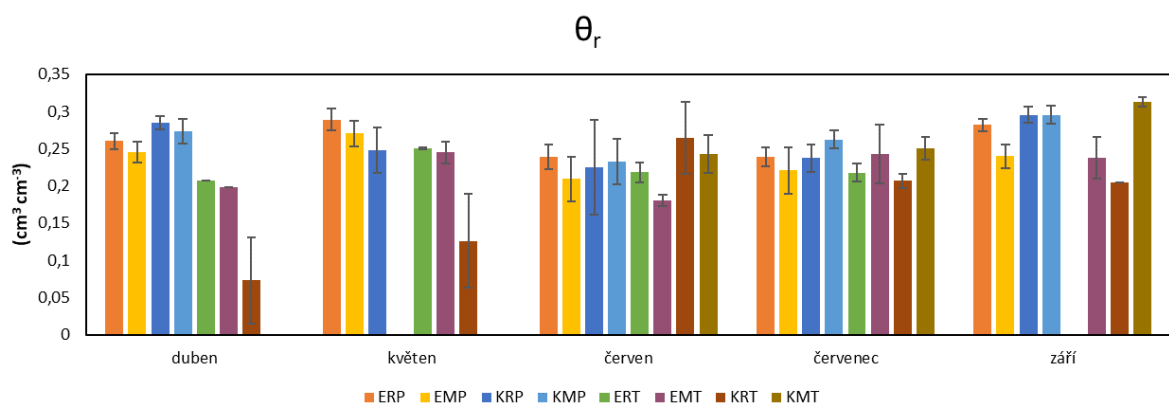
Pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent bylo zjištěno, že hodnoty snadno dostupné pro vegetaci (RAW) dosahují statisticky významných rozdílů v jednotlivých odběrech (viz obr. 150.). Rozdíly ve dvou typech hospodaření a ve variantách řádek a meziřádek statisticky významné nejsou (viz obr. 151. a obr. 152.). Výsledné tabulky statistického šetření jsou v příloze č. 32.

### 5.3.3 Porovnání použitých metod

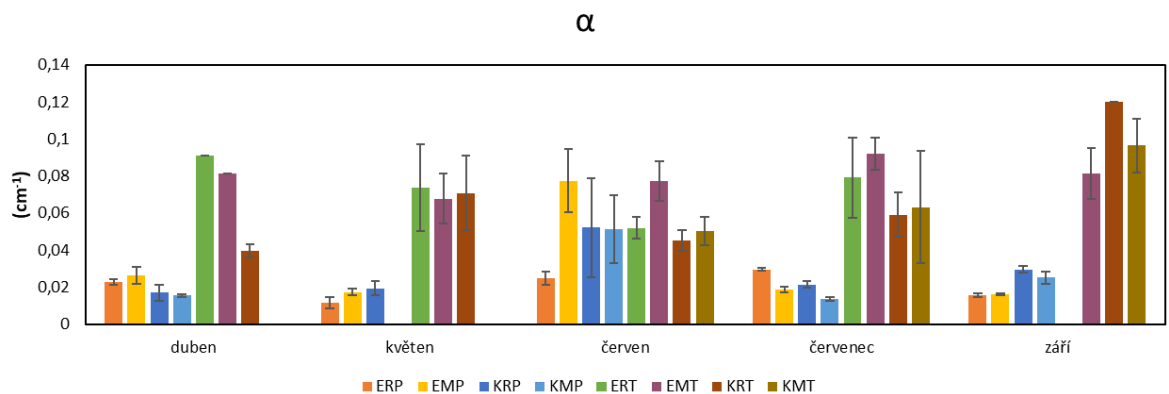
U vybraných parametrů ( $\theta_s, \theta_r, \alpha, n, S_{INF}, RAW$ ). byly graficky porovnány výsledky obou použitých metod (viz obrázky 153. – 158.). Z grafu (obr. č. 153.) vyplývá, že pro parametr  $\theta_s$  byly v Tempských celách stanoveny vyšší hodnoty než v přetlakovém aparátu. Z grafu (obr. č. 154.) vyplývá že u parametru  $\theta_r$  byly naopak v Tempských celách stanoveny hodnoty nižší. Z grafu (obr. č. 155.) vyplývá, že pro parametr  $\alpha$  byly v Tempských celách opět stanoveny vyšší hodnoty než v přetlakovém aparátu. Z grafu (obr. 156) vyplývá, že pro parametr  $n$  byly v obou metodách stanoveny podobné hodnoty. Parametr  $S_{INF}$  dosahoval vyšších hodnot u metody měření v Tempských celách (viz obr. 157.), zatímco parametr RAW dosahoval v obou metodách podobných hodnot.



Obrázek 153. Graf porovnání výsledných hodnot parametru  $\theta_s$  pro obě metody a směrodatné odchylky, varianty: ekologické zemědělství – řádek, přetlakový aparát (ERP, oranžově), ekologické zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (EMP, žlutě), konvenční zemědělství – řádek, přetlakový aparát (KRP, tmavě modře), konvenční zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (KMP, světle modře), ekologické zemědělství – řádek, Tempské cely (ERT, zeleně), ekologické zemědělství – meziřádek, Tempské cely (EMT, fialově), konvenční zemědělství – řádek, Tempské cely (KRT, hnědě), konvenční zemědělství – meziřádek, Tempské cely (KMT, khaki).

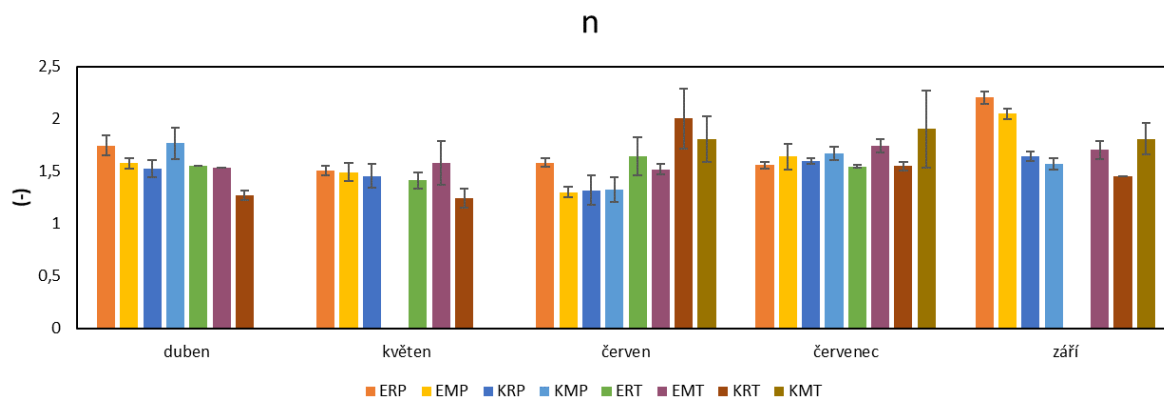


Obrázek 154. Graf porovnání výsledných hodnot parametru  $\theta_r$  pro obě metody a směrodatné odchylky, varianty: ekologické zemědělství – řádek, přetlakový aparát (ERP, oranžově), ekologické zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (EMP, žlutě), konvenční zemědělství – řádek, přetlakový aparát (KRP, tmavě modře), konvenční zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (KMP, světle modře), ekologické zemědělství – řádek, Tempské cely (ERT, zeleně), ekologické zemědělství – meziřádek, Tempské cely (EMT, fialově), konvenční zemědělství – řádek, Tempské cely (KRT, hnědě), konvenční zemědělství – meziřádek, Tempské cely (KMT, khaki).

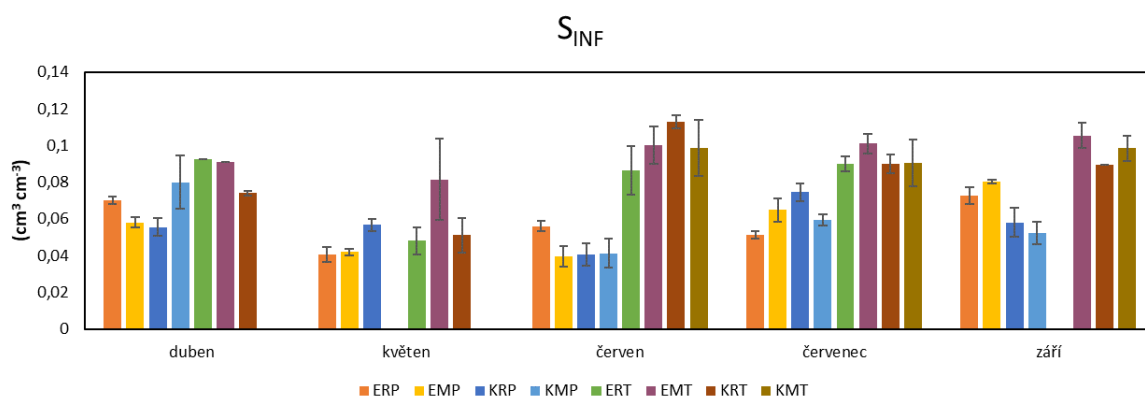


Obrázek 155. Graf porovnání výsledných hodnot parametru  $\alpha$  pro obě metody a směrodatné odchylky, varianty: ekologické zemědělství – řádek, přetlakový aparát (ERP, oranžově), ekologické zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (EMP, žlutě), konvenční zemědělství – řádek, přetlakový aparát (KRP, tmavě modře), konvenční zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (KMP, světle modře), ekologické zemědělství – řádek, Tempské cely (ERT, zeleně), ekologické zemědělství – meziřádek, Tempské cely (EMT, fialově), konvenční zemědělství – řádek, Tempské cely (KRT, hnědě), konvenční zemědělství – meziřádek, Tempské cely (KMT, khaki).

Tempské cely (EMT, fialově), konvenční zemědělství – řádek, Tempské cely (KRT, hnědě), konvenční zemědělství – meziřádek, Tempské cely (KMT, khaki).

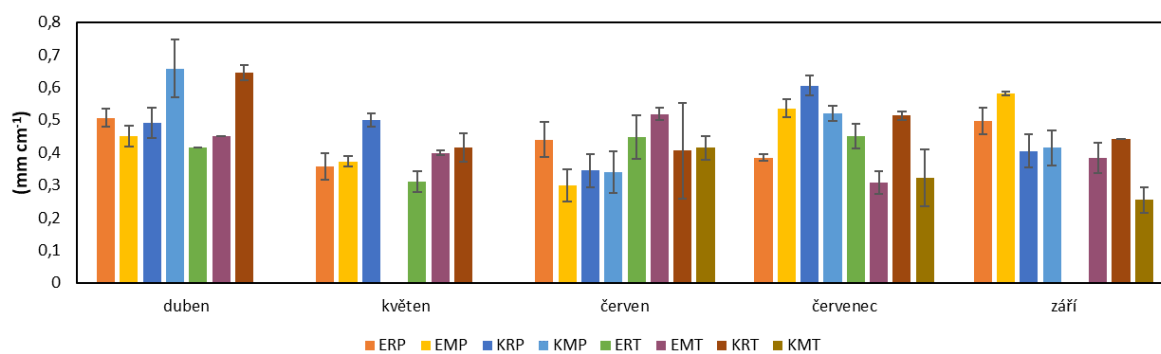


Obrázek 156. Graf porovnání výsledných hodnot parametru  $n$  pro obě metody a směrodatné odchylky, varianty: ekologické zemědělství – řádek, přetlakový aparát (ERP, oranžově), ekologické zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (EMP, žlutě), konvenční zemědělství – řádek, přetlakový aparát (KRP, tmavě modře), konvenční zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (KMP, světle modře), ekologické zemědělství – řádek, Tempské cely (ERT, zeleně), ekologické zemědělství – meziřádek, Tempské cely (EMT, fialově), konvenční zemědělství – řádek, Tempské cely (KRT, hnědě), konvenční zemědělství – meziřádek, Tempské cely (KMT, khaki).



Obrázek 157. Graf porovnání výsledných hodnot parametru  $S_{INF}$  pro obě metody a směrodatné odchylky, varianty: ekologické zemědělství – řádek, přetlakový aparát (ERP, oranžově), ekologické zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (EMP, žlutě), konvenční zemědělství – řádek, přetlakový aparát (KRP, tmavě modře), konvenční zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (KMP, světle modře), ekologické zemědělství – řádek, Tempské cely (ERT, zeleně), ekologické zemědělství – meziřádek, Tempské cely (EMT, fialově), konvenční zemědělství – řádek, Tempské cely (KRT, hnědě), konvenční zemědělství – meziřádek, Tempské cely (KMT, khaki).

## RAW



Obrázek 158. Graf porovnání výsledných hodnot parametru RAW pro obě metody a směrodatné odchylky, varianty: ekologické zemědělství – řádek, přetlakový aparát (ERP, oranžově), ekologické zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (EMP, žlutě), konvenční zemědělství – řádek, přetlakový aparát (KRP, tmavě modře), konvenční zemědělství – meziřádek, přetlakový aparát (KMP, světle modře), ekologické zemědělství – řádek, Tempské cely (ERT, zeleně), ekologické zemědělství – meziřádek, Tempské cely (EMT, fialově), konvenční zemědělství – řádek, Tempské cely (KRT, hnědě), konvenční zemědělství – meziřádek, Tempské cely (KMT, khaki).



## 6 Diskuze

Hypotézou této diplomové práce bylo zjistit, zda různé způsoby hospodaření na zemědělské půdě mohou modifikovat hydraulické vlastnosti půd a zdali se hydraulické vlastnosti orné půdy v průběhu vegetačního období mění. Pro účely zjištění platnosti této hypotézy byly porovnávány výsledné hodnoty vybraných půdních vlastností ze dvou různě obhospodařovaných půdních bloků nacházejících se ve stejné lokalitě, v těsném sousedství. První půdní blok byla plocha začleněná do ekologického zemědělství (biohospodarstvi.cz) zatímco druhý půdní blok byl obhospodařován v režimu konvenčního zemědělství (kokoninskazemedelska.cz). Pěstovanou plodinou byla na obou půdních blocích pšenice ozimá (*Triticum aestivum*). Na základě pedologického průzkumu bylo zjištěno, že pedologické podmínky jsou na obou půdních blocích totožné. Půdní typ byl určen podle českého klasifikačního systému půd jako kambizem dystrická a půdotvorný substrát krystalická břidlice. Jedná se o půdu produkčně málo významnou, středně hlubokou až hlubokou, ohroženou acidifikací (Němeček et al. 2011).

Pro posouzení variability půdních vlastností v čase byly odběry porušených a neporušených půdních vzorků provedeny pětkrát v průběhu vegetačního období. Vzorky byly odebrány z obou typů hospodaření ve variantách řádek a meziřádek. Celkem bylo během pěti odběrů odebráno 120 neporušených a 20 porušených půdních vzorků. Pro popis základních půdních vlastností na dané lokalitě byly na porušených půdních vzorcích provedeny analýzy chemických a fyzikálních vlastností půdy.

Bylo zjištěno, že z hlediska půdní reakce se jedná o půdy kyselé až silně kyselé pro oba typy hospodaření. Ekologické zemědělství však mělo hodnoty aktivní i výměnné půdní reakce vyšší, tyto rozdíly byly statisticky významné. Vyšší hodnoty aktivní i výměnné půdní reakce v ekologickém zemědělství už byly popsány (Fér et al. 2020). Z pohledu kvantity půdní organické hmoty bylo zjištěno, že v obou typech hospodaření mají půdy nízký až střední obsah oxidovatelného uhlíku  $C_{ox}$ . Zásoba humusu je na obou půdních blocích dobrá (Sáňka et. al. 2018). Obsah  $C_{ox}$  i humusu byl statisticky významně vyšší u konvenčního zemědělství. Vyšší obsah  $C_{ox}$  u konvenčního zemědělství byl též zdokumentován v práci Féra et al. (2020). Z hlediska zrnitosti se v obou případech jedná o půdu hlinitou, středně těžkou. Hodnoty specifické hmotnosti poukazují na povrchové humózní horizonty u ekologického zemědělství a silně humózní horizonty u konvenčního zemědělství (Sáňka et. al. 2018). Dle hodnot objemové hmotnosti byl strukturní stav humusového horizontu dobrý u ekologického, a dobrý až výborný u konvenčního zemědělství (Sáňka et. al. 2018). Hodnoty pórovitosti byly výborné u konvenčního a dobré u ekologického zemědělství (Sáňka et. al. 2018). Hodnoty specifické hmotnosti, objemové hmotnosti a pórovitosti byly statisticky významně vyšší u konvenčního zemědělství. Vyšší hodnoty pórovitosti u konvenčního zemědělství nekorespondují s výsledky jiných prací (Fér et al. 2020; Williams et al. 2017). Horší výsledky fyzikálních charakteristik, obsahu oxidovatelného uhlíku a humusu u ekologického zemědělství by mohly být způsobeny pravidelnou orbou, která dlouhodobě snižuje stabilní agregaci půdy a může mimo jiné snížit obsah organické hmoty v půdě, zhoršit strukturu půdy a snížit kapacitu zadržování vody (Crittenden et al. 2015; Honzík et al., 2016).

Pro stanovení hydrofyzikálních vlastností v neporušených půdních vzorcích byl použit přetlakový aparát a Tempské cely. V obou aparaturách byly změřeny retenční čáry půdní vlhkosti. Pro proložení naměřených bodů retenčních čar z přetlakového aparátu pomocí rovnice van Genuchtena byl použit program RETC. Data získaná z Tempských cel (měřené body retenčních čar a nasycená hydraulická vodivost) byla využita při numerickém inverzním modelování pomocí programu HYDRUS-1D. Pomocí těchto programů byly vyjádřeny parametry retenčních čar: nasycená, residuální vlhkost a tvarové charakteristiky ( $\theta_s$ ,  $\theta_r$ ,  $\alpha$ ,  $n$ ). Dále byly vypočteny parametry inflexních bodů a charakteristiky popisující detailněji pórový systém ( $\theta_s$ ,  $PK$ ,  $\theta_{70}$ ,  $\theta_{s-70}$ ). V Tempských celách byla navíc změřena nasycená hydraulická vodivost.

## 6.1 Přetlakový aparát

Naměřené hodnoty nasycené i reziduální půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ,  $\theta_r$ ) byly vyšší u konvenčního zemědělství. Tomu je pravděpodobně tak kvůli lepším hodnotám pórovitosti. Z těchto výsledků by se dalo usuzovat, že půda na konvenčně obhospodařovaném poli dokáže ve svém pórovém systému zadržet více vody. Tyto výsledky jsou však v rozporu s výsledky jiných prací (Fér et al. 2020). Hodnoty parametrů  $\alpha$  a  $n$  nijak nevybočují svými hodnotami při porovnání s jinými pracemi zabývající se stejnou problematikou (Fér et al. 2016; Jirků et al. 2013). U parametru  $\alpha$  byly rozdíly v hospodařeních nevýznamné a u parametru  $n$  byly vyšší u ekologického zemědělství. Rozdíly hodnot všech parametrů retenčních čar ( $\theta_s$ ,  $\theta_r$ ,  $\alpha$ ,  $n$ ) byly statisticky významné v průběhu vegetačního období.

Dále byly spočteny parametry inflexních bodů ( $S_{INF}$ ,  $h_{INF}$  a  $\theta_{INF}$ ). Rozdíly hodnot všech parametrů inflexních bodů ( $S_{INF}$ ,  $h_{INF}$  a  $\theta_{INF}$ ) byly statisticky významné v průběhu vegetačního období. V hodnotách parametrů  $S_{INF}$  a  $h_{INF}$  nebyly statisticky významné rozdíly pro jednotlivá hospodaření. Parametr inflexního  $S_{INF}$  bodu může být použit pro vyhodnocení kvality půdy z fyzikálního hlediska (Dexter, 2004a,b,c; Dexter a Cryz 2007 a Jirků et al. 2013). Fyzikální kvalita půdy v spadá v obou typech hospodaření do kategorie dobrá až velmi dobrá. V práci Fér et al. (2018) uvádějí vyšší kvalitu u ekologického zemědělství. Parametr  $\theta_{INF}$  dosahoval vyšších hodnot u konvenčního zemědělství.

Nakonec byly stanoveny hodnoty charakteristik, popisujících půdní pórový systém. Všechny měřené charakteristiky ( $PK$ ,  $\theta_{70}$ ,  $\theta_s-\theta_{70}$ ,  $GW$ ,  $RAW$ ) dosahovaly statisticky významných rozdílů hodnot jednotlivých odběrech. Polní kapacita a obsah půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm dosahovaly vyšších hodnot v konvenčním zemědělství. Rozdíly hodnot charakteristik  $\theta_s-\theta_{70}$ , gravitační vody ( $GW$ ) a vody snadno dostupné pro vegetaci ( $RAW$ ) nebyly ve dvou typech hospodaření statisticky významné. Z toho lze usuzovat, že půda v konvenčním hospodaření váže více vody, nicméně voda využitelná rostlinami tím není ovlivněna. Snížení kapacity zadržování vody v ekologickém zemědělství v důsledku nepřetržité orby bylo popsáno Crittendenem et al. (2015).

Rozdíly hodnot všech charakteristik, měřených v přetlakovém aparátu byly statisticky významné v průběhu vegetačního období. To je způsobeno konsolidací půdy, růstem kořenů, bobtnáním a smršťování půdy a podobně. Pro žádné charakteristiky měřené v přetlakovém aparátu nebyly zjištěny rozdíly ve variantách řádek a meziřádek.

## 6.2 Tempské cely

Hodnoty nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) a parametrů  $\alpha$  a  $n$  dosahovaly významných rozdílů v jednotlivých odběrech. Mezi variantami dvou hospodaření však nebyl rozdíl, což odporuje výsledkům z přetlakového aparátu. U parametru  $\alpha$  byly hodnoty vyšší u ekologického zemědělství, rozdíly ve variantách řádek a meziřádek nebyly statisticky významné. Rozdíly v hodnotách parametrů  $\theta_r$  a nedosahovaly statisticky významných rozdílů v žádné variantě porovnání.

Z měření v Tempských celách byla získána také nasycená hydraulická vodivost, stanovena byla dvakrát: optimalizací ( $K_s$ ) a měřením ( $K_{smer}$ ). Rozdíly v hodnotách  $K_s$  byly statisticky významné mezi variantami řádek a meziřádek, kde byly nižší u varianty řádek. Toto potvrzuje zjištění Alletto et al. (2010). Rozdíly byly také vyšší u ekologického zemědělství, zatímco rozdíly v jednotlivých měsících odběru statisticky významné nebyly. U  $K_{smer}$  nebyly rozdíly statisticky významné v žádné variantě porovnání.

Hodnoty parametrů inflexních bodů ( $S_{INF}$ ,  $h_{INF}$  a  $\theta_{INF}$ ) stanovené měřením v Tempských celách dosahovaly statisticky významných rozdílů v průběhu vegetačního období, což potvrzuje výsledky z měření v přetlakovém aparátu. Rozdíly mezi dvěma hospodařeními a variantami řádek a meziřádek nebyly statisticky významné žádného z parametrů  $S_{INF}$  a  $\theta_{INF}$ ,  $h_{INF}$ . Parametr  $h_{INF}$  dosahoval vyšších hodnot u konvenčního zemědělství. Parametr  $S_{INF}$  v tomto měření poukazuje na velmi dobrou kvalitu půdy v obou hospodařeních (Dexter 2004a,b,c; Dexter a Cryz 2007; Jirků et al. 2013).

Nakonec byly stanoveny hodnoty charakteristik popisujících půdní pórový systém. Všechny měřené charakteristiky ( $PK$ ,  $\theta_{70}$ ,  $\theta_s-\theta_{70}$ ,  $GW$ ,  $RAW$ ) dosahovaly statisticky významných rozdílů hodnot jednotlivých odběrech. Polní kapacita a obsah půdní vody pro tlakovou výšku 70 cm dosahovaly vyšších hodnot v konvenčním zemědělství, stejně jako u hodnot z přetlakového aparátu. Hodnoty charakteristik  $\theta_s-\theta_{70}$  a gravitační vody ( $GW$ ) byly vyšší u ekologického zemědělství. Rozdíly hodnot vody snadno dostupné pro vegetaci ( $RAW$ ) nebyly ve dvou typech hospodaření statisticky významné. Z toho lze opět usuzovat, že půda v konvenčním hospodaření váže více vody, nicméně voda využitelná rostlinami tím není ovlivněna. Hodnoty charakteristiky  $RAW$  byly vyšší pro variantu řádek. Pro ostatní hodnoty ( $PK$ ,  $\theta_{70}$ ,  $\theta_s-\theta_{70}$ ,  $GW$ ) nebyly statisticky významné rozdíly mezi variantami řádek a meziřádek.

## 7 Závěr

Cílem práce bylo zhodnotit vliv rozdílného způsobu hospodaření na hydraulické vlastnosti zemědělské půdy a popsat sezónní variabilitu sledovaných parametrů. Pro porovnání půdních vlastností rozdílných druhů hospodaření a rozdílných období vegetační sezony byly odebrány porušené a neporušené půdní vzorky v konvenčním a ekologickém zemědělství, pětkrát během vegetačního období. Oba zájmové pozemky byly vybrány tak, aby výsledky nebyly ovlivněny rozdílnými klimatickými a půdními podmínkami. Pozemky se nacházely v těsném sousedství. Půdním typem na zájmové lokalitě je kambizem dystrická, půdotvorný substrát krystalická břidlice. Pro popis základních půdních vlastností na dané lokalitě byly z porušených půdních vzorků vyhodnoceny základní chemické (výměnná a aktivní půdní reakce, obsah oxidovatelného uhlíku a obsah humusu) a fyzikální vlastnosti (zrnitost, specifická a objemová hmotnost, pórovitost). Z neporušených půdních vzorků byly v laboratoři vyhodnoceny hydraulické vlastnosti půdy pomocí dvou metod: v přetlakovém aparátu (retenční čáry půdní vlhkosti) a v Tempských celách (retenční čáry půdní vlhkosti a křivka hydraulických vodivosti). Pro proložení naměřených bodů retenčních čar z přetlakového aparátu pomocí rovnice van Genuchtena byl použit program RETC. Data získaná z Tempských cel (měřené body retenčních čar a nasycená hydraulická vodivost) byla využita při numerickém inverzním modelování pomocí programu HYDRUS-1D. Takto byly získány van Genuchtenovy hydraulické parametry. Dále byly vypočteny parametry inflexních bodů a charakteristiky popisující systém půdních pórů. Získané hodnoty půdních vlastností byly následně statisticky vyhodnoceny metodou ANOVA hlavních komponent.

Z chemických vlastností byly za statisticky průkazné vyhodnoceny aktivní i výměnná půdní reakce s vyššími hodnotami v ekologickém zemědělství, oxidovatelný uhlík a kvalita půdní organické hmoty byly vyšší v konvenčním zemědělství. Při porovnání základních fyzikálních vlastností (specifické hmotnosti, objemové hmotnosti, pórovitosti), byly zjištěny statisticky významné rozdíly ve prospěch konvenčního zemědělství. Horší hodnoty u ekologického zemědělství by mohly být zapříčiněny nepřetržitou orbou.

Při porovnání charakteristik získaných z přetlakového aparátu byly zjištěny významné rozdíly mezi vzorky z různých odběrů v průběhu vegetačního období u všech sledovaných charakteristik ( $\theta_s$ ,  $\theta_r$ ,  $\alpha$ ,  $n$ ,  $S_{INF}$ ,  $h_{INF}$ ,  $\theta_{INF}$ ,  $PK$ ,  $\theta_{70}$ ,  $\theta_s - \theta_{70}$ ,  $GW$ ,  $RAW$ ), z čehož lze usuzovat, že sledované hydrofyzikální vlastnosti orné půdy se v čase značně mění. Naměřené hodnoty nasycené i reziduální půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ,  $\theta_r$ ) byly vyšší u konvenčního zemědělství. U parametru  $\alpha$  byly rozdíly v hospodařeních nevýznamné a u parametru  $n$  byly vyšší u ekologického zemědělství. V hodnotách parametrů inflexních bodů  $S_{INF}$  a  $h_{INF}$  nebyly statisticky významné rozdíly pro jednotlivá hospodaření. Parametr  $\theta_{INF}$  dosahoval vyšších hodnot u konvenčního zemědělství. Polní kapacita a obsah půdní vody pro tlakovou výšku -70 cm dosahovaly vyšších hodnot v konvenčním zemědělství. Rozdíly hodnot charakteristik  $\theta_s - \theta_{70}$ , gravitační vody ( $GW$ ) a vody snadno dostupné pro vegetaci ( $RAW$ ) nebyly ve dvou typech hospodaření statisticky významné.

Z charakteristik získaných v Tempských celách byly z parametrů retenčních čar významné rozdíly mezi jednotlivými odběry u nasycené půdní vlhkosti ( $\theta_s$ ) a parametrů  $\alpha$  a  $n$ . U všech parametrů inflexních bodů ( $S_{INF}$ ,  $h_{INF}$ ,  $\theta_{INF}$ ) a všech charakteristik popisujících půdní pórový systém ( $PK$ ,  $\theta_{70}$ ,  $\theta_s - \theta_{70}$ ,  $GW$ ,  $RAW$ ) byly zjištěny statisticky významné rozdíly v průběhu vegetačního období. Rozdíly v hodnotách nasycené hydraulické vodivosti nebyly statisticky významné pro jednotlivé odběry, ale hodnoty  $K_s$  byly vyšší u ekologického zemědělství. Parametr  $h_{INF}$  dosahoval vyšších hodnot u konvenčního zemědělství. Polní kapacita a obsah půdní vody pro tlakovou výšku 70 cm dosahovaly vyšších hodnot v konvenčním zemědělství, zatímco hodnoty charakteristik  $\theta_s - \theta_{70}$  a gravitační vody ( $GW$ ) byly vyšší u ekologického zemědělství.

Z výsledků měření obou analytických metod lze usoudit, že parametry retenčních čar ( $\theta_s$ ,  $\alpha$  a  $n$ ), parametry inflexních bodů a charakteristiky popisujících půdní pórový systém se značně mění v průběhu vegetační sezony. Tím byla potvrzena první část vědecké hypotézy. Zajímavým faktem je, že při vyhodnocení charakteristik popisujících půdní pórový systém dosahovala v obou metodách polní kapacita a obsah půdní vody pro tlakovou výšku 70 cm vyšších hodnot v konvenčním zemědělství. Statisticky významné rozdíly hodnocení hydrofyzikálních vlastností ve vztahu k typu hospodaření se v obou metodách shodují pouze u polní kapacity a obsahu půdní vody pro tlakovou výšku 70 cm, kde dosahují vyšších hodnot v konvenčním zemědělství. Ostatní parametry se v hodnocení rozcházely nebo byly rozdíly statisticky nevýznamné. Horší hodnoty u ekologického zemědělství by mohly být zapříčiněny nepřetržitou orbou. Druhá část vědecké hypotézy byla tedy částečně vyvrácena. Ze závěrů práce vyplývá, že rozdílný způsob hospodaření na stejné lokalitě nemusí mít žádný vliv na většinu sledovaných hydrofyzikálních vlastností půdy. Vzhledem k tomu, že byl v této práci analyzován pouze omezený počet vzorků, nelze výsledky dvou typů hospodaření generalizovat. Výsledky práce jsou také ovlivněny rozdělením vzorků za dvě hospodaření ještě na varianty řádek a meziřádek. Tento výzkum by ještě mohl pokračovat přepočtením průměrných hodnot pouze za dvě hospodaření, bez rozdělení na řádek a meziřádek. Aby bylo možné výsledky zobecnit, bylo by potřeba několika navazujících výzkumů o větším množství vzorků, na různých půdních typech.

## 8 Literatura

- Alletto L, Coquet Y, Roger-Estrade J. 2010. Two-dimensional spatial variation of soil physical properties in two tillage systems. *Soil Use and Management* **26**: 432–444.
- Alletto L, Coquet Y. 2009. Temporal and spatial variability of soil bulk density and near-saturated hydraulic conductivity under two contrasted tillage management systems. *Geoderma* **152**: 85–94.
- Babaeian E, Homae M, Vereecken H, Montzka C, Norouzi AA, van Genuchten MT. 2015. A Comparative Study of Multiple Approaches for Predicting the Soil-Water Retention Curve: Hyperspectral Information vs. Basic Soil Properties. *Soil Science Society of America Journal* **79**: 1043–1058.
- Bennett E, Carpenter SR, Gordon LJ, Ramankutty N, Balvanera P, Campbell B, Cramer W, Foley J, Folke C, Karlberg L, Liu J, Lotze-Campen H, Mueller ND, Peterson GD, Polasky S, Rockström J, Scholes RJ, Spierenburg M. 2014. Toward a More Resilient Agriculture. *Solutions Journal* **5**: 65–75.
- Biohospodářství Kokonín. (n.d.). Biohospodářství Kokonín. Kokonín. Available from: <https://www.biohospodarstvi.cz/> (accessed January 2021).
- Bodner G, Scholl P, Loiskandl W, Kaul HP. 2013. Environmental and management influences on temporal variability of near saturated soil hydraulic properties. *Geoderma* **204–205**: 120–129.
- Boone L, Roldán-Ruiz I, Van linden V, Muylle H, Dewulf J. 2019. Environmental sustainability of conventional and organic farming: Accounting for ecosystem services in life cycle assessment. *Science of The Total Environment* (e133841) DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.133841.
- Chandrasekhar P, Kreiselmeyer J, Schwen A, Weninger, Julich S, Feger K-H, Schwärzel K. 2018. Why We Should Include Soil Structural Dynamics of Agricultural Soils in Hydrological Models. *Water* (e1862) DOI: 10.3390/w10121862.
- Císlarová M, Vogel T. 2008. Transportní procesy ve vadózní zóně. ČVUT, Praha.
- Coutadeur C, Coquet Y, Roger-Estrade J. 2002. Variation of hydraulic conductivity in a tilled soil. *European Journal of Soil Science*. **53**: 619–628.
- Crittenden SJ, Poot N, Heinen M, Van Balen DJM, Pulleman MM. 2015. Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. *Soil & Tillage Research* **154**: 136–144.
- Česká geologická služba (n.d.). Půdní mapa 1 : 50 000. Česká geologická služba. Available from: <https://mapy.geology.cz/pudy/> (accessed January 2021).
- Dane JH, Top, GC, 2002. *Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods*. Soil Science Society of America, Inc., Madison.
- Dexter AR. 2004. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* **120**: 201–214.
- Dexter AR. 2004. Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tilth and hard-setting. *Geoderma* **120**: 215–225.
- Dexter AR. 2004. Soil physical quality: Part III: Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. *Geoderma* **120**: 227–239.

- Dexter AR, Czyz EA. (2007). Application of S-theory in study of soil physical degradation and its consequences. *Land Degradation & Development*, **18**: 369–381.
- Dlouhý J, Urban J. 2011. Ekologické zemědělství bez mýtů. Česká technologická platforma pro ekologické zemědělství. Olomouc.
- Dvorský J, Urban J. 2014. Základy ekologického zemědělství. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ), Brno.
- EAGRI. (n.d.). Veřejný registr půdy - LPIS. eAGRI. Available from: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/> (accessed January 2021).
- EkoTechnika. (n.d.) Přístroje pro environmentální diagnostiku. EkoTechnika. Available from: <https://ekotechnika.cz/> (accessed April 2021).
- Ernst LF. 1950. A new formula for the calculation of the permeability factor with the auger hole method. T.N.O. Groningen. Translated from the Dutch by H. Bouwer, Cornell Univ. Ithaca, USA.
- Fér M, Kodešová R, Hroníková S, Nikodem A. 2020. The effect of 12-year ecological farming on the soil hydraulic properties and repellency index. *Biologia* **75**: 799–807.
- Fér M, Kodešová R, Nikodem A, Jelenová K, Klement A. 2018. Influence of soil-water content on CO<sub>2</sub> efflux within the elevation transect heavily impacted by erosion. *Ecohydrology* (e1989) DOI: 10.1002/eco.1989.
- Fér M, Kodešová R, Nikodem A, Jirků V, Jakšík O, Němeček K. 2016. The impact of the permanent grass cover or conventional tillage on hydraulic properties of Haplic Cambisol developed on paragneiss substrate. *Biologia* **71**: 1144-1150.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West P C, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockström J, Sheehan J, Siebert S., Tilman D, Zaks DPM. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* **478**: 337–342.
- Garnett T, Appleby MC, Balmford A, Bateman IJ, Benton TG, Bloomer P, Burlingame B, Dawkins M, Dolan L, Fraser D, Herrero M, Hoffmann I, Smith P, Thornton PK, Toulmin C, Vermeulen SJ, Godfray HCJ. 2013. Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies. *Science* **341**: 33-34.
- GEE GW, OR D. 2002. Particle-size analysis. Pages 255-294 in Dane JH, Topp GC, editors. *Methods of Soil Analysis. Part 4 – Physical Methods*. Soil Science Society of America, Inc., Madison.
- Gomiero T. 2013. Alternative Land Management Strategies and Their Impact on Soil Conservation. *Agriculture* **3**: 464–483.
- Gomiero T, Pimentel D, Paoletti MG. 2011. , January Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. Organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* **30**: 95-124.
- Gribb MM, Kodesova R, Ordway SE. 2004. Comparison of Soil Hydraulic Property Measurement Methods. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* **130**: 1084–1095.
- Homolka IP, Ostrý V, Urban J. 2005. Ekologické zemědělství-zdroj bezpečných krmiv a potravin. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.
- Honzík R, Ust'ak S, Vach M. 2016. Hydopedologické parametry a objemová hmotnost půd u variant dlouhodobých pokusů s rozdílnými způsoby zpracování. Výzkumný ústav

- rostlinné výroby, Praha.
- Hooghoudt SB. 1936. Bepailing van den doorlaatfactor van den grond met behulp van pompproeven, (z.g. boorgatenmethode). Verslag Landbouwk. Onder zoek **42**: 449-541.
- Horel Á, Tóth E, Gelybó G, Kása I, Bakacsi Z, Farkas C. 2015. Effects of Land Use and Management on Soil Hydraulic Properties. *Open Geosciences* **7**: 742-754.
- ISO, 10390: 2005. 2005. Soil quality — Determination of pH. ISO, Geneva.
- ISO 11508:2017. 2017. Soil quality — Determination of particle density. ISO, Geneva.
- Jakšík O, Kodešová R, Kubiš A, Stehlíková I, Drábek O, Kapička A. 2015. Soil aggregate stability within morphologically diverse areas. *Catena* **127**: 287–299.
- Jandák J. 2003. Půdoznalství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.
- Jirků V, Kodešová R, Nikodem A, Mühlhanslová M, Žigová A. 2013. Temporal variability of structure and hydraulic properties of topsoil of three soil types. *Geoderma* **204–205**: 43–58..
- Kirchmann H, Thorvaldsson G, Bergström L, Gerzabek M, Andrén O, Eriksson LO, Winnige M. 2008. Fundamentals of Organic Agriculture – Past and Present. Page(s) 13–37 in *Organic Crop Production – Ambitions and Limitations*. Springer Netherlands.
- Kodešová R, Kodeš V, Žigová A, Šimůnek J. 2006. Impact of plant roots and soil organisms on soil micromorphology and hydraulic properties. *Biologia* **61**: 339–343.
- Kodešová R, Nikodem A, Jakšík O, Klement A, Fér M. 2015. Metodika průzkumu hydropedologických podmínek na území ovlivněném erozí. Česká zemědělská universita v Praze, Praha.
- Kokonínská zemědělská. (n.d.). Kokonínská zemědělská. Kokonín. Available from: <http://www.kokoninskazemedelska.cz/> (accessed January 2021).
- Lorenz K, Lal R. 2016. Environmental Impact of Organic Agriculture. *Advances in Agronomy* **139**: 99-152.
- Meier MS, Stoessel F, Jungbluth N, Juraske R, Schader C, Stolze M. 2015. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products e Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management* **149**: 193–208.
- Metergroup (n.d.). How to measure soil hydraulic conductivity – Which method is right for you? Metergroup. Available from: <https://www.metergroup.com/environment/articles/how-to-measure-soil-hydraulic-conductivity-which-method-is-right-for-you/>(accessed April 2021).
- Mualem Y. 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research* **12**: 513–522.
- Němeček J, Mühlhanslová M, Macků J, Vokoun J, Vavříček D, Novák P. 2011. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU Praha, Praha.
- Pavlů L, Kodešová R, Fér M, Nikodem A, Němec F. 2021. Soil & Tillage Research The impact of various mulch types on soil properties controlling water regime of the Haplic Fluvisol. *Soil & Tillage Research* (e104748) DOI: 10.1016/j.still.2020.104748.
- Ponisio LC, M'gonigle LK, Mace KC, Palomino J, De Valpine P, Kremen C. 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Royalsocietypublishing.Org* (e1799) DOI: 10.1098/rspb.2014.1396.
- Pulleman M, Jongmans A, Marinissen J, Bouma J. 2003. Effects of organic versus conventional arable farming on soil structure and organic matter dynamics in a marine



- loam in the Netherlands. *Soil Use and Management* **19**: 157–165.
- Sáňka M, Materna J. 2004. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. *Planeta* **11**: 84.
- Sáňka M, Vácha R, Poláková Š, Fiala P. 2018. Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- Šarapatka B. 1996. *Pedologie*. 1. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Šarapatka B. 2014. *Pedologie a ochrana půdy*. Universita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Shwetha P, Varija K. 2015. Soil Water Retention Curve from Saturated Hydraulic Conductivity for Sandy Loam and Loamy Sand Textured Soils. *Aquatic Procedia*. **4**: 1142–1149.
- Šimůnek J, Šejna M, Saito H, Sakai M, van Genuchten MTh. 2018. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Version 4.17. Department of Environmental Sciences. University of California Riverside, USA.
- Skjemstad, JO, Baldock JA. 2008. Total and Organic Carbon In: Carter M (ed) *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science. Taylor and Francis Group, USA.
- Soilmoisture Equipment Corp. (2009): 15 Bar Pressure Plate Extractor, Operating Instructions. Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA.
- StatSoft, Inc.. STATISTICA (data analysis software system), version 12. 2013. Available from: [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Stockdale EA, Lampkin NH, Hovi M, Keatinge R, Lennartsson EKM, Macdonald DW, Padel S, Tattersall FH, Wolfe MS, Watson CA. 2001. Agronomic and environmental implications of organic farming systems. *Advances in Agronomy* **70**: 261–327.
- Strudley MW, Green TR, Ascough JC. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil & Tillage Research* **99**: 4–48.
- Udeigwe TK, Teboh JM, Eze PN, Hashem Stietiya M, Kumar V, Hendrix J, Mascagni HJ, Ying T, Kandakji T, Kandakji T, Mascagni HJF. 2015. Implications of Leading Crop Production Practices on Environmental Quality and Human Health. *Journal of Environmental Management* **151**: 267–279.
- United States Department of Agriculture (n.d.). Natural Resources Conservation Service. USDA. Available from: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/national/home/>
- van Dam JC, Stricker JNM, Droogers P. 1994. Inverse Method to Determine Soil Hydraulic Functions from Multistep Outflow Experiments. *Soil Science Society of America Journal*. **58**: 647–652.
- van Genuchten MT. 1980. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. *Soil Science Society of America Journal*. **44**: 892–898.
- Watson CA, Atkinson D, Gosling P, Jackson LR, Rayns F. W. 2002. Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use and Management* **18**: 239–247.
- WBSCD, IUCN. 2008. *Agricultural ecosystems; Facts and trends*. WBSCD, IUCN, Switzerland.
- Whalen JK, Chang C. 2002. Macroaggregate Characteristics in Cultivated Soils after 25 Annual Manure Applications. *Soil Science Society of America Journal*. **66**: 1637–1647.
- Williams DM, Blanco-Canqui H, Francis CA, Galusha TD. 2017. Organic farming and soil physical properties: An assessment after 40 years. *Agronomy Journal* **109**: 600–609.

- Zádorová T, Jakšík O, Kodešová R, Penížek V. 2011. Influence of terrain attributes and soil properties on soil aggregate stability. *Soil and Water Research*. **6**: 111–119.
- Zákon o ekologickém zemědělství a o změně zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. In *Sbírka zákonů České republiky*, 2000, částka 73. Česká republika.
- Zhang Y, Schaap MG. 2019. Estimation of saturated hydraulic conductivity with pedotransfer functions: A review. *Journal of Hydrology* **575**: 1011–1030.

*Literatura byla generována pomocí volně dostupného citačního manažeru Mendeley - <https://www.mendeley.com/download-desktop/>*

## 9 Samostatné přílohy

Příloha č. 1: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro aktivní půdní reakci (pH H<sub>2</sub>O)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro pH H <sub>2</sub> O (Tabulka25) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	530,9568	1	530,9568	9342,317	0,000000
Hospodaření	0,5148	1	0,5148	9,058	0,011873
Měsíc odběru	0,7603	3	0,2534	4,459	0,027850
Chyba	0,6252	11	0,0568		

Příloha č. 2: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro výměnnou půdní reakci (pH KCl)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro pH KCl (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	387,4992	1	387,4992	22760,60	0,000000
Hospodaření	0,5402	1	0,5402	31,73	0,000153
Měsíc odběru	0,7061	3	0,2354	13,82	0,000474
Chyba	0,1873	11	0,0170		

Příloha č. 3: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro obsah oxidovatelného uhlíku Cox (%)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Cox (%) (Tabulka9) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	122,9964	1	122,9964	6558,882	0,000000
Hospodaření	3,1158	1	3,1158	166,152	0,000000
Měsíc odběru	0,5691	4	0,1423	7,586	0,001810
Chyba	0,2625	14	0,0188		

Příloha č. 4: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro obsah humusu (%)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro humus (%) (Tabulka Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy)				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	365,566	1	365,566	6558,88	0,00000
Hospodaření	9,2607	1	9,2607	166,15	0,00000
Měsíc odběru	1,6914	4	0,4228	7,586	0,00181
Chyba	0,7803	14	0,0557		

Příloha č. 5: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro specifickou hmotnost půdy ( $\rho_z$ ) ( $g\ cm^{-3}$ )

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $\rho_z$ (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	348,1151	1	348,1151	3544814	0,000000
Měsíc odběru	0,0012	4	0,0003	3	0,023405
Hospodaření	0,0251	1	0,0251	255	0,000000
Varianta	0,0000	1	0,0000	0	0,642828
Chyba	0,0049	50	0,0001		

Příloha č. 6: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro objemovou hmotnost ( $\rho_d$ ) ( $g\ cm^{-3}$ )

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $\rho_d$ (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	73,96658	1	73,96658	11679,46	0,000000
Měsíc odběru	0,18601	4	0,04650	7,34	0,000099
Hospodaření	0,01912	1	0,01912	3,02	0,088457
Varianta	0,01632	1	0,01632	2,58	0,114697
Chyba	0,31665	50	0,00633		

Příloha č. 7: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro pórovitost ( $P$ ) (%)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro P (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	16,19375	1	16,19375	16047,74	0,000000
Měsíc odběru	0,02895	4	0,00724	7,17	0,000121
Hospodaření	0,00071	1	0,00071	0,71	0,404899
Varianta	0,00270	1	0,00270	2,67	0,108305
Chyba	0,05045	50	0,00101		

Příloha č. 8: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro nasycenou vlhkost ( $\theta_S$ ) ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $\theta_S$ (Tabulka1) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	12,66854	1	12,66854	48372,78	0,000000
Měsíc odběru	0,00803	4	0,00201	7,67	0,000067
Hospodaření	0,02573	1	0,02573	98,25	0,000000
Varianta	0,00085	1	0,00085	3,26	0,076892
Chyba	0,01309	50	0,00026		

Příloha č. 9: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro reziduální vlhkost  $\theta_R$  ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $\theta_R$ (Tabulka1) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	3,656776	1	3,656776	4199,774	0,000000
Měsíc odběru	0,022328	4	0,005582	6,411	0,000303
Hospodaření	0,002440	1	0,002440	2,802	0,100369
Varianta	0,000846	1	0,000846	0,972	0,328932
Chyba	0,043535	50	0,000871		

Příloha č. 10: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr  $\alpha$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $\alpha$ (Tabulka1) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,038355	1	0,038355	202,9877	0,000000
Měsíc odběru	0,009360	4	0,002340	12,3839	0,000000
Hospodaření	0,000001	1	0,000001	0,0070	0,933646
Varianta	0,000178	1	0,000178	0,9438	0,335975
Chyba	0,009448	50	0,000189		

Příloha č. 11: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr  $n$  (-) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $n$ (Tabulka1) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	141,9566	1	141,9566	5554,156	0,000000
Měsíc odběru	1,6477	4	0,4119	16,117	0,000000
Hospodaření	0,2783	1	0,2783	10,889	0,001789
Varianta	0,0200	1	0,0200	0,784	0,380030
Chyba	1,2779	50	0,0256		

Příloha č. 12: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr inflexního bodu  $S_{INF}$  ( $cm^3 \cdot cm^{-3}$ ) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $S_{INF}$ (Tabulka1) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,180764	1	0,180764	1423,568	0,000000
Měsíc odběru	0,005206	4	0,001302	10,250	0,000004
Hospodaření	0,000021	1	0,000021	0,167	0,684387
Varianta	0,000026	1	0,000026	0,206	0,651911
Chyba	0,006349	50	0,000127		

Příloha č. 13: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr inflexního bodu  $h_{INF}$  ( $cm^{-1}$ ) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $H_{INF}$ (Tabulka1) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	505231,3	1	505231,3	740,7530	0,000000
Měsíc odběru	36051,3	4	9012,8	13,2143	0,000000
Hospodaření	1094,0	1	1094,0	1,6040	0,211209
Varianta	1,3	1	1,3	0,0019	0,965210
Chyba	34102,5	50	682,1		

Příloha č. 14: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr inflexního bodu  $\theta_{INF}$  (-) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $\theta_{INF}$ (Tabulka1) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	8,670259	1	8,670259	50666,06	0,000000
Měsíc odběru	0,005872	4	0,001468	8,58	0,000024
Hospodaření	0,018001	1	0,018001	105,19	0,000000
Varianta	0,000683	1	0,000683	3,99	0,051230
Chyba	0,008556	50	0,000171		

Příloha č. 15: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro polní kapacitu (PK) ( $cm^3 cm^{-3}$ ) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro PK (Tabulka1) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	6,119402	1	6,119402	17129,01	0,000000
Měsíc odběru	0,018114	4	0,004529	12,68	0,000000
Hospodaření	0,022114	1	0,022114	61,90	0,000000
Varianta	0,000367	1	0,000367	1,03	0,315984
Chyba	0,017863	50	0,000357		

Příloha č. 16: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro půdní vlhkost při tlakové výšce 70 cm ( $cm^3 cm^{-3}$ ) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $\theta_{70}$ (Tabulka1)				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	9,261637	1	9,261637	27867,91	0,000000
Měsíc odběru	0,019001	4	0,004750	14,29	0,000000
Hospodaření	0,026854	1	0,026854	80,80	0,000000
Varianta	0,000280	1	0,000280	0,84	0,363152
Chyba	0,016617	50	0,000332		

Příloha č. 17: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro gravitační vodu (GW) ( $\text{mm cm}^{-1}$ ) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro GW (Tabulka1)				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	43,87023	1	43,87023	1395,830	0,000000
Měsíc odběru	0,96642	4	0,24160	7,687	0,000066
Hospodaření	0,00297	1	0,00297	0,094	0,759821
Varianta	0,01978	1	0,01978	0,629	0,431335
Chyba	1,57148	50	0,03143		

Příloha č. 18: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro vodu snadno dostupnou pro vegetaci (RAW) ( $\text{mm cm}^{-1}$ ) (přetlakový aparát)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro RAW (Tabulka1)				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	11,62653	1	11,62653	1548,709	0,000000
Měsíc odběru	0,23564	4	0,05891	7,847	0,000055
Hospodaření	0,01152	1	0,01152	1,534	0,221257
Varianta	0,00074	1	0,00074	0,098	0,754989
Chyba	0,37536	50	0,00751		

Příloha č. 19: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro nasycenou vlhkost ( $\theta_s$ ) ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (tempuské cely)



Jednorozměrné testy významnosti pro $\theta_s$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (Tabulka2)					
Sigma-omezená parametrizace					
Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	10,77718	1	10,77718	11415,18	0,000000
Měsíc odběru	0,02409	4	0,00602	6,38	0,000577
Hospodaření	0,00096	1	0,00096	1,01	0,320910
Varianta	0,00062	1	0,00062	0,66	0,423183
Chyba	0,03304	35	0,00094		

Příloha č. 20: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro reziduální vlhkost  $\theta_R$  ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (tempské cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro $\theta_r$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (Tabulka2)					
Sigma-omezená parametrizace					
Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1,552487	1	1,552487	541,3716	0,000000
Měsíc odběru	0,030046	4	0,007512	2,6194	0,051462
Hospodaření	0,001458	1	0,001458	0,5085	0,480526
Varianta	0,004893	1	0,004893	1,7062	0,199997
Chyba	0,100369	35	0,002868		

Příloha č. 21: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr  $\alpha$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) (tempské cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro $\alpha$ ( $\text{cm}^{-1}$ ) (Tabulka2)					
Sigma-omezená parametrizace					
Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,175292	1	0,175292	412,0536	0,000000
Měsíc odběru	0,005606	4	0,001402	3,2947	0,021561
Hospodaření	0,001777	1	0,001777	4,1781	0,048532
Varianta	0,000086	1	0,000086	0,2025	0,655522
Chyba	0,014889	35	0,000425		

Příloha č. 22: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr  $n$  (-) (tempské cely)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $n(-)$ (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	86,97277	1	86,97277	1555,246	0,000000
Měsíc odběru	0,60277	4	0,15069	2,695	0,046653
Hospodaření	0,04598	1	0,04598	0,822	0,370742
Varianta	0,18682	1	0,18682	3,341	0,076124
Chyba	1,95728	35	0,05592		

Příloha č. 23: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro nasycenou hydraulickou vodivost ( $K_s$ ) ( $\text{cm h}^{-1}$ ) (tempské cely)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $K_s$ ( $\text{cm h}^{-1}$ ) (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	48102,97	1	48102,97	47,83399	0,000000
Měsíc odběru	2761,43	4	690,36	0,68650	0,606138
Hospodaření	8700,64	1	8700,64	8,65199	0,005760
Varianta	6697,39	1	6697,39	6,65994	0,014213
Chyba	35196,81	35	1005,62		

Příloha č. 24: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro nasycenou hydraulickou vodivost měřenou ( $K_{smer}$ ) ( $\text{cm h}^{-1}$ ) (tempské cely)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro $K_{smer}$ ( $\text{cm h}^{-1}$ ) (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	86,48936	1	86,48936	38,32617	0,000000
Měsíc odběru	10,31087	4	2,57772	1,14227	0,352839
Hospodaření	0,04628	1	0,04628	0,02051	0,886954
Varianta	2,20850	1	2,20850	0,97866	0,329321
Chyba	78,98331	35	2,25667		

Příloha č. 25: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr inflexního bodu  $S_{INF}$  ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (tempské cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro $S_{INF}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (Tabulka2)					
Sigma-omezená parametrizace					
Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,260543	1	0,260543	1267,358	0,000000
Měsíc odběru	0,007995	4	0,001999	9,722	0,000021
Hospodaření	0,000026	1	0,000026	0,125	0,725380
Varianta	0,000928	1	0,000928	4,514	0,040763
Chyba	0,007195	35	0,000206		

Příloha č. 26: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr inflexního bodu  $h_{INF}$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) (tempuské cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro $h_{INF}$ ( $\text{cm}^{-1}$ ) (Tabulka2)					
Sigma-omezená parametrizace					
Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	42379,40	1	42379,40	271,3526	0,000000
Měsíc odběru	3551,43	4	887,86	5,6849	0,001238
Hospodaření	1622,10	1	1622,10	10,3862	0,002746
Varianta	584,04	1	584,04	3,7396	0,061258
Chyba	5466,24	35	156,18		

Příloha č. 27: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro parametr inflexního bodu  $\theta_{INF}$  (-) (tempuské cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro $\theta_{INF}$ (-) (Tabulka2)					
Sigma-omezená parametrizace					
Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	6,426545	1	6,426545	16263,74	0,000000
Měsíc odběru	0,008917	4	0,002229	5,64	0,001295
Hospodaření	0,000188	1	0,000188	0,48	0,494915
Varianta	0,000427	1	0,000427	1,08	0,305695
Chyba	0,013830	35	0,000395		

Příloha č. 28: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro polní kapacitu (PK) ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (tempuské cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro $PK$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	2,915579	1	2,915579	5826,717	0,000000
Měsíc odběru	0,010415	4	0,002604	5,203	0,002137
Hospodaření	0,003276	1	0,003276	6,548	0,014985
Varianta	0,000317	1	0,000317	0,634	0,431257
Chyba	0,017513	35	0,000500		

Příloha č. 29: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro půdní vlhkost při tlakové výšce 70 cm ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (tempské cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro $\theta_{70}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	4,562060	1	4,562060	8345,312	0,000000
Měsíc odběru	0,006781	4	0,001695	3,101	0,027597
Hospodaření	0,003665	1	0,003665	6,704	0,013924
Varianta	0,001715	1	0,001715	3,137	0,085256
Chyba	0,019133	35	0,000547		

Příloha č. 30: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro charakteristiku  $\theta_s - \theta_{70}$  ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (tempské cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro $\theta_s - \theta_{70}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1,315524	1	1,315524	1093,236	0,000000
Měsíc odběru	0,040910	4	0,010228	8,499	0,000067
Hospodaření	0,008367	1	0,008367	6,954	0,012392
Varianta	0,004397	1	0,004397	3,654	0,064149
Chyba	0,042117	35	0,001203		

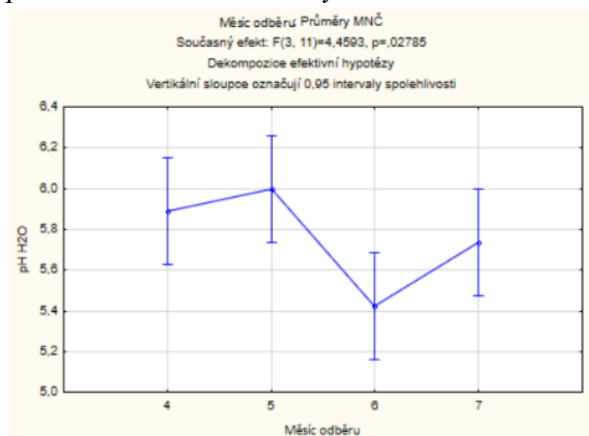
Příloha č. 31: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro gravitační vodu ( $GW$ ) ( $\text{mm cm}^{-1}$ ) (tempské cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro GW (mm cm <sup>-1</sup> ) (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	162,4792	1	162,4792	1245,013	0,000000
Měsíc odběru	4,5049	4	1,1262	8,630	0,000059
Hospodaření	0,8227	1	0,8227	6,304	0,016815
Varianta	0,4070	1	0,4070	3,118	0,086134
Chyba	4,5676	35	0,1305		

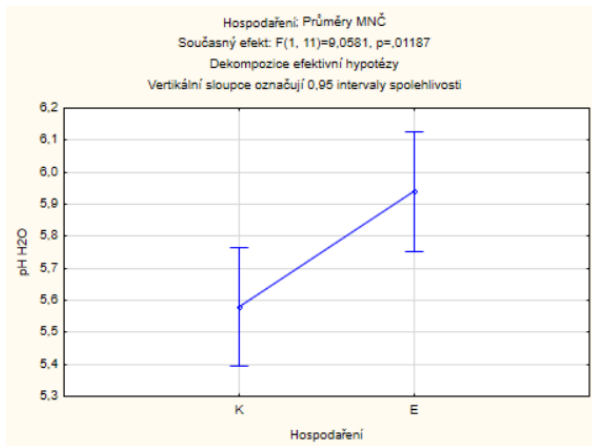
Příloha č. 32: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA hlavních komponent pro vodu snadno dostupnou pro vegetaci (RAW) (tempké cely)

Jednorozměrné testy významnosti pro RAW (mm cm <sup>-1</sup> ) (Tabulka2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	6,023319	1	6,023319	674,9956	0,000000
Měsíc odběru	0,099375	4	0,024844	2,7841	0,041538
Hospodaření	0,000269	1	0,000269	0,0301	0,863151
Varianta	0,024010	1	0,024010	2,6907	0,109894
Chyba	0,312322	35	0,008923		

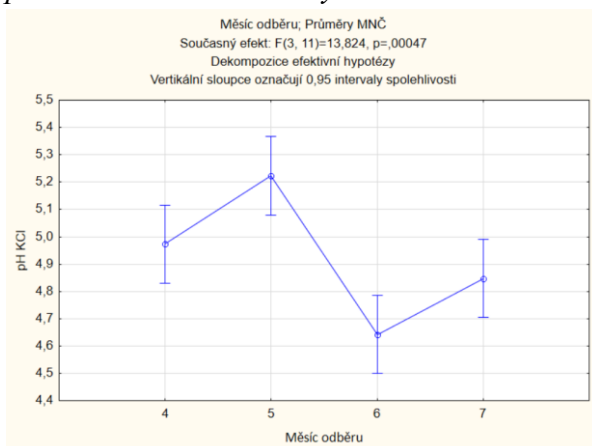
Příloha č. 33: Porovnání výsledků pro aktivní půdní reakci (pH H<sub>2</sub>O) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent



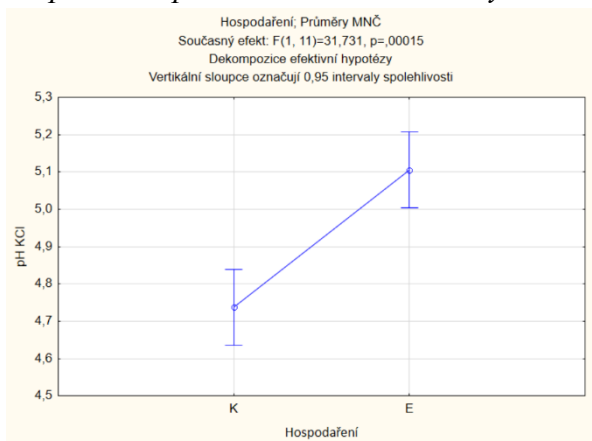
Příloha č. 34: Porovnání výsledků pro aktivní půdní reakci (pH H<sub>2</sub>O) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent



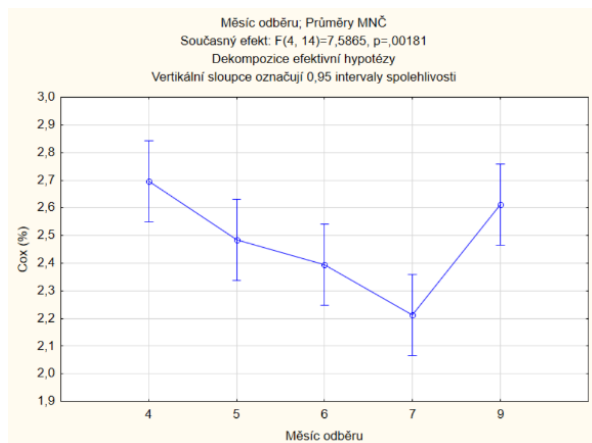
*Příloha č. 35: Porovnání výsledků pro výměnnou půdní reakci (pH KCl) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*



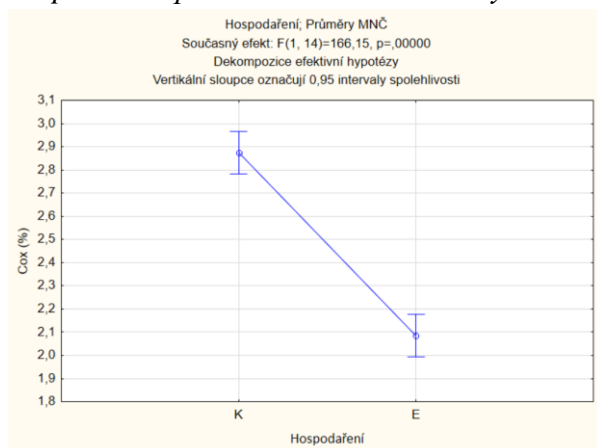
*Příloha č. 36: Porovnání výsledků pro výměnnou půdní reakci (pH KCl) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*



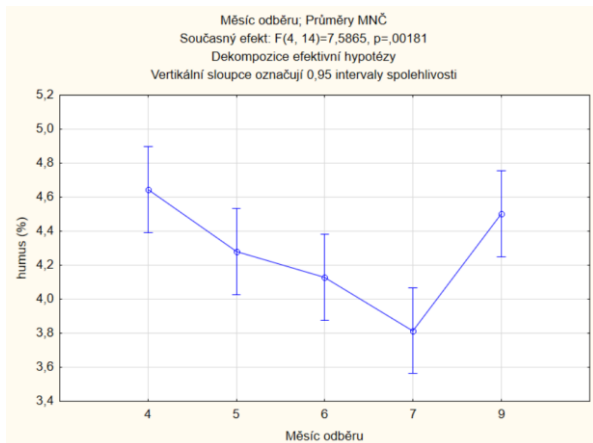
*Příloha č. 37: Porovnání výsledků pro obsah oxidovatelného uhlíku Cox (%) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*



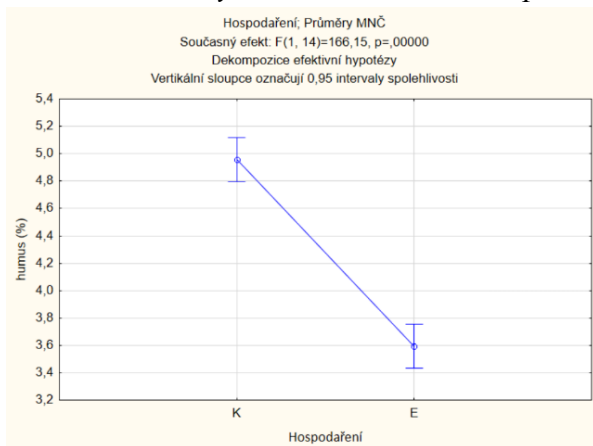
*Příloha č. 38: Porovnání výsledků pro obsah oxidovatelného uhlíku Cox (%) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*



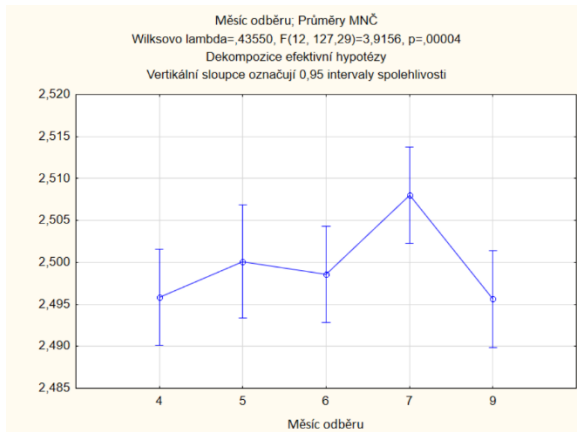
*Příloha č. 39: Porovnání výsledků pro obsah humusu (%) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*



*Příloha č. 40: Porovnání výsledků pro obsah humusu (%) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*

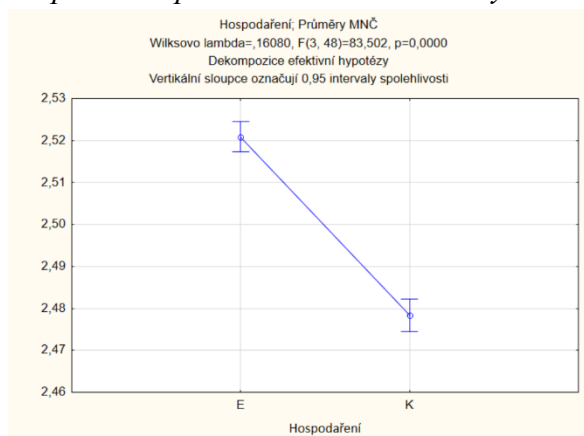


*Příloha č. 41: Porovnání výsledků pro specifickou hmotnost půdy ( $\rho_z$ ) ( $g\ cm^{-3}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*

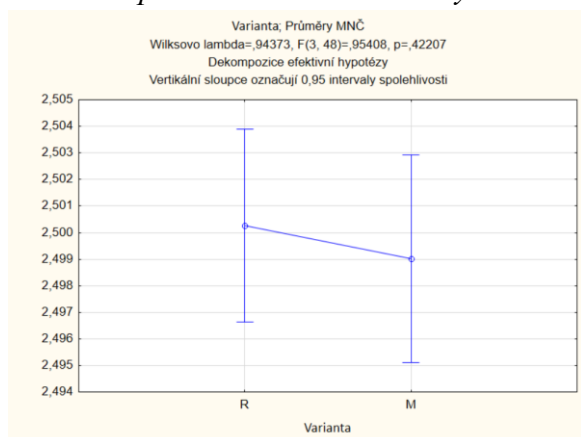




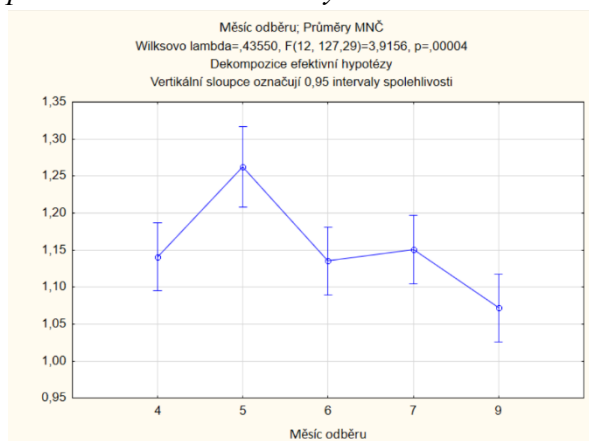
Příloha č. 42: Porovnání výsledků pro specifickou hmotnost půdy ( $\rho_z$ ) ( $\text{g cm}^{-3}$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent



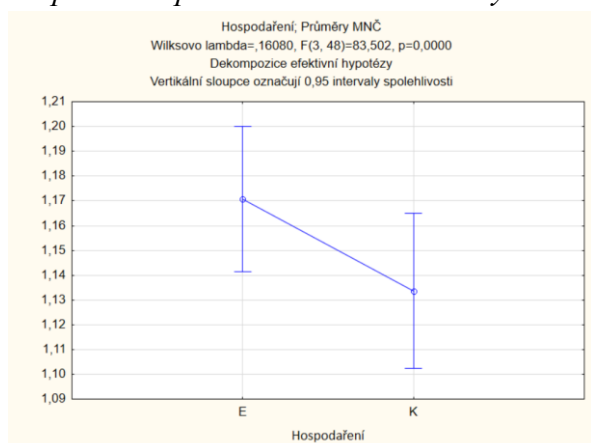
Příloha č. 43: Porovnání výsledků pro specifickou hmotnost půdy ( $\rho_z$ ) ( $\text{g cm}^{-3}$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent



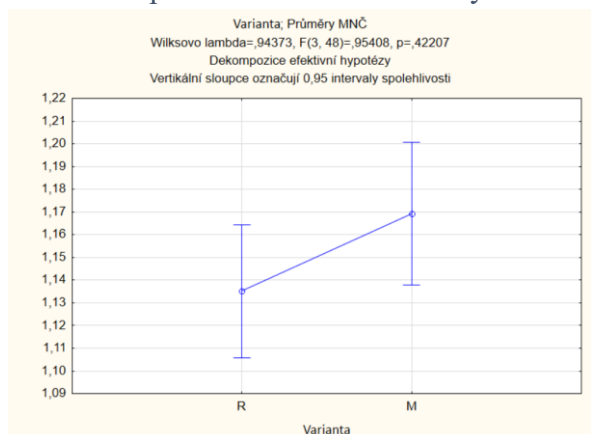
Příloha č. 44: Porovnání výsledků pro objemovou hmotnost ( $\rho_d$ ) ( $\text{g cm}^{-3}$ ) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent



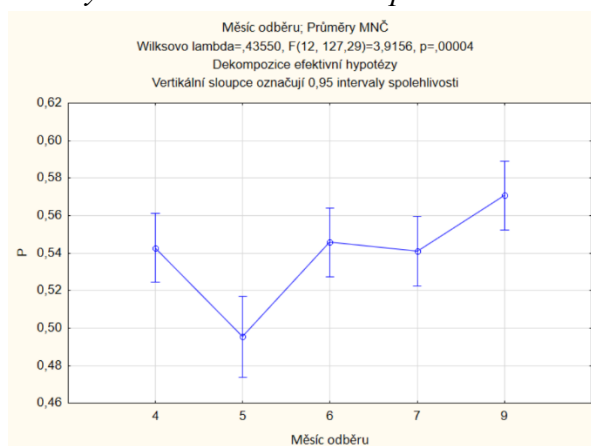
*Příloha č. 45: Porovnání výsledků pro objemovou hmotnost ( $\rho_d$ ) ( $\text{g cm}^{-3}$ ) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*



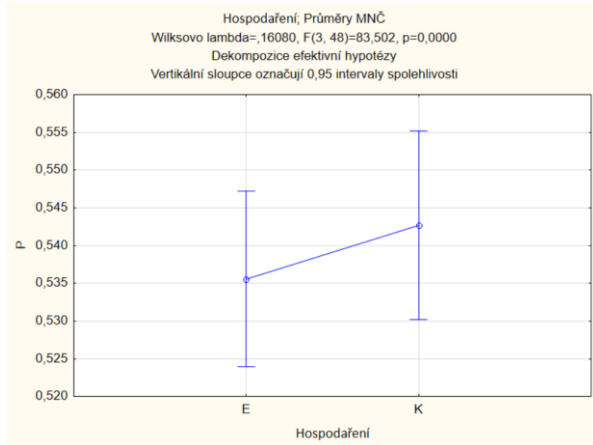
*Příloha č. 46: Porovnání výsledků pro objemovou hmotnost ( $\rho_d$ ) ( $\text{g cm}^{-3}$ ) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*



*Příloha č. 47: Porovnání výsledků pro pórovitost ( $P$ ) (%) v průběhu sezony pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent*



Příloha č. 48: Porovnání výsledků pro pórovitost (P) (%) ve dvou typech hospodaření pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent



Příloha č. 49: Porovnání výsledků pro pórovitost (P) (%) variant řádek a meziřádek pomocí statistické metody ANOVA hlavních komponent

