

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Vliv hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělských půd

Diplomová práce

Bc. Štěpán Čermák

Ochrana a využívání přírodních zdrojů

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

Konzultant: Ing. Miroslav Fér, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělských půd" jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.7.2020

Poděkování

Zvláštní poděkování patří mým rodičům za podporu ve studiu. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Antonínu Nikodemovi, Ph.D., DiS. za cenné rady a připomínky k práci.

Vliv hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělských půd

Souhrn

Diplomová práce je zaměřena na zhodnocení vlivu rozdílných způsobů hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělsky využívaných půd. Rešeršní část práce je zaměřena na tvorbu a složení půdy, dále jsou popsány fyzikální a hydrofyzikální vlastnosti půdy. Je řešen i vliv hnojiv a rostlin na půdní vlastnosti.

V praktické části byl stanoven cíl práce zhodnotit vliv rozdílného způsobu hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělsky využívaných půd. Dále byly popsány a charakterizovány zájmová území, na kterých probíhal odběr neporušených půdních vzorků. Jednalo se o pokusná stanoviště v Ivanovicích a v Čáslavy, která náleží Výzkumnému ústavu rostlinné výroby a soukromé pokusné stanici Lukavec. Lokality se nachází v různých půdně klimatických podmínkách. Na lokalitách Čáslav, Lukavec a Ivanovice na Hané, se vyskytují následující půdní typy: šedozem modální, kambizem modální a černozem modální. Systém hnojení, dávky hnojiv a osevni postup byly jednotné pro všechna stanoviště. Byly vybrány tři varianty s různými režimy hnojení – nehnojená (N), hnojená hnojem (H) a hnojená hnojem a N2PK (H+N2PK). Na každém experimentálním pozemku byly ve fázi vývoje mladé rostliny a po sklizni plodiny odebrány půdní vzorky. Na neporušených půdních vzorcích byly v laboratoři stanoveny základní fyzikální půdní vlastnosti a pomocí Tempských cel a přetlakového aparátu měřeny hydraulické vlastnosti. Získaná data z Tempských cel (kumulativní odtok v čase, a měřené body retenčních čar) byla využita při numerickém inverzním modelování pomocí programu HYDRUS-1D, při kterém byly získány van Genuchtenovy hydraulické parametry. Pro proložení naměřených bodů retenčních čar z přetlakového aparátu pomocí rovnice van Genuchtena byl použit program RETC. Dále byly vypočteny charakteristiky popisující systém půdních pórů a parametry inflexních bodů. Získané hodnoty půdních vlastností z jednotlivých lokalit byly následně statisticky vyhodnoceny pomocí metody jednofaktorové ANOVY. K porovnání dat mezi zkoumanými lokalitami byla použita ANOVA opakovaných měření.

Z výsledků získaných z Tempských cel a přetlakového aparátu vyplívá, že nelze jednoznačně potvrdit vliv vybraných hnojiv na hydraulické vlastnosti půd a jejich parametrů, protože u majority zkoumaných charakteristik nebyly statisticky prokázány významné rozdíly mezi variantami hnojení.

Klíčová slova: půda, hydraulické vlastnosti, hnojení

Impact of Fertilization on Hydraulic Properties of Agricultural Soils

Summary

This thesis is focused on the impact of fertilization on hydraulic properties of agricultural soils. The review describes soil formation, soil composition, selected physical soil properties, hydrophysical properties and the impact of organic and inorganic fertilizers on soil.

In the research, the three studied areas covered, Čáslav, Lukavec and Ivanovice na Hané are characterized. The soil and climatic conditions are not the same in the studied areas. The following soil types are found in Čáslav, Lukavec, Ivanovice na Hané: Greyic Phaeozem, Haplic Cambisol and Haplic Chernozem. The fertilization system: The fertilizer application intervals and sowing procedure were the same in all the areas. Three variants with different fertilization regimes were selected – unfertilized (N), fertilized with manure (H) and fertilized with manure and N₂PK (H + N₂PK). Soil samples were taken on each experimental area during the development phase of the young plant and after the harvest. The selected physical soil properties were determined on undisturbed soil samples. The hydraulic properties were determined using the Tempe cells and the pressure plate apparatus. The characteristics describing the soil pore system and the parameters of the inflection points were calculated. The results of all characteristics were statistically evaluated by the ANOVA method.

The results from the Tempe cells and the pressure plate apparatus show that the impact of selected fertilizers on the hydraulic properties of soils cannot be conclusively confirmed because significant differences between fertilization variants were not statistically proven for most of the examined characteristics.

Keywords: soil, soil fertilization, soil hydraulic properties

OBSAH

1 Úvod.....	13
2 Cíl práce.....	14
3 Literární rešerše.....	15
3.1 Tvorba půdy.....	16
3.2 Složení půdy a půdní fáze.....	17
3.2.1 Tuhá fáze.....	18
3.2.2 Kapalná fáze.....	20
3.2.2.1 Hydrologický cyklus.....	20
3.2.2.2 Půdní roztok.....	21
3.2.2.3 Půdní voda.....	21
3.2.2.3.1 Množství vody v půdě.....	21
3.2.2.3.2 Síly působící na vodu v půdě.....	23
3.2.2.4 Pohyb vody v půdě.....	24
3.2.2.4.1 Retenční čáry.....	25
3.2.2.4.2 Křivka hydraulických vodivostí.....	27
3.2.2.4.3 Hydrolimity.....	28
3.2.3 Plynná fáze.....	29
3.3 Fyzikální vlastnosti půdy.....	30
3.3.1 Půdní póry.....	30
3.3.2 Objemová hmotnost půdy.....	31
3.4 Vliv hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělských půd.....	32
3.5 Vliv rostlin na fyzikální vlastnosti půd.....	35
4 Metodika.....	37
4.1 Lokality.....	37
4.1.1 Čáslav.....	38
4.1.2 Ivanovice.....	39
4.1.3 Lukavec.....	40
4.2 Odběr půdních vzorků.....	41
4.3 Rozbor neporušených půdních vzorků.....	42
4.3.1 Základní fyzikální vlastnosti.....	42

4.3.2	Stanovení hydraulických vlastností	42
4.3.2.1	Tempské cely.....	43
4.3.2.2	Přetlakový aparát.....	46
4.3.3	Charakteristiky popisující půdní pórový systém.....	48
4.3.4	Inflexní body	49
4.4	Statistické zpracování výsledků	50
5	Výsledky	51
5.1	Ivanovice	51
5.1.1	Základní fyzikální vlastnosti.....	51
5.1.2	Hydrofyzikální vlastnosti.....	55
5.1.2.1	Tempské cely.....	55
5.1.2.2	Přetlakový aparát.....	75
5.2	Čáslav	92
5.2.1	Základní fyzikální vlastnosti.....	92
5.2.2	Hydrofyzikální vlastnosti.....	96
5.2.2.1	Tempské cely.....	96
5.2.2.2	Přetlakový aparát.....	117
5.3	Lukavec	134
5.3.1	Základní fyzikální vlastnosti.....	134
5.3.2	Hydrofyzikální vlastnosti.....	138
5.3.2.1	Tempské cely	138
5.3.2.2	Přetlakový aparát.....	158
5.4	Porovnání lokalit	175
5.4.1	Základní fyzikální vlastnosti.....	175
5.4.2	Inflexní body	177
5.4.2.1	Tempské cely.....	177
5.4.2.2	Přetlakový aparát.....	179
6	Diskuze	183
6.1	Tempské cely.....	183
6.2	Přetlakový aparát.....	185
7	Závěr.....	187

8 Literatura.....	190
9 Samostatné přílohy	I

1 ÚVOD

Půda je přírodní útvar, který se nachází ve svrchní vrstvě litosféry a vzniká rozpadem matečné horniny a rozkladem organických zbytků za působení půdotvorných faktorů, ve kterém probíhá řada různých procesů. Je životním prostředím pro různé půdní organismy, slouží jako stanoviště rostoucí vegetace a člověk jí používá k pěstování kulturních rostlin. V České republice podle ČÚZK (2019) činí celková výměra zemědělského půdního fondu (ZPF) 4 203 726 ha pro rok 2018. Z toho orná půda zaujímá 2 951 395 ha (tj. 37,42 % z celkové výměry ZPF). Toto číslo se každoročně snižuje.

Zvyšováním produkce kulturních rostlin, intenzivní využívání zemědělských půd a aplikace některých hnojiv může vést k poškození a následné nevratné degradaci půdy. Právě zkoumání vlivu hnojiv na hydraulické vlastnosti půdy může zlepšit pochopení komplikovaných půdních procesů.

Cílem této diplomové práce je zhodnotit vliv rozdílného způsobu hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělsky využívaných půd. Přímo na toto téma nebylo do dnešního dne publikováno mnoho studií. Majorita prací se zabývá vlivem hnojiv a hodnotí účinek na výnosnost rostliny. Půdní vlastnosti jsou řešeny jen okrajově.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo zhodnotit vliv rozdílného způsobu hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělsky využívaných půd.

Hypotéza: různé způsoby hnojení mohou modifikovat hydraulické vlastnosti půd.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Půda tvoří jedinečný a nenahraditelný základní zdroj pro všechny suchozemské organismy, včetně člověka, který se vyvíjí desetiletí až tisíciletí (van Breemen & Buurman 2002). Jde o nebezpečný minerální anorganický a organický materiál na bezprostředním povrchu země (Sauer & et al. 2015), který je využíván kořeny suchozemských rostlin pro ukotvení a zásobování vodou a živinami. Půdy jsou komplexní přírodní útvary tvořené pod vlivem rostlin, mikroorganismů a půdních živočichů, vody a vzduchu z jejich mateřského materiálu (van Breemen & Buurman 2002). Půda také fyzicky podporuje stavby, jako jsou domy, budovy, chodníky, ulice a dálnice. Někdy jsou vlastnosti půd nežádoucí a budovy nebo dlažba může v důsledku nestability půdního podloží začít prskat. (Sauer & et al. 2015). Kromě toho, že půda slouží jako substrát pro růst rostlin, včetně plodin a pastvin, hraje dominantní roli v biogeochemickém cyklování vody, uhlíku, dusíku a dalších prvků, které ovlivňují chemické složení a rychlost přeměny látek v atmosféře a v hydrosféře. (van Breemen & Buurman 2002).

Horní hranicí půdy je rozhraní se vzduchem. Dolní hranice není snadno definovatelná. Může být umístěna v hloubce, do které pronikají kořeny, ale ve většině případů je oddělena půdními horizonty C a R. Hloubka 2 metry je považována za dostatečnou pro klasifikaci půdy v půdní taxonomii (Buol & et al. 2011).

Půda je zapojena do několika procesů v hydrologickém cyklu. Voda v podobě deště, rosy, mlhy, zavlažování nebo tání sněhu se může dostat do půdy (infiltrovat) nebo se odpařit nebo odtékat z povrchu půdy do systému odvodnění do jezer nebo potoků. Voda, která se infiltrovala do půdy, se může vypařit nebo využít rostlinami. Rostliny jí využívají k tvorbě sloučenin anebo se může pomocí transpirace z listů dostávat zpět do atmosféry. Pokud je více vody, než je schopná půda zadržet, prosakuje do nižších vrstev, kde dochází k její akumulaci a stává se součástí podzemní nádrže odkud se nakonec může stát součástí pramenů, potoků a řek (Sauer & et al. 2015).

Významnou vlastností půd, které ovlivňují způsob jejich fungování, je to, že jsou porézní. Půdní síť pórů zahrnuje velmi složité, nakonec vždy spojené, trojrozměrné labyrinty, které se pohybují v rozsahu řádů. Takové sítě regulují způsob, jakým jsou plyny, kapaliny, rozpuštěné látky, částice a organismy udržovány a mohou se pohybovat matricí. Regulují tak mnoho aspektů funkce půdy (Wall & et al. 2012).

Všechny přirozeně se vyskytující prvky jsou přítomny v půdě. Jejich rozložení je určeno složením původního materiálu, v některých případech následným aerosolovým a/nebo fluviálním ukládáním, modifikovaným reakcemi uvnitř půdy. Voda je nezbytná prakticky pro všechny půdní procesy a ve všech půdách je přítomna v kapalných. V mnoha půdách je také přítomna pevná fáze (led), přinejmenším sezónně. Půdy jsou obývány hojným množstvím mikroorganismů živých organickým uhlíkem zachyceným v rostlinách, který se do půdy dostává odumíráním rostlin (Buol & et al. 2011).

3.1 Tvorba půdy

Pedogeneze je termín používaný k popisu vzniku a vývoje půdního profilu. Pedogenními procesy se půdní profil vyvíjí od velmi tenké –několik centimetrů silné, což je běžné u mladých půd – až po půdu, která je silná více než 2 m, což je běžné u starších půd. Bylo identifikováno pět půdních faktorů tvorby půdy. Jsou to mateřský materiál, podnebí, živé organismy, topografie a čas (Sauer & et al. 2015). Jakákoliv konkrétní kombinace těchto faktorů povede k určitému procesu tvorby půdy (pedogenezi), což je soubor fyzikálních, chemických a biologických procesů, které vytvářejí určitou půdu. Později byly přidány ještě faktory hydrologie a vliv člověka (van Breemen & Buurman 2002).

Tvorba půdy se také týká změn půdních vlastností s časem v jednom směru: obsah jedné složky nebo minerálu se v určitém horizontu snižuje nebo zvyšuje sedimentárním vrstvením. Zpravidla jde o změny pomalé a lze je pozorovat pouze po desetiletí až tisíciletí. Někdy však mohou být účinky tvorby půdy pozorovány během týdnů nebo měsíců. Příklady jsou rychlý pokles pH, když sulfidy oxidují na kyselinu sírovou při vystavení vzduchu a tvorbě glejových pohybů, když se půda stává velmi vlhkou. Nejrychlejší procesy jsou cyklické, avšak nejsou považovány za součást tvorby půdy. Některé půdy se tvoří v materiálech, které byly uloženy v jednotlivých událostech, jako jsou lužní nivy, sesuv půdy a bahenní ložiska, sopečná ložiska a morény (van Breemen & Buurman 2002).

Lze shrnout typický vývoj půdy a její profil zvaný pedogeneze (Buol & et al. 2011): Začíná fyzickým rozpadem exponovaného skalního útvaru, který poskytuje základní materiál půdy. Uvolněný materiál je postupně kolonizován živými organismy. Následná akumulace organických zbytků na povrchu a pod povrchem přináší vývoj rozeznatelného horizontu A. Tento horizont může získat agregovanou strukturu, stabilizovanou do určité míry pomocí glukosových složek komplexu organické hmoty (známého jako humus) vyplývající z rozkladu

rostlinných a živočišných zbytků. Pokračující zvětrávání (rozklad a rekompozice) minerálů může způsobit tvorbu jílu. Část takto vytvořeného jílu má tendenci migrovat směrem dolů spolu s dalšími přenosnými materiály (jako jsou rozpustné soli) a hromadit se v mezilehlé zóně (horizont B) mezi povrchovou zónou hlavní biologické aktivity a hlubším mateřským materiálem, tzv. horizont C. Důležitými aspekty tvorby půdy a vývoje profilu jsou procesy eluviace a illuviace, kde jíly a další látky emigrují z nadložního eluviálního horizontu A a hromadí se v základním illuviálním horizontu B. Tyto dva horizonty se značně liší ve složení a struktuře (Hillel 2003).

Charakteristická hloubka půdy se například liší od místa k místu. Údolní půdy jsou typicky hlubší než půdy pahorkatiny a jejich hloubka závisí na strmosti svahu. Zóna biologické aktivity se však zřídka pohybuje pod 2–3 metry a v mnoha případech je menší než 1 metr. (Hillel 2003).

3.2 Složení půdy a půdní fáze

Půda je heterogenní, polyfázový, částicový, disperzní a porézní systém s velkou mezifázovou plochou na jednotku objemu. Relativní poměr tří fází v půdě není fixní, ale mění se průběžně v závislosti na proměnných, jako je počasí, vegetace a management (Hillel 2003).

Tři fáze běžné povahy jsou v půdě reprezentovány následovně: pevná fáze tvoří půdní matici; kapalná fáze je voda v půdě, která vždy obsahuje rozpuštěné látky, takže by měla být řádně nazývána půdní roztok; a plynná fáze je půdní atmosféra. Pevná matrice půdy se skládá z částic, které se liší chemickým a mineralogickým složením, velikostí, tvarem a orientací. Obsahuje také amorfní látky, zejména organickou hmotu, která je vázána na minerální zrna a může je spojovat dohromady v seskupeních zvaných agregáty. Organizace pevných složek půdy určuje geometrické charakteristiky pórových prostorů, ve kterých se voda a vzduch přenášejí a zadržují. Nakonec se půdní voda a půdní vzduch liší ve složení, jak v čase, tak v prostoru (Hillel 2003).

Půda je komplexní směs anorganických a organických pevných látek, vzduchu, vody, rozpuštěných látek, mikroorganismů, kořenů rostlin a dalších druhů bioty. Všechny tyto půdní složky se navzájem ovlivňují a v důsledku toho jsou půdní procesy komplexní a dynamické (Strawn et al. 2015). Anorganickými složkami jsou primární a sekundární minerály odvozené od mateřského materiálu. Organické složky pochází z rostlin a živočichů. Kapalná složka se

skládá ze zředěného půdního roztoku anorganických a organických sloučenin (Lal & Shukla 2004).

Typická půda se skládá z 50 % pevné látky a přibližně z 50 % půdních pórů. Přesné množství se mění v závislosti na vlastnostech půdy jako je agregace, distribuce velikosti částic a dalších (Strawn et al. 2015). Ihned po dešti nebo zavlažení je celý prostor půdních pórů nebo dutin vyplněn vodou a půda je nasycená. Když půda zcela vyschne, voda v pórech je nahrazena vzduchem nebo jinými plyny (Lal & Shukla 2004).

3.2.1 Tuhá fáze

Pevná fáze půdy se skládá z minerálních částic různých tvarů a velikostí, jakož i amorfních sloučenin, jako jsou organické látky a hydratované oxidy železa, které jsou obecně připojeny k částicím (Hillel 2003) a tvoří matici půdy (Koorevaar et al. 1983). Protože obsah amorfního materiálu je obecně (i když ne vždy) malý, můžeme ve většině případů představovat pevnou fázi, která sestává hlavně z oddělených částic. Největší částice půdy jsou často viditelné pouhým okem, zatímco nejmenší jsou koloidní a lze je pozorovat pouze pomocí elektronového mikroskopu (Hillel 2003).

Minerální podíl se skládá z částic různých tvarů, velikostí a chemického složení. Minerály, jako je křemen, živce a koloidní silikáty z hlavní části minerálních částic. Jejich hustota se pohybuje mezi 2600 kg m^{-3} a 2850 kg m^{-3} . Obecně lze říct, že průměrná hustota minerální látky je 2700 kg m^{-3} (Koorevaar et al. 1983).

Obvyklá definice půdního materiálu zahrnuje částice menší než 2 mm v průměru. Větší částice jsou obecně označovány jako štěrk, a ještě větší úlomky hornin, několik centimetrů v průměru, jsou různě nazývány kameny, nebo pokud jsou velmi velké tak balvany. Největší částice, které jsou obecně uznávány jako půdní materiál, jsou označeny jako písek, definovaný jako částice s průměrem od $2000 \mu\text{m}$ (2 mm) do $50 \mu\text{m}$ (klasifikace podle USDA) nebo do $20 \mu\text{m}$ (klasifikace podle ISSS). Frakce písku se často dále dělí na subfrakce, jako je hrubý, střední a jemný písek. Písková zrna obvykle pochází z křemene, ale mohou to také být fragmenty živce, slídy, v ojedinělých případech mohou pocházet z těžkých minerálů (zirkon, turmalín, amfibol). Ve většině případů mají zrna písku víceméně rovnoměrné rozměry a mohou být znázorněna jako kulovitá, i když nejsou nutně hladká a mohou mít ve skutečnosti poměrně zubaté povrchy. To spolu s jejich tvrdostí odpovídá jejich abrazivitě (Hillel 2003).

Další frakce je hlína, která se skládá z částic mezi velikostí písku a jílu (tj. od 0,002 mm až do 0,06 mm). Mineralogicky a fyzicky se částice hlíny, obecně podobají částicím písku. Protože hlína je menší, částice mají větší povrchovou plochu na jednotku hmotnosti a jsou často potaženy silně přilnavým jílem, hlína může v omezené míře vykazovat některé fyzikálně-chemické vlastnosti, které jsou obecně připisovány jílu (Hillel 2003).

Frakce jílu označujeme částice menší než 2 μm . Jílové částice mají charakteristický destičkovitý nebo jehličkovitý tvar a obecně patří do skupiny minerálů známých jako aluminosilikáty. Jedná se o sekundární minerály, které vznikají v půdě v průběhu jejího vývoje z primárních minerálů. V některých případech však může jílová frakce zahrnovat částice (jako je oxid železitý a uhličitán vápenatý), které nepatří do kategorie hlinitokřemičitanových minerálů (Hillel 2003).

Organická hmota se skládá ze zbytků rostlin a živočichů. Zahrnuje také živé organismy. Tato část má rozsah hustoty od 1200 až do 1500 kg m^{-3} . Přítomnost organické hmoty může velmi ovlivnit průměrnou hustotu pevné fáze. Například některé minerální půdy s vysokým obsahem organických látek mají hustotu menší než 2400 kg m^{-3} . Ze stejného důvodu má orniční půda nižší hustotu než podloží. Když obsah organické hmoty přesáhne 20 %, půda se obvykle nazývá spíše organickou než minerální (Koorevaar et al. 1983).

Organickou hmotu lze rozdělit na dvě části – zbytky a humus. Zbytky zahrnují mrtvé části rostlin a živočichů a exkrementy zvířat ve všech stupních rozkladu (Kohnke 1968). Půdní organická hmota se obvykle skládá z 50 % uhlíku, 5 % dusíku, 0,5 % fosforu, 0,5 % síry, 39 % kyslíku a 5 % vodíku, ale tyto hodnoty se mohou v jednotlivých půdách lišit (Sauer & et al. 2015).

Humus je tmavě zbarvená organická hmota půdy, která má poměrně určité chemické a fyzikální vlastnosti a která nepodléhá tak rychlému rozkladu jako zbytky (Kohnke 1968). Tvoří asi 60-80 % půdní organické hmoty a pochází zejména z rostlin, přičemž významná část pochází z kořenů a velmi malá část pochází z půdních živočichů. Humus vzniká procesy degradace a syntézy. V alkalických a neutrálních půdách dochází k rychlému rozkladu rostlinných zbytků půdní faunou a mikroorganismy, a to vede k výsledku, že v organické hmotě půdy dominuje humus. V kyselých půdách je rozklad pomalý a fragmenty rostlin významně přispívají k organické frakci (Sauer & et al. 2015).

V hornatých oblastech se půdy skládají převážně z minerálních částic. Ve většině mírných vlhkých oblastí je v orniční vrstvě obsah humusu mezi jedním až čtyřmi hmotnostními

procenty. I toto malé množství má velký vliv na fyzikální, chemické a biologické procesy, ke kterým dochází v půdě. V suchých oblastech má povrchová vrstva půdy obvykle méně než jedno hmotnostní procento humusu, protože teploty jsou příznivé pro rozklad organické hmoty a vegetativní růst je omezen nízkými srážkami (Sauer & et al. 2015).

3.2.2 Kapalná fáze

Jednou z nejdůležitějších složek půdy je vlhkost, která vyplňuje část pórů mezi pevnými částicemi. Je také jednou z nejdynamičtějších vlastností. Půdní voda intenzivně ovlivňuje mnoho fyzikálních a chemických reakcí, ale i růst rostlin. Znalosti chování půdní vody jsou proto zásadní pro pochopení většiny jevů fyziky půdy (Kohnke 1968).

Na kapalnou fázi půdy lze nahlížet dvěma způsoby. Z hlediska půdní chemie lze mluvit o půdním roztoku. Z hlediska půdní fyziky bývá používán termín půdní voda a hodnotí se zejména její množství a pohyb v půdním prostředí (Pavlů 2018).

3.2.2.1 Hydrologický cyklus

Hydrologický cyklus se používá ke shrnutí všech procesů zahrnující vodu v životním prostředí (Sauer & et al. 2015). Tři důležité fáze hydrologického cyklu jsou odpařování (evaporace) a evapotranspirace, srážky a odtok. Voda se odpařuje z rybníků, jezer, nádrží a oceánů, také probíhá transpirace z půdy a evapotranspirace z povrchů vegetace (tj. z listů rostlin). Tyto páry stoupají k obloze, kde jsou kondenzovány ve vyšších nadmořských výškách kondenzačními jádry a vytvářejí mraky, což vede k růstu kapiček (Raghunath 2006). Vodní pára v atmosféře vytváří mraky a voda padá na zemi ve srážkách (déšť, sníh, sněžení a krupobití). Srážky, které padají na oceán, se znovu vypaří. Sníh, který padá v polárních nebo horských oblastech, může být skladován po celá desetiletí nebo století, než znovu roztaje. Některé srážky, které dopadají na půdu, jsou zachyceny vegetací a odpařují se zpět do atmosféry, ale většina z nich dosáhne povrchu půdy. Srážky, které se dostanou do půdy, mohou buď vstoupit do půdy, nebo odtéct z půdy do povrchových toků. Povrchová voda se nakonec vypaří, prosákne dále do půdy nebo odteče zpět do oceánů, kde se může vypařit a znovu spustit cyklus. Voda, která vstupuje do půdy, má pro růst rostlin zásadní význam, protože jí mohou kořeny absorbovat anebo může projít skrz kořenovou zónu a stát se součástí podzemní vody (Sauer & et al. 2015).

3.2.2.2 Půdní roztok

Prvky v půdním roztoku budou odvozeny od atmosféry, litosféry a biosféry. Dusík, kyslík a argon z atmosféry tedy budou běžně nalezeny rozpuštěné v půdní vodě. Půdní roztok obsahuje četné anorganické a organické sloučeniny odvozené od pevných složek tvořících půdu. Běžné sloučeniny zahrnují oxidy, zejména oxidy křemíku, hliníku, železa a titanu v nízkých koncentracích. Tyto sloučeniny se pohybují dolů v půdním profilu a někdy přispívají k formacím, jako je spodický horizont, který může obsahovat oxidy hliníku a železa spolu s vysoce rozloženým uhlíkem. V půdě je velké množství rozpuštěných organických sloučenin uvolňovaných rozkladem organické hmoty nebo z činností rostlin a zvířat (Conklin 2014).

Nejběžnějšími kationty v půdním roztoku jsou vápník (Ca^{2+}), hořčík (Mg^{2+}), draslík (K^+) a sodík (Na^+). V půdě je také běžné železo, hliník, měď, zinek, kobalt, mangan a nikl. Železo je přítomno v železnatém (Fe^{2+}) i železitém (Fe^{3+}) stavu, zatímco hliník bude přítomen jako Al^{3+} . Měď, zinek, kobalt a nikl mohou být přítomny současně v jednom nebo obou svých oxidačních stavech. Mangan představuje zcela odlišnou situaci v tom, že může existovat v několika oxidačních stavech současně (Conklin 2014).

3.2.2.3 Půdní voda

3.2.2.3.1 Množství vody v půdě

Proměnlivé množství vody obsažené v jednotkové hmotnosti nebo objemu půdy a energetický stav vody v půdě jsou důležitými faktory ovlivňujícími růst rostlin. Četné další vlastnosti půdy závisí na obsahu vody. Mezi ně patří mechanické vlastnosti, jako je konzistence, plasticita, pevnost, kompaktnost, prodyšnost a lepivost. V jílovitých půdách bobtnání a smršťování spojené s přidáváním nebo extrakcí vody mění objemovou hustotu, pórovitost a distribuci velikosti pórů. Obsah půdní vody také řídí obsah vzduchu a výměnu plynu v půdě, což ovlivňuje dýchání kořenů, aktivitu mikroorganismů a chemický stav půdy (Hillel 2003). Také mnoho agronomických, hydrologických a geotechnických postupů vyžaduje znalost množství vody obsažené v určitém objemu půdy (Huasng 2011).

Nejobvyklejším vyjádření obsahu půdní vody je objemová vlhkost (θ), což je poměr objemu vody (V_w) [cm^3] a objemu půdy (V) [cm^3], která tuto vodu obsahuje. Tento vztah vyjadřuje rovnice 3.1. Pokud jsou objemy vyjádřeny v cm^3 , pak objemový obsah vody v půdě udává, kolik centimetrů kubických vody obsahuje jeden krychlový centimetr půdy. Objemový obsah půdy v půdě (nebobtnavých půdách) je v rozmezí $0 \leq \theta \leq 1$ (Novák & Hlaváčiková 2018).

$$\theta = \frac{V_w}{v} \quad 3.1$$

Hmotnostní vlhkost lze vyjádřit jako poměr hmotnosti vody (m_w) [kg] a hmotnosti suché půdy (m_d) [kg]. Tento vztah je vyjádřen rovnicí 3.2 (Novák & Hlaváčiková 2018).

$$w = \frac{m_w}{m_d} \quad 3.2$$

Vztah mezi objemovou a hmotnostní vlhkostí lze ukazuje rovnice 3.3. Kde ρ_b a ρ_w jsou objemové hustoty půdy a vody [g cm^{-3}] (Novák & Hlaváčiková 2018).

$$\theta = w \frac{\rho_b}{\rho_w} = \frac{m_w}{V \rho_w} \quad 3.3$$

Relativní půdní vlhkost lze vyjádřit jako jaký podíl pórů (z celkové pórovitosti P) je vyplněn vodou, a tedy doplňkově i kolik je v nich vzduchu. Tento vztah je vyjádřen rovnicí 3.4 (Pavlů 2018).

$$W_{rel} = \frac{\theta}{P} \quad 3.4$$

Nejjednodušší a stále nejčastěji používaná metoda měření obsahu půdní vlhkosti je gravimetrické měření. Jedná se o přímou destruktivní metodu (Huasng 2011), kterou lze použít pro porušený nebo neporušený půdní vzorek. Metoda je založena na rozdílu vlhké a vysušené půdy (Pavlů 2018). Rozdíl mezi vlhkou a suchou hmotností je hmotnost vody zadržené v původním vzorku půdy (Huasng 2011). Gravimetrická metoda, v závislosti na způsobu odběru vzorků, přepravě a opakovaném vážení, způsobuje prakticky nevyhnutelné chyby. Je také pracná a časově náročná, protože vzorky musí být přepravovány z pole do laboratoře a pro úplné sušení v sušárně se obvykle považuje doba nezbytná alespoň 24 hodin. Standardní způsob sušení v peci je sám o sobě libovolný. Některé jíly mohou stále obsahovat značná množství adsorbované vody i při 105 ° C. Na druhou stranu některé organické látky mohou při této teplotě oxidovat a rozkládat se, takže ztráta hmotnosti nemusí být způsobena výhradně odpařováním vody. Chyby gravimetrické metody lze snížit zvětšením velikosti a počtu vzorků (Hillel 2003).

Byly vyvinuty nové techniky pro měření obsahu půdní vody, které nevyžadují destrukci vzorku (Hiscock & Bense 2014). Tyto metody jsou založeny na měření odlišné veličiny, než je vlhkost, ale tato měřená veličina musí být vlhkostí ovlivněná. Často se využívá měření

závislosti elektrické vodivosti půdy na její vlhkosti. Jedná se o metody – odporová metoda, kapacitní metoda, metoda TDR (Time Domain Reflectometry) a TDT (Time Domain Transition (Pavlů 2018).

3.2.2.3.2 Síly působící na vodu v půdě

Voda je zadržována organickou hmotou, buněčnými membránami a minerály za pomoci hyroskopických sil. Ty se skládají z vodíkových vazeb, van der Waalsových sil, molekulárních dipólových sil (Adl 2003), elektrostatických sil nabitého povrchu koloidů, kapilárních sil. Dále pak síly podmíněné přítomností volných iontů v půdní vodě, hydrostatický tlak, tlak vzduchu (atmosférického i uzavřeného v pórech) a v neposlední řadě i gravitace (Pavlů 2018).

Podle převládajících sil působících na vodu v půdě lze rozlišit tři základní formy půdní vody – gravitační, kapilární a adsorpční (Pavlů 2018). Část vody je chemicky vázána na částice půdy. Je označována jako adsorpční voda, která má velmi silný negativní potenciál (tj. je silně vázaná a z půdy se neuvolňuje). Zachycuje se vzdušná vlhkost nebo ji zadržuje půdní organická hmota a půdní minerální látky. Poskytuje tenký film o tloušťce 0,2 μm , který pokrývá všechny povrchy částic. Tento druh půdní vody není dostupný kořenům a buňkám, protože je příliš pevně vázaná (Adl 2003). Směrem do hloubky je její množství stálejší a výrazněji se snižuje jen v obdobích dlouhotrvajícího nedostatku dešťových srážek (Ruda 2014), ale ve většině případů se zachovává i v suchých půdách (Adl 2003).

Kapilární voda je hyroskopickými silami vtahována do pórových prostorů, ale je zadržována méně silně (Adl 2003). Díky tomu je půda schopna zadržet určité množství vlhkosti v půdě proti gravitačním silám (Ruda 2014). Zachovává se i za sucha, zejména v menších pórových prostorech $<10 \mu\text{m}$. Je to hlavní zdroj vlhkosti ve vzdušných prostorech, takže vlhkost pórů je zřídka pod 98 % (Adl 2003).

Gravitační voda, nejmobilnější část zabírající největší póry, zůstává v půdě po dešti jen krátkou dobu. Tato voda odváděna z půdy gravitační silou a rychle prosakuje půdním profilem (Lukac & Godbold 2011). Svislé a příčné přemístění gravitační vody se vyskytuje mezi 0,01 a 0,03 MPa napětí vody v půdě a přispívá k doplňování zásob podzemních a nadzemních vod. Je důležitým faktorem při ztrátě živin při vyluhování a erozi půdního profilu (Adl 2003).

Stav vody v půdě je charakterizován jak množstvím vody, tak její energetickým stavem. Půdní voda je vystavena silám různého původu a intenzity, čímž získává různá množství a

formy energie. Kinetická energie je získávána pohybem, který je úměrný druhé mocnině rychlosti. Protože je však pohyb vody v půdě relativně pomalý (obvykle $<0,1 \text{ m h}^{-1}$), její kinetická energie je zanedbatelná. Potenciální energie, která je definována polohou půdní vody v půdním horizontu a vnitřními podmínkami, je z velké části zodpovědná za stav půdní vody v izotermických podmínkách (Huasng 2011). Rozdíl mezi potenciální energií vody ve dvou bodech iniciuje pohyb půdní vody z místa, kde je energie vody vyšší, do bodu, kde je nižší (Novák & Hlaváčiková 2018), ve snaze o stav známý jako rovnováha s jejím okolím (Huasng 2011). Rychlost pohybu půdní vody je úměrná rozdílu potenciální energie vody (Novák & Hlaváčiková 2018). Rozlišujeme gravitační, matricový a osmotický potenciál. Součet těchto potenciálů určuje celkový potenciál půdní vody (Robinson & Ward 2017).

3.2.2.4 Pohyb vody v půdě

Pohyb vody v půdě a z půdy do kořenů rostlin vždy probíhá ze zóny s vyšší volnou energií do zóny s nižší volnou energií. Obecně lze říct, že se pohyb děje z vlhčího místa do místa suššího nebo z místa, kde je vyšší vodní potenciál do místa s nižší hodnotou vodního potenciálu. K pohybu vody nedochází, pokud má voda ve dvou místech v půdě stejný potenciál tzv. nulový tok. Pokud dochází ke změně vodního potenciálu v určitém místě např. rostlina přijímá vodu nebo výparem vznikne gradient vodního potenciálu a voda se pak pohybuje směrem k vzniklému gradientu. Rychlost pohybu vody je přímo závislá na velikosti gradientu, tedy na rozdílu potenciálu na jednotku délky (Šimek 2003). Rozlišujeme pohyb vody v nasycené a nenasycené zóně (Pavlů 2018).

Pohybem vody v nasycené zóně se rozumí stav, kdy jsou všechny póry vyplněny vodou (Novák & Hlaváčiková 2018). Rychlost proudění vody je ustálen a matematicky lze stanovit rychlost průtoku kapaliny pevným porézním prostředím za pomoci Darcyho zákona. Tento zákon vymezuje závislost mezi rychlostí proudění (v [cm s^{-1}]) a hydraulickým gradientem a dále říká že, množství vody, které proteče zeminou za jednotku času, se přímo úměrně zvětšuje s rostoucím rozdílem hladin ΔH před vtokem a po výtoku z půdy a nepřímo úměrně s rostoucí délkou sloupce zeminy ve směru proudění vody. Darcyho zákon je vyjádřen rovnicí 3.5

$$v = K_s \cdot \frac{\Delta H}{L} = K_s \cdot I = -K_s \cdot \frac{\partial H}{\partial x} = -K_s \cdot \text{grad } H \quad 3.5$$

kde se rychlost v rovná součinu nasycené hydraulické vodivosti K_s [cm s^{-1}] a hydraulickému spádu ($\Delta H/L = I$) neboli derivaci celkového potenciálu, podle souřadnice

v jejímž směru voda proudí ($\partial H/\partial x$) neboli také gradientu celkového potenciálu vody v pórovitém prostředí ($grad H$) (Pavlů 2018).

Voda v půdě obvykle vyplňuje póry půdy jen částečně, proto převládajícím stavem půdy je půda nenasycená vodou (Novák & Hlaváčiková 2018). Procesy nenasyceného toku jsou obecně obtížně a kvantitativně popisovatelné, protože často znamenají změny stavu a obsahu půdní vody během toku. Tyto změny zahrnují komplexní vztahy mezi takovými proměnnými, jako je vlhkost půdy a vodivost, jejichž vzájemné vztahy jsou dále komplikovány hysterezí a také prostorovou variabilitou (Hillel 2003). Při popisu pohybu vody v nenasycené zóně platí modifikace Darcyho zákona, takzvaný Darcy-Buckinghamův zákon, který lze zapsat rovnicí 3.6 (Pavlů 2018).

$$v = -K(h) \cdot \frac{\Delta H}{L} \quad 3.6$$

Kde koeficient úměrnosti $K(h)$ je hydraulická vodivost nenasyceného pórovitého prostředí, která je funkcí potenciálu vody v porézním prostředí, pro nenasycené prostředí vyjádřeno tlakovou výškou h . Pro označení směru proudění vody proti gradientu celkového potenciálu je před $K(h)$ záporné znaménko. Podíl $\Delta H/L$ je označován jako hydraulický spád (Pavlů 2018).

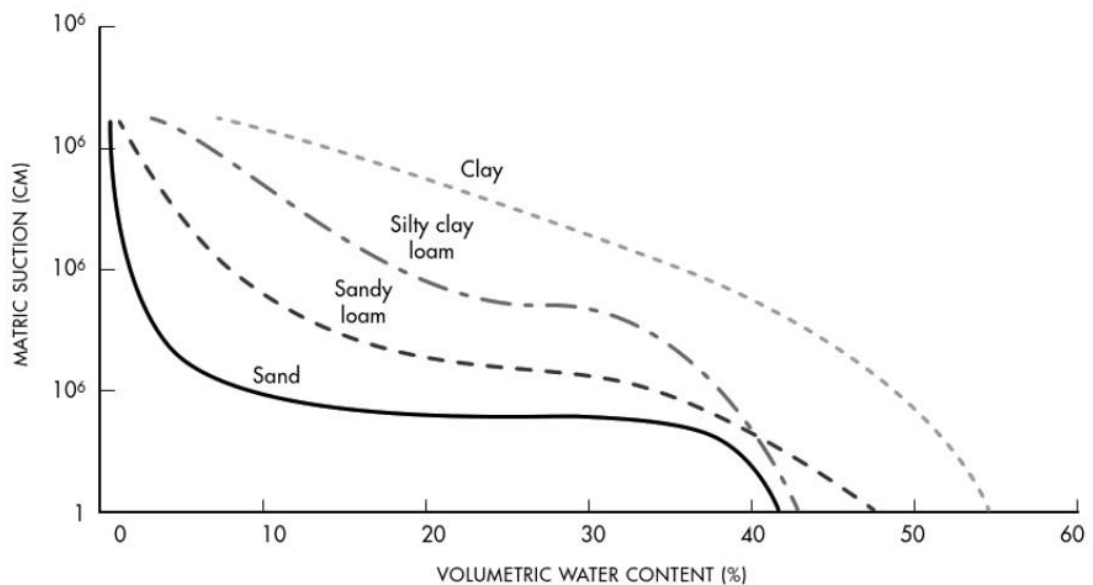
3.2.2.4.1 Retenční čáry

Retenční křivka zachycuje vztah mezi nasycením vody a kapilárním tlakem v nenasycených půdách (Rongtao & et al. 2019). Dále z ní lze získat informaci o schopnosti zadržovat vodu v porézním mediu (půdě) (Novák & Hlaváčiková 2018). Získává se měřením a její body se nejčastěji zjišťují jako posloupnost rovnovážných stavů vlhkostí odpovídajících po krocích nastaveným tlakovým výškám (Císlarová & Vogel 2008). Jde o vysoce nelineární funkce a je poměrně obtížné je získat (Ravi & et al. 2007).

Retenční křivky jsou důležité pro popis hydraulických a mechanických charakteristik nenasycené půdy, jako je koeficient propustnosti, pevnostní charakteristiky a kapacita akumulace vody (Weiping & et al. 2019).

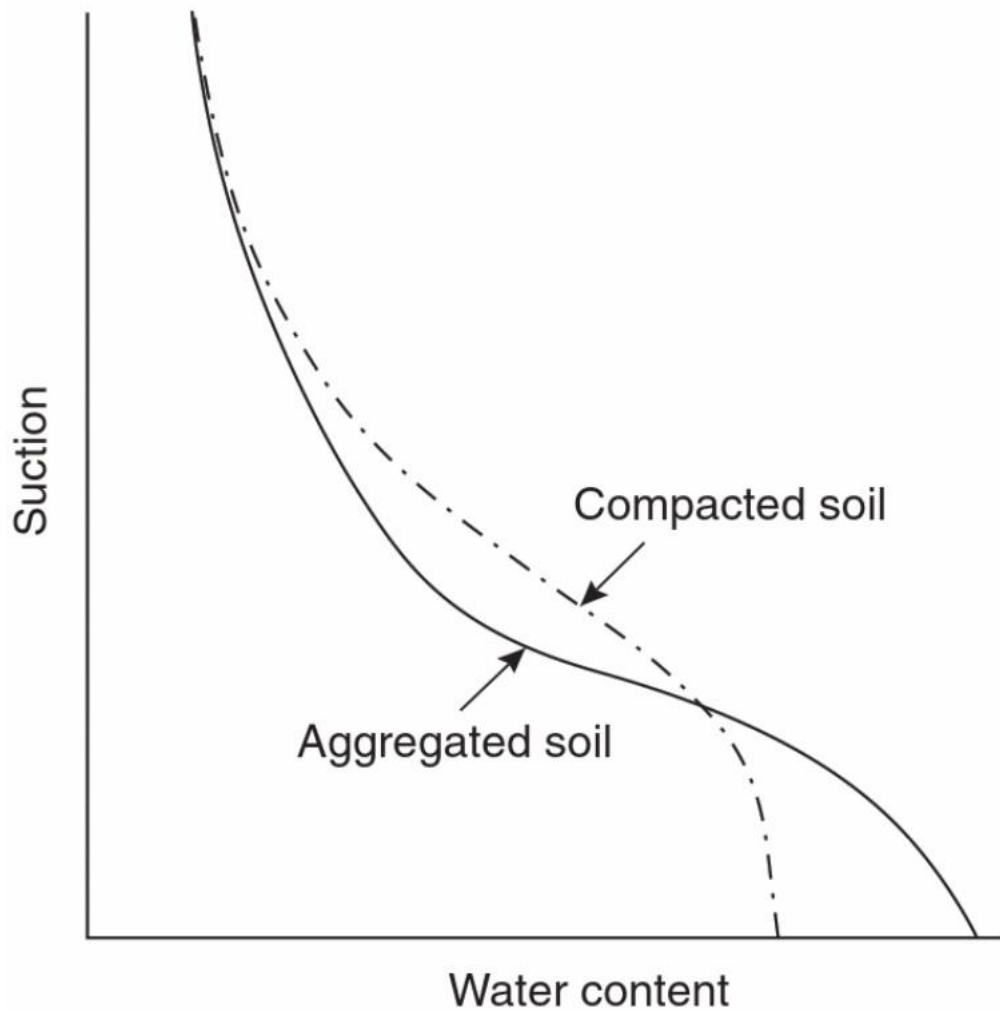
Na Obr. 1 jsou uvedeny příklady charakteristické retenční čáry různých půdních materiálů. Tvar čáry souvisí s distribucí velikosti pórů. Obecně písčité půdy vykazují rychlejší pokles obsahu vody se snížením matricového potenciálu než jílovité půdy, protože většina pórů je relativně velká a jakmile se vyprázdní, je zadržováno jen málo vody. Naproti tomu jílové

půdy nebo půdy s vyšším obsahem jílu mají širší rozložení velikostí pórů a sklon jejich retenčních čar je rovnější. Mechanismus zadržování vody se mění podle sání. Při velmi nízkých sáních závisí primárně na vlivu kapilárního povrchového napětí, a tedy na distribuci velikosti pórů a struktury půdy. Při vyšších sáních (nižší obsah vlhkosti) je zadržování vody stále častěji důsledkem adsorpce, která je více ovlivněna strukturou a specifickým povrchem materiálu. V důsledku většího počtu jemných pórů a větší adsorpci mají jíly při daném sání tendenci mít větší obsah vody než jiné typy půdy (Robinson & Ward 2017).



Obr. 1: Charakteristické retenční čáry půdní vody různých půdních materiálů (Robinson & Ward 2017).

Jak lze vidět na Obr. 2 struktura půdy ovlivňuje tvar čáry. Pokud dochází k zhutnění půdy rozpadají se půdní agregáty a snižuje se celkově poréznost. Na druhé straně je pravděpodobné, že objem pórů střední velikosti bude vyšší v kompaktní půdě, tím má retenční čára ve střední části rovnější sklon a je schopná po nasycení zadržet méně vody. Agregované půdy mají větší rozmanitost pórů a po nasycení jsou schopny zadržet v pórech více vody (Hillel 2003).



Obr. 2: Vliv struktury půdy na zadržování půdní vody v půdě (Hillel 2003)

3.2.2.4.2 Křivka hydraulických vodivostí

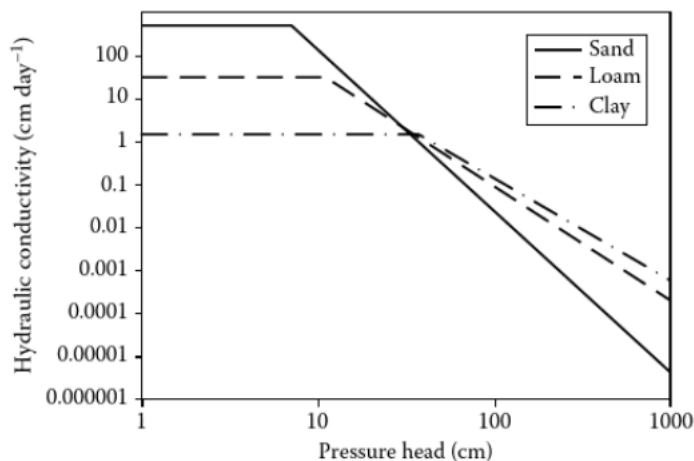
Hydraulická vodivost popisuje proudění vody v půdě. Jde o důležitou vlastnost půdy, zejména pro modelování toku vody a transportu solutů v půdě, zavlažování, odvodňování, modelování podzemních vod a dalších zemědělských i inženýrských procesů. V nasycených podmínkách odráží nasycená hydraulická vodivost počet pórů a jejich uspořádání. Nasycená hydraulická vodivost (K_s) představuje snadnost, s jakou voda protéká půdou, když jsou póry zcela naplněny vodou (Shawetha & Varija 2015).

Hydraulická vodivost v půdě v přirozeném poli je řízena faktory, jako jsou praskliny, kořenové otvory, chodby půdní fauny a stabilita půdních agregátů. Textura, tj. procento primárních částic písku, hlíny a jílu, má obvykle menší vliv na hydraulickou vodivost, s

výjimkou narušených půdních materiálů. Hodnota K může být zvýšena nebo snížena hospodařením s půdou. Kořeny plodin po rozpadu zvyšují K ; ztuhnutí půdy zvířaty nebo stroji snižuje K , alespoň v povrchové půdě (Kirkham 2004).

Obr. 3 ukazuje, že pro několik typů půdy je hydraulická vodivost největší při nasycení nebo blízko nasycení a rychle klesá se zvyšující se tlakovou výškou. Toto snížení vyplývá ze skutečnosti, že k pohybu půdní vody může dojít pouze prostřednictvím existujících filmů vody na a mezi půdními zrny. V nasycené půdě tvoří všechny pórovité prostory účinnou součást vodivého systému. V nenasycené půdě fungují póry naplněné vzduchem jako nevodivá část systému, což snižuje efektivní plochu, která je k dispozici pro tok. Čím větší je pokles obsahu půdní vody, tím více je tok omezen na nejmenší póry a tím větší je snížení účinnosti vodivého systému a menší hodnota hydraulické vodivosti (Robinson & Ward 2017).

Podobně jako u retenčních čar je tvar křivek hydraulické vodivosti ovlivněn strukturou půdy. Písčité půdy může mít vyšší hydraulickou vodivost než hlinitá půda při nasycení (při tlakové výšce 0 m), avšak při tlakové výšce 500 cm může být hydraulická vodivost hlinité půdy řádově vyšší než vodivost písčité půdy (Healy 2010).



Obr. 3: Příklad nenasycených křivek hydraulické vodivosti jako funkce tlakové výšky pro vybrané druhy půd – písčité, hlinitá a jílovitá půda (Huang 2011).

3.2.2.4.3 Hydrolimity

Hodnoty obsahu půdní vody, které charakterizují stav a dostupnost půdní vody rostlinám, se nazývají „hydrolimity“ (Novák & Hlaváčiková 2018). Charakterizovány jsou vlhkostí půdy a pF hodnotami (log tlakové výšky) (Pavlů 2018). Nejdůležitějšími hydrolimity

využívané pro popis půdní vody jsou – plná vodní kapacita, retenční vodní kapacita, bod vadnutí a maximální kapilární vodní kapacita (Sáňka & Materna 2004).

Plná vodní kapacita (θ_s), též nazývaná maximální vodní kapacita, je hodnota vlhkosti půdy při úplném zaplnění pórů vodou. V praxi se rovná pórovitosti. Vzduch, který je uzavřený ve formě oddělených bublin v půdě snižuje hodnotu θ_s na rozdíl od pórovitosti i při déle trvajícím zamokření s tlakovou výškou $H > 0$. Objem uzavřeného vzduchu dosahuje až 10 % pórovitosti, s časem klesá a až po několika měsících platí, že se θ_s rovná pórovitosti za stálého stavu $H > 0$ (Ivanor 2004).

Retenční vodní kapacita, také nazývaná polní vodní kapacita, charakterizuje obsah vody v půdě po ztrátě vody gravitační tedy je to obsah vody zadržovaný v kapilárních pórech (Sáňka & et al. 2018).

Bod vadnutí (θ_v) je hodnota obsahu vody v půdě, při kterém již rostliny nejsou schopny překonat síly poutající molekuly vody v půdě (Sáňka & et al. 2018). Rostliny přestávají být zásobeny vodou, adsorpce vody kořenů je výrazně nižší než intenzita redukované transpirace a dochází k vadnutí rostlin. Interval vlhkosti, při kterém nastává k trvalému vadnutí je široký a je závislý na druhu vegetace a ekologických poměrech. U kulturních plodin se používá průměrná hodnota (θ_v), jejíž hodnota odpovídá $H = -1,5 \cdot 10^4$, neboli $pF = 4,18$ (Ivanor 2004).

Maximální kapilární vodní kapacita vyjadřuje míru schopnosti půdy zadržovat vodu pro potřeby rostlin (Šimek 2003).

3.2.3 Plynná fáze

Plynná složka zahrnuje půdní vzduch, který se skládá hlavně z dusíku a kyslíku, ve stopovém množství jsou přítomny oxid uhličitý, metan a oxid dusný (Lal & Shukla 2004). Kyslík je nutný pro dýchání kořenů rostlin, mikroorganismů a půdní fauny. Oxid uhličitý pomáhá rozpustit živiny a zpřístupnit je rostlinám. Dusík slouží k produkci kombinovaného dusíku symbiotickými a nesymbiotickými bakteriemi (Kohnke 1968).

Půdní vzduch se může lišit v závislosti na podmínkách. Přítomnost organických látek, aktivita kořenů rostlin a půdních mikroorganismů, provzdušňování půdy a chemická reakce mohou změnit koncentrace složek plynů. Provzdušňování půdy je výměna plynu mezi půdou a atmosférou. Dokonce i v dobře provzdušněné půdě obsahuje plynná fáze vyšší koncentraci CO_2 a má vyšší relativní vlhkost (téměř nasycenu parou) než atmosférický vzduch. Při špatném

provzdušňování dochází k chemické redukci a vzniku plynů jako je metan, sirovodík a oxid dusný. Vzhledem ke změnám ve složení hustota půdního vzduchu kolísá v rozmezí od $1,0 \text{ kg m}^{-3}$ do $1,5 \text{ kg m}^{-3}$ (Koorevaar et al. 1983).

Zvláštní význam má přítomnost dostatečného množství kyslíku, protože je neustále vyčerpáván kořeny a mikroorganismy. Bez dostatečného kyslíku v půdě se normální funkce většiny plodin a aerobních mikrobů zastaví. Pro dýchání kořenů rostlin je nutný stálý přísun kyslíku. Čím více rostlin na hektar a čím dynamičtěji rostou, tím více kyslíku je zapotřebí. Normální růst většiny plodin je možný pouze v případě, že koncentrace kyslíku překračuje 10 % kyslíku v půdě. Anaerobní bakterie používají kyslík v organických a anorganických sloučeninách, redukují je na sulfidy, dusitany, železnaté sloučeniny a další redukované sloučeniny, které jsou pro rostliny toxické. Nadbytek kyslíku v půdě je také nežádoucí, protože organická hmota by byla příliš rychle oxidována. Semi-aerobní rozklad je nejlepší pro produkci největšího množství pravého humusu a pro stabilní zásobování organickými sloučeninami, které slouží ke stabilizaci půdních agregátů (Kohnke 1968).

3.3 Fyzikální vlastnosti půdy

V následujících podkapitolách budou popsány jednotlivé základní fyzikální vlastnosti, které jsou agronomicky významné a důležité pro pochopení proudění vody a půdního roztoku i následného půdního modelování.

3.3.1 Půdní póry

Celkový objem prostoru neobsazený pevnou frakcí se nazývá půdní pórovitost (Lukac & Godbold 2011). Z celkového objemu půdy, půdní póry zaujímají objem 40–60 %. Póry jsou vyplněny vzduchem nebo vodou (Šimek 2003). Voda v pórech je ve skutečnosti půdní roztok, protože obsahuje ionty rozpuštěných solí. Některé z nich jsou rostlinné živiny, které mohou být absorbovány kořeny rostlin. Půdní roztok může také obsahovat organické sloučeniny, jako jsou huminové kyseliny a fulvokyseliny. Huminové kyseliny dávají půdnímu roztoku nahnědlý nádech (Sauer & et al. 2015). Schopnost póru přenášet vodu dramaticky klesá s jejich velikostí. Písečná půda má vyšší podíl velkých půdních póru než jíla, a tak voda póry protéká mnohem rychleji. Malé póry jsou však nezbytné, pro zadržení vody (Lal 2016).

Podobně jako půdní agregáty se prázdné prostory v půdě liší svou velikostí a pórovitost lze podle toho rozdělit na makro-, mezo- a mikroporozitu. Makroporozita zahrnuje dutiny o

průměru větším než 50 μm , které lze vyplnit gravitační vodou nebo středními kořeny (Lukac & Godbold 2011) - fungují jako preferenční cesty pro vodu a spolu s ní plyny a rozpuštěné živiny. Makropóry mohou tvořit menší část celkové pórovitosti než jiné kategorie velikostí pórů, kontrolují infiltraci a evaporaci (Musso & et al. 2019). Mezoporozita, také nazývaná kapilární porozita, zahrnuje mezery o průměru 20 až 50 μm , které zadržují vodu přístupnou kořenům rostlin. Mikroporozita je definována jako prostory o průměru menším než 20 μm a obsahující vodu, která vzhledem k povrchové adhezi není rostlinám fyziologicky dostupná (Lukac & Godbold 2011).

Pro proudění a transport látek je podstatné, jak jsou jednotlivé póry vzájemně propojeny. Díky propojení je celý pórový systém propustný pro kapalnou, plynnou a tekutou fázi, které ho společně zcela vyplňují a v důsledku působení komplexu hnacích sil se v něm určitým způsobem pohybují. Parametr nazývaný permeabilita neboli propustnost k [L^2] vyjadřuje schopnost pórovitého prostředí propouštět tekutou fázi. Tato veličina je podstatná pro stanovení hydraulické vodivosti K [LT^{-1}] každé jednotlivé tekuté fáze (Císlarová & Vogel 2008).

3.3.2 Objemová hmotnost půdy

Objemová hmotnost půdy je důležitá fyzikální vlastnost půdy (Martín & et al. 2017), kterou lze vyjádřit jako poměr hmotnosti suché půdy k celkové hmotnosti půdy (včetně pórových prostorů). Může být vyjádřena v g cm^{-3} nebo t m^{-3} (Vogt & et al. 2015).

Objemová hmotnost půdy hraje zásadní roli při určování fyzického stavu půdy a její schopnosti udržovat růst rostlin a ukládat půdní organický uhlík. Půda, která má menší objemovou hmotnost, bude mít dobrou strukturu a větší povrchovou plochu, poskytuje větší schopnost zadržovat vodu, živiny a organické látky (Lobsey & Rossel 2016). Půdy s vyšší pórovitostí mají objemovou hmotnost nižší než půdy, které jsou kompaktnější a mají méně pórů. Těžké půdy, jako jsou jílovité a hlinité, mají obecně nižší objemovou hmotnost než půdy lehčí, tedy písčité. Částice těžkých půd, zvláště při vyšších hodnotách organické hmoty, více agregují a tvoří porézní agregáty. Pórovitost je tak vyšší a objemová hmotnost nižší. Naopak v lehkých půdách, s nižším obsahem organické hmoty a jílových minerálů ale vyšším zastoupením prachových a písčitých částic, mají částice snahu se více shlukovat a těsněji vyplňovat prostor. Pórovitost je potom nižší a objemová hmotnost vyšší. Důležitou roli hraje také velikostní zastoupení částic a textura (Šimek 2003).

Objemová hmotnost jílovitohlinitých a jílových půd je okolo 1,0-1,6 g cm⁻³, písčitých a hlinitopísčitých 1,2-1,8 g cm⁻³. Hodnoty u podpovrchových vrstev půdy mohou dosahovat až k 2,0 g cm⁻³ nebo i vyšších (Šimek 2003). Kvůli složité dynamice interakcí jako je např. eroze půdy a využívání půdy člověkem, se může objemová hmotnost měnit v širokém rozsahu a na krátké vzdálenosti napříč krajinou a s hloubkou. Může se lišit v čase a v průběhu ročních období z důvodu postupů obhospodařování půdy (Lobsey & Rossel 2016).

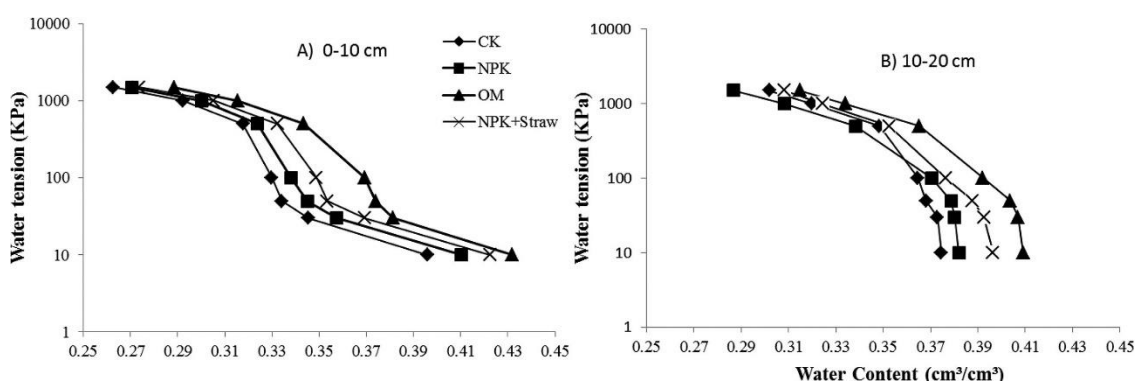
3.4 Vliv hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělských půd

Fyzikální vlastnosti půdy, jako je objemová hmotnost, pórovitost a stabilita agregátů, jsou důležitými složkami kvality půdy a jejich změny v čase mohou odrážet udržitelnost půdy. Aplikace organických a chemických hnojiv může ovlivnit fyzikální vlastnosti půdy, protože může mít vliv na obsah organického uhlíku v půdě a chemické složení půdního roztoku (Xin & et al. 2016). Tradiční přírodní hnůj se po zavedení chemických hnojiv přestal téměř používat, což na mnohých místech mohlo vést ke ztrátě organických látek v půdě a degradaci půdy. Půdní organická hmota je klíčová složka ovlivňující strukturu půdy a byla považována za jeden z životně důležitých faktorů ovlivňujících výnos plodiny, zejména v rámci intenzivních systémů pěstování (Wang & et al. 2011). Obecně se uznává, že aplikace organických hnojiv a kompostů může přímo zvyšovat obsah organického uhlíku a poté zlepšovat agregaci, hydraulickou vodivost, celkovou pórovitost (Xin & et al. 2016), zadržování vody, zvyšovat rychlost infiltrace a snižovat objemovou hustotu. Aplikace chemických hnojiv často zlepšuje množství a kvalitu zbytků plodin, a tím pravděpodobně zlepšit strukturu půdy (Wang & et al. 2011).

Stehlíková & et al. (2016) prováděla výzkum porovnání půdní agregátové stability a půdní organické hmoty ve třech dlouhodobých experimentech na černoze, které se lišily svým experimentálním designem, ale srovnatelnými postupy hnojení. Jako hnojivo bylo použito NPK, hnůj, NPK + hnůj, N + hnůj, organická hmota, NPK + organická hmota a také nehnojená varianta jako kontrola. Výzkum dospěl k závěru, že rozdíly mezi jednotlivými postupy hnojení byly patrné, ale obecně nebyly významné. Výsledky dále ukazují spíše negativní vliv minerálních NPK hnojiv na stabilitu agregátů. Negativní účinky na agregaci půdy mají minerální hnojiva obsahující NH₄⁺.

V Číně probíhal dlouhodobý výzkum vlivu organických a minerálních hnojiv na fyzikální vlastnosti v kořenové zóně jílových Ultisolů. Byly zkoumány účinky aplikace chemických hnojiv NPK, aplikace organických hnojiv (směs prasečího a slepičího hnoje a

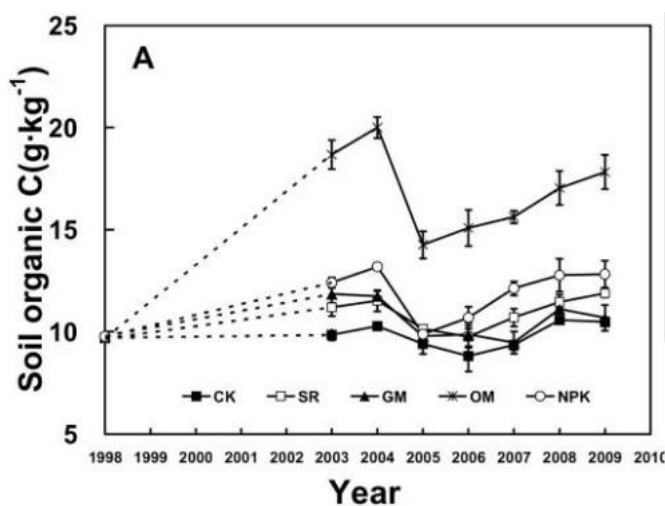
organických látek s obsahem 30–35 %) a aplikace NPK se slámou. K porovnání byla použita nehnojená kontrola. Bylo zjištěno, že půdní organický uhlík je vyšší při aplikaci organického hnojiva než jiná ošetření ve všech hloubkách půdy. Organický uhlík byl výrazně vyšší v hloubce 0–20 cm než v 20–40 cm. Nejvyšší hodnoty organického uhlíku byly získány v půdních hloubkách 0–10 a 10–20 cm při ošetření organickým hnojivem (21,08 a 12,07 g kg⁻¹), NPK se slámou (12,42 a 9,29 g kg⁻¹) a NPK (11,90 a 8,21 g kg⁻¹), ve srovnání s kontrolou (9,85 a 7,48 g kg⁻¹). Objemová hmotnost byla výrazně nižší při použití organického hnojiva (1,13 g m⁻³) a NPK se slámou (1,16 g m⁻³) v hloubce 0–10 cm ve srovnání s NPK (1,20 g m⁻³) a kontrolou (1,22 g m⁻³). Aplikace organického hnojiva obecně zvýšila koncentraci organických látek v půdě, což vedlo ke snížení obsahu objemové hmotnosti půdy a ke zvýšení obsahu organického uhlíku, protože použití organických hnojiv do půdy zvyšuje půdní organickou hmotu. Hydraulické vlastnosti dosahovali lepšího výsledku také při použití organického hnojiva. Retenční kapacita půdní vody byla vyšší při aplikaci organického hnojiva než v kontrole, a to v celém rozsahu napětí vody 0–1500 kPa, jak lze vidět na Obr. 4. Organické hnojivo a NPK se slámou výrazně zvýšili hodnotu obsahu vody dostupné pro rostliny, naopak NPK snižovalo obsah dostupné vody. Hodnoty nasycené hydraulické vodivosti byly u aplikace organického hnojiva nižší než u jiných ošetřeních. V porovnání s kontrolou (518 mm den⁻¹) došlo ke snížení nasycené hydraulické vodivosti u organického hnojiva o 62,9 % (192 mm den⁻¹) a u NPK o 36,1 % (331 mm den⁻¹). K výraznému nárůstu nasycené hydraulické vodivosti o 11,2 % došlo u NPK se slámou (576 mm den⁻¹) v porovnání s kontrolou. Podle výsledku přidávání organického hnojiva snižuje nasycenou hydraulickou vodivost (Bassouny & Chen 2016).



Obr. 4: Retenční kapacita půdní vody půdy podrobené dlouhodobé aplikaci hnojiv v hloubkách 0–10 cm (A) a 10–20 cm (B) (Bassouny & Chen 2016).

Naveed & et al. (2014) ve své studii hodnotící dlouhodobý dopad hnojení na vývoj struktury půdy černozemě, dospěl k výsledkům, že dlouhodobé hnojení vede k významným rozdílům v hodnotách organického uhlíku a objemové hmotnosti půdy. Nejvyšší hodnoty organického uhlíku byly naměřeny u aplikací hnoje s NPK ($0,024 \text{ kg kg}^{-1}$) v porovnání s kontrolou ($0,014 \text{ kg kg}^{-1}$). Půdní hmotnosti byly naměřeny nejnižší hodnoty u aplikace hnoje s NPK ($1,47 \text{ g cm}^{-3}$) oproti kontrole ($1,70 \text{ g cm}^{-3}$). Toto snížení půdní hmotnosti je výsledkem ředícího účinku, když je přidán organický materiál smíchan s hustší minerální frakcí půdy.

Studie, která probíhala v jižní Číně, se zabývala vlivem aplikace různých hnojiv na úrodnost půdy. Byly zkoumány účinky pěti hnojiv – chemické hnojivo (NPK), organické hnojivo (prasečí hnůj), zelené hnojivo, rýžová sláma. Účinky těchto hnojiv byly následně porovnány s kontrolou, která byla nehnojená. Bylo zjištěno, že aplikace zejména hnoje a NPK výrazně zlepšila hodnoty půdního organického uhlíku. Konkrétně aplikace hnoje vedla k nejvyšším hodnotám organického uhlíku ($16,93 \text{ g kg}^{-1}$), což bylo o 72,5 % než u kontroly ($9,71 \text{ g kg}^{-1}$). Organický uhlík byl vyšší i při použití NPK ($11,97 \text{ g kg}^{-1}$). Dle Obr. 5 lze vidět, že organický uhlík měl v různých aplikacích hnojiv podobný trend. Mezi lety 1998 a 2004 vykazoval organický uhlík zřetelný nárůst v čase. Poté organický uhlík prudce poklesl, ale rychle dosáhl stabilní úrovně. U aplikací hnoje byl hodnoty organického uhlíku zjevně nejvyšší, zatímco v kontrolním případě zůstal relativně stabilní (Dong & et al. 2012).



Obr. 5: Dynamika půdního organického uhlíku při různých aplikacích hnojiv mezi roky 1998-2009 (Dong & et al. 2012).

3.5 Vliv rostlin na fyzikální vlastnosti půd

Je známo, že vegetace je klíčovým faktorem v genezi půdy. Dále poskytuje ochranu půdy a přispívá ke zlepšení vlastností půdy, které jsou ovlivněny typem vegetace (Bejarano et al. 2010). Kořeny jsou klíčovým prvkem účinků rostlin na strukturu půdy a hydrologii půdy (Scholl et al. 2010). Když kořen roste, deformuje půdu tím, že se rozšiřuje radiálně, a objem obsazený kořenem je vyrovnán ekvivalentní ztrátou prostoru pórů z okolní půdy (Gregory 2006). Růst kořenů vede také k rozdělení větších pórů na menší. Tyto účinky závisí na délce života kořenů. (Scholl et al. 2010). V jedné studii bylo zjištěno, že pórovitost půdy byla v přímém okolí kořenů kukuřice o 22–24 % nižší než v okolní půdě a objemová hmotnost půdy se zvýšila na $1,80 \text{ mg m}^{-3}$ na rozhraní kořen–půda ve srovnání s hodnotou $1,54 \text{ mg.m}^{-3}$, která byla naměřena ve vzdálenosti 1 mm od kořene (Gregory 2006).

Zbytky kořenů rostlin přispívají k zvyšování organického uhlíku v půdě, který hraje důležitou roli ve funkcích půdy: má schopnost zadržovat živiny a znečišťující látky, zlepšuje strukturu a stabilitu půdy a je zdrojem živin a substrátů pro mikrobiální komunitu v půdě a má vliv na jejich distribuci a aktivitu. Rostliny také ovlivňují složení půdní mikrobiální komunity, která může mít vliv na stabilitu půdního agregátu (Bejarano et al. 2010).

Fyzikální podmínky půdy, zejména v rhizosféře (tenká vrstva půdy, která přiléhá ke kořenům rostlin) (Balík 2009), jsou nepřetržitě modifikovány uvolňováním exsudátů kořenů rostlin a mikrobiálních metabolitů. Rostliny mají potenciálně prospěch z této modifikace rhizosféry díky zlepšeným fyzikálním podmínkám pro pronikání kořenů a příjmu živin a vody kořeny. Účinek biologických exsudátů na fyzikální vlastnosti půdy však může záviset na jejich fyzikálně-chemických vlastnostech. Množství a fyzikálně-chemické vlastnosti kořenových exsudátů jsou určovány druhem rostliny, věkem jednotlivé rostliny a vnějšími faktory, jako jsou biotické a abiotické stresy (např. struktura půdy, přítomnost mikroorganismů a dostupnost živin) (Naveed et al. 2017). Kořenové exsudáty a mikrobiální metabolity vytvářejí adhezní síly (Czarnes et al. 2000), které mohou mít výrazný vliv na stabilitu půdy a její odolnost proti narušení jak mechanickým, tak hydraulickým stresem. Existují značné důkazy o tom, že kořenové exsudáty zlepšují stabilitu půdy (Naveed et al. 2017). Bakteriální druh, množství a kvalita polysacharidů a matricový potenciál okolní půdy hrají důležitou roli ve schopnosti exsudátů agregovat půdu (Czarnes et al. 2000).

Exsudáty kořenů ječmene oslabily půdu, po jejich biologickém rozkladu následovalo posílení. Počáteční oslabení půdy exsudáty kořene ječmene může pomoci uvolnit dříve nepřístupné živiny z půdy. Naproti tomu exsudáty kořenů kukuřice zpevňují půdu od počátku. Toto zesílení půdy exsudáty kořenů kukuřice by mohlo zvýšit stabilní strukturu půdy běžně pozorovanou u kořenů (Naveed et al. 2017).

Uvolňováním kořenového exsudátu může také dojít ke změně vodních vztahů rhizosféry. Exsudáty snižují povrchové napětí vody, a to může být výhodné pro absorpci vody při malých hodnotách matricového potenciálu (Gregory 2006).

4 METODIKA

V následující kapitole bude popsán metodický postup použitý při řešení této práce.

4.1 Lokality

Studie probíhala na třech lokalitách v České republice. Jedná se o pokusná stanoviště Výzkumného ústavu rostlinné výroby (Ivanovice a Čáslav) a soukromou Pokusnou stanicí Lukavec.

Lokality se nachází v různých půdně klimatických podmínkách. V následujících podkapitolách budou popsány podrobnější charakteristiky jednotlivých pokusných stanic – Ivanovice na Hané, Čáslav, Lukavec. Umístění pokusných stanic je vyznačeno na Obr. 6.



Obr. 6: Mapa ČR, kde jsou červeně vyznačené pokusné stanice, ve kterých došlo k odebrání vzorků (Mapy.cz).

4.1.1 Čáslav

Lokalita Čáslav leží na souřadnicích 49°85' severní šířky a 15°40' východní délky v okrese Kutná Hora ve Středočeském kraji. Pokusná lokalita se nachází ve výrobní oblasti řepařské, podoblasti Ř1. Nadmořská výška je 263 m n. m. (VURV 2010).

Daná oblast spadá do klimatického regionu T3 (oblast mírně teplá), klimatického okrsku B2 (mírně teplý, mírně suchý převážně s mírnou zimou). V agroklimatickém členění náleží území do makrooblasti teplé, oblasti poměrně teplé a podoblasti mírně suché. Průměrná roční teplota je 13,6 °C a průměrný roční úhrn srážek činí 555 mm (VURV 2010).

Půdní typ byl určen jako šedozem modální. Jedná se o půdu středně humózní, s obsahem humusu 2,98 %. Obsah přístupných živin dosahuje pro fosfor 81 mg kg⁻¹, draslík 239 mg kg⁻¹, hořčík 141 mg kg⁻¹ a pro vápník 3026 mg kg⁻¹. Hloubka ornice se pohybuje mezi 40 až 50 cm. Ornice pokusných polí je hlinitopísčité, v hlubších vrstvách kolem 80 cm je půda písčité a pod ní se nachází písek (VURV 2010).

Charakteristiky půdního profilu pokusné stanice Čáslav jsou uvedeny v Tab. 1. Hodnoty pH (H₂O) mají mezi hloubkou 0 až 50 cm konstantní charakter. V rozmezí hloubky 50 až 80 cm má pH (H₂O) lehce rostoucí charakter. V rozmezí hloubky 0 až 50 cm lze půdní reakci pH (H₂O) = 7,7 označit jako alkalickou a od hloubky 50 cm je silně alkalická. Hodnota pH (KCl) se mezi hloubkou 0 až 40 cm mírně snižuje od hloubky 40 cm až do hloubky 80 cm lehce vzrůstá. Hodnoty pH (KCl) mají mezi hloubkou 0 až 50 cm půdní reakci neutrální. Od hloubky 50 cm je půdní reakce pH (KCl) mírně alkalická. Obsah uhličitánů je v hloubce 0 až 30 cm je nízký a poté v hloubce 40–50 cm je též obsah uhličitánů nízký. Dále v hloubce 50–60 je obsah uhličitánů střední a v hloubce 60 až 80 je vysoký. Obsah oxidovatelného uhlíku klesá s hloubkou profilu. Mezi 0 až 40 cm je obsah nízký a dále je již velmi nízký. Hodnota kationtové výměnné kapacity stoupá mezi hloubkou 0 až 40 cm, od hloubky 40 cm již jen klesá.

Tab. 1: Charakteristika půdního profilu pokusné stanice Čáslav (VURV 2010).

Hloubka (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CaCO ₃ (%)	Cox (%)	KVK (meq/100 g)
0-20	7,7	7,0	0,2	1,06	19,00
20-30	7,7	6,9	0,1	0,67	20,06
30-40	7,7	6,5	0,0	0,51	21,15
40-50	7,7	6,6	0,3	0,49	20,22
50-60	8,0	7,4	0,8	0,44	19,02
60-70	8,1	7,7	11,2	0,30	17,68
70-80	8,3	7,7	14,0	0,23	16,34

4.1.2 Ivanovice

Pokusný pozemek se nachází na souřadnicích 49°19' severní šířky a 17°05' východní délky. Náleží do katastrálního území obce Ivanovice na Hané v okrese Vyškov v Jihomoravském kraji. Jedná se o rovinnaté pozemky, které se nachází v nadmořské výšce 225 m n. m. a řadí se do výrobní oblasti řepařské, konkrétní podoblast Ř1 (VURV 2010).

Lokalita náleží do klimatického regionu teplého, mírně suchého, který označujeme jako T2. Dále se řadí do klimatické oblasti M15 oblast teplá, klimatického okrsku A3 teplý, mírně suchý s mírnou zimou. Agroklimatické členění (makrooblast, oblast a podoblast): teplá, převážně teplá, převážně suchá. Průměrná teplota, vyhodnocená z dvacetiletých průměru je 9,17 °C a roční průměr pro srážky činí 548,1 mm (VURV 2010).

Ve zdejší oblasti jsou půdy úrodné s přirozenou zásobárnou živin, obsahem humusu 4,39 %. Obsah přístupných živin dosahuje pro fosfor 177 mg kg⁻¹, draslík 573 mg kg⁻¹, hořčík 215 mg kg⁻¹ a pro vápník 3988 mg kg⁻¹. Půdní typ byl určen jako černozem modální. Jedná se především o aluviální a diluviální hlinité půdy na sprašových podložích. Ornice je tmavošedá humózní hlína, dosahující hloubky v průměru cca 40 cm (VURV 2010).

Charakteristiky půdního profilu pokusné stanice Ivanovice na Hané jsou uvedeny v Tab. 2. pH (H₂O) má vzestupný charakter od hloubky 0–20 cm (7,1) až do hloubky 50–60 cm, jehož

hodnota je v této hloubce 7,9. V hloubce 60–70 cm pH (H₂O) klesá na hodnotu 7,8 a v hloubce 70–80 cm opět roste na hodnotu 7,9. V hloubce 0–30 cm při pH (H₂O) = 7,1 lze určit půdní reakci jako neutrální, v hloubce 30–40 při pH (H₂O) = 7,6 lze určit půdní reakci jako alkalickou a v hloubce 40–80 při pH (H₂O) = 7,8 až 7,9 lze půdní reakci určit jako silně alkalickou. Hodnota pH (KCl) mezi 0–20 cm a 50–60 vzrůstá, poté klesá v hloubce 60 až 80 cm. Půdní reakci pH (KCl) = 6,3 v hloubce 0–20 cm lze určit jako mírně kyselou, mezi hloubkou 20 až 80 cm ji lze určit jako neutrální. Uhličitany se vykytují pouze v hloubce 20–30 cm, 30–40 cm a 70–80. V hloubce 20–30 cm a 70–80 lze jejich obsah hodnotit jako nízký a v hloubce 30–40 cm je možno označit výskyt uhličitánů jako střední. Obsah oxidovatelného uhlíku v hloubce 0–30 cm je vyšší střední, v hloubce 30–60 cm je nižší střední a v hloubce 60–80 cm je nízký.

Tab. 2: Charakteristiky půdního profilu pokusné stanice Ivanovice na Hané (VURV 2010).

Hloubka (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CaCO ₃ (%)	Cox (%)
0-20	7,1	6,3	0,0	1,81
20-30	7,1	6,6	0,3	1,62
30-40	7,6	6,9	0,9	1,37
40-50	7,8	6,9	0,0	1,27
50-60	7,9	7,1	0,0	1,21
60-70	7,8	7,0	0,0	1,04
70-80	7,9	6,9	0,1	0,71

4.1.3 Lukavec

Tato lokalita se nachází na souřadnicích 49°34' severní šířky a 14°59' východní délky v obci Lukavec v okrese Pelhřimov na Vysočině. Pozemky se nachází v poloze 610 m n. m. se členitým reliéfem. Náleží do výrobní oblasti bramborářské, přesněji do podoblasti B2 (VURV 2010).

Stanoviště patří do klimatické oblast mírně teplé, klimatického okresku B5 (mírně teplý, mírně vlhký, vrchovinový). Agroklimatické členění (makrooblast, oblast a podoblast): chladná,

mírně chladná, mírně suchá. Průměrný roční úhrn srážek dosahuje 698 mm a průměrná roční teplota je 8.07 °C (VURV 2010).

V oblasti se nacházejí písčitohlinité půdy, půdní typ byl určen jako kambizem modální s matečným substrátem rulou a obsahem humusu 3,19 % (hodnocen slovně jako dobrý). Mocnost humózního horizontu činí 18 až 25 cm a je písčitohlinité až hlinité textury. Obsah přístupných živin dosahuje pro fosfor 143 mg kg⁻¹, dusík 284 mg kg⁻¹, hořčík 106 mg kg⁻¹ a pro vápník 878 mg kg⁻¹. Hodnota pH (H₂O) je 6,17 (slabě kyselá), hodnota pH (KCl) je 5,8 (mírně kyselá) (VURV 2010, Pokusná stanice Lukavec nedatováno).

4.2 Odběr půdních vzorků

Studie byla provedena v dlouhodobém výživářském polním pokusu. Pokus probíhá na 4 honech s jednotným osevním sledem, se 12 variantami hnojení, 4x opakovanými. Velikost modelových pokusných honů je 40 arů, rozdělených do 48 parcel o velikost 8 x 8 m (sklizňová parcela je 5 x 5 m). Systém hnojení, dávky hnojiv a osevní postup byly jednotné pro všechna stanoviště. Dusíkatá hnojiva byla dodávána ve formě ledku amonného s vápencem, fosfor v superfosfátu, draslík v draselné soli a hořčík v Kieseritu.

Na každé lokalitě byly vybrány tři varianty s různými režimy hnojení: varianta absolutně nehnojená (označená jako N), která je pouze jedenkrát za čtyři roky vápněná a představuje základní půdní úrodnost stanoviště, dále varianta hnojená hnojem (označená jako H) varianta hnojená hnojem a N2PK (označená jako H+N2PK), která reprezentuje průměrnou zemědělskou praxi.

Odběry neporušených půdních vzorků probíhaly ve fázi vývoje mladé rostliny (označeno po zasetí) a po sklizni kukuřice seté (*Zea mays* L.). Na jednotlivých experimentálních parcelách byly odebrány čtyři neporušené půdní vzorky do Kopeckého válečků o objemu 100 cm³. Tedy 16 pro každou variantu hnojení a celkem 48 neporušených půdních vzorků pro jeden termín odběru. Na každé sledované lokalitě bylo odebráno dohromady 96 neporušených půdních vzorků. Celkem bylo na všech studovaných lokalitách odebráno 288 vzorků.

4.3 Rozbor neporušených půdních vzorků

V následující kapitole budou popsány průběhy stanovení základních fyzikálních vlastností (objemová hmotnost a pórovitost) a hydraulických vlastností (retenční čára půdní vlhkosti a křivka hydraulických vodivostí).

4.3.1 Základní fyzikální vlastnosti

Na všech neporušených půdních vzorcích byla stanovena objemová hmotnost, která udává hmotnost 1 m³ půdy v jeho přirozeném uložení (t m⁻³) a je definovaná jako poměr hmotnosti tělesa k objemu tělesa, včetně pórů, mezer a dutin, podle následující rovnice:

$$\rho_d = \frac{m_z}{V_s} \quad 4.1$$

kde: ρ_d je objemová hmotnost [g cm⁻³],

m_z je hmotnost zeminy v přirozeném uložení, vysušené při 105 °C [g],

V_s je objem vzorku [cm³].

Dále byla vypočtena pórovitost, která je definovaná jako objem všech prostor mezi pevnými částicemi půdy, podle vztahu 4.2 a udává kolik procent z jednotkového objemu půdy v přirozeném uložení připadá na póry:

$$P = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_d} \times 100 \quad 4.2$$

kde: P je pórovitost [% obj.],

ρ_z je specifická hmotnost [g cm⁻³] (u všech vzorků byla použita hodnota 2,65 g.cm⁻³),

ρ_d je objemová hmotnost [g cm⁻³].

4.3.2 Stanovení hydraulických vlastností

Pro stanovení hydraulických vlastností byly použity dvě laboratorní metody. Jednalo se o kombinaci podtlakové a přetlakové provedené v Tempských celách (Soilmoisture Equipment Corp., 1995) (retenční čáry půdní vlhkosti a křivky hydraulických vodivostí) a přetlakovou

metodu (Dane and Hopmans 2002) (retenční cary půdní vlhkosti) provedenou v přetlakovém aparátu (Soilmoisture Equipment Corp. 2009).

4.3.2.1 Tempské cely

Tempská cela (dále jen TC) je podtlakový i přetlakový přístroj (Obr. 7), jejíž důležitou součástí je keramická destička, která musí být nasycená. Dále je TC přes spodní okraj spojena pomocí hadičky k byretě. Hadička je vyplněná vodou (Kodešová & et al. 2015).



Obr. 7: Tempská cela (EkoTechnika nedatováno).

V prvním kroku byla stanovena nasycená hydraulická vodivost. Nasycená hydraulická vodivost byla stanovena metodou konstantního spádu. Neporušený půdní vzorek byl umístěn do TC a po dobu 3–5 dnů sycen vodou. U již nasyceného vzorku byly nastaveny rozdílné potenciály pomocí hladin vody ve dvou byretách připojených na obou stranách TC. Poté začal být měřen průtok vody analyzovaným vzorkem a porézní destičkou na spodní straně půdního vzorku. Ze získaných hodnot byla pomocí rovnice 4.3 stanovena nasycená hydraulická vodivost,

$$K_s = \frac{QL}{S\Delta t \left(\Delta H - \frac{QL_d}{S\Delta t K_{s,d}} \right)} \quad 4.3$$

kde: K_s je nasycená hydraulická vodivost [LT^{-1}],

Q je průtok,

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

S je průtočná plocha ($S = 19,625$ cm²),

Δt je rozdíl času,

ΔH 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

Po skončení měření byla odpojena byreta na horní straně TC a v neporušeném půdním vzorku byla pomocí hladiny vody ve spodní byretě nastavena nulová talková výška ($h = 0$ cm) ve středu půdního vzorku. Následovalo provedení multistep-outflow experimentu (van Dam et al., 1994). Během tří týdnů byl plně nasycený vzorek pomalu drenován v devíti krocích postupným snižováním tlakové výšky (10, 30, 50, 100, 170, 250, 350, 500, 1000 cm). Tlaková výška byla snižována jak pomocí postupného snižování hladiny vody pod vzorkem (10 a 30 cm), tak zvyšováním přetlaku vzduchu nad vzorkem (pro další kroky). Byl měřen kumulativní odtok vody v čase. Při každém tlakovém kroku bylo dosaženo rovnováhy a tím způsobem bylo možné vyčíslit body retenční čáry prostřednictvím bilance vody ve vzorku na základě znalosti konečné objemové vlhkosti (stanovené gravimetrickou metodou) a přičítáním změn vlhkosti, které byly vyčísleny z kumulativního odtoku.

Hydraulické vlastnosti (retenční čára půdní vlhkosti a křivka hydraulických vodivostí) byly vyhodnoceny jak bilančně (retenční čára půdní vlhkosti) (Příloha č. 1, Příloha č. 2 a Příloha č. 3), tak numerickou inverzí programem HYDRUS-1D (retenční čára půdní vlhkosti a křivka hydraulických vodivostí).

Získaná data (kumulativní odtok v čase, a měřené body retenčních čar) byla využita při numerickém inverzním modelování pomocí programu HYDRUS-1D (Šimůnek et al., 2008), při kterém byly získány van Genuchtenovy hydraulické parametry (van Genuchten, 1980). Metoda byla popsána Kodešovou et al. (2007). Příklad proloženého outflow a proložení retenční čáry půdní vlhkosti ukazuje Obr. 8 a Obr. 9. Program HYDRUS-1D pro řešení

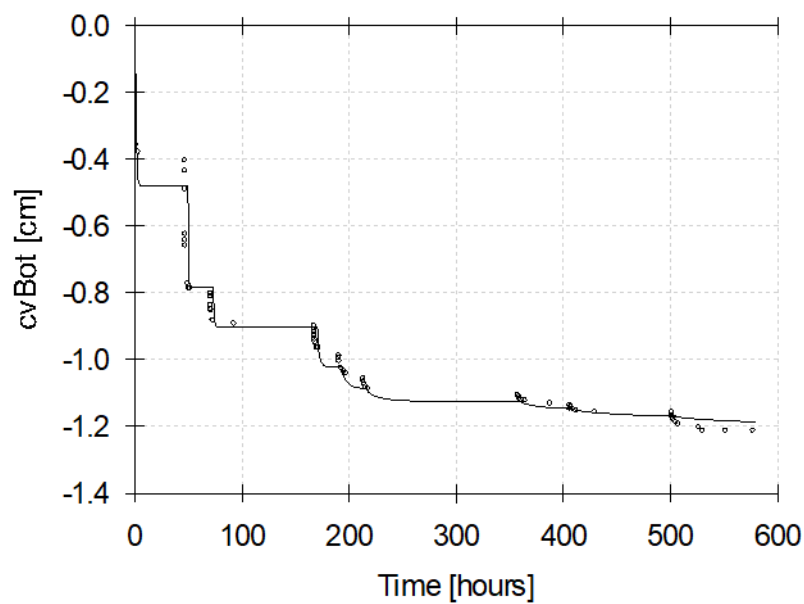
proudění vody v půdě užívá Richardsovu rovnici (Richards, 1931) a pro vyjádření retenční čáry půdní vlhkosti a průběhu hydraulických vodivostí analytické funkce van Genuchtena:

$$\theta_e = \frac{\theta(h) - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{(1 + |\alpha h|^n)^m} \quad h < 0 \quad \theta_e = 1 \quad h \geq 0 \quad 4.4$$

$$K(\theta) = K_s \theta_e^l [1 - (1 - \theta_e^{l/m})^m]^2 \quad h < 0 \quad K(\theta) = K_s \quad h \geq 0 \quad 4.5$$

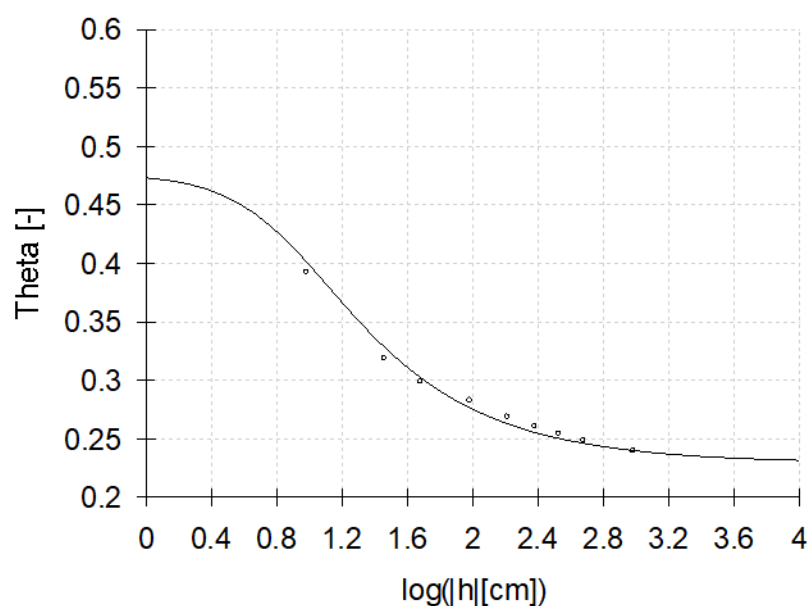
kde θ_e je efektivní objemová vlhkost půdy, θ_r , θ_s jsou reziduální a nasycená objemová vlhkost půdy, K_s je nasycená hydraulická vodivost, α , n , m ($=1-1/n$), l ($=0,5$) jsou empirické konstanty. Parametry θ_r , α , n a K_s byly optimalizovány.

Cum. Bottom Flux



Obr. 8: Příklad kumulativního odtoku vody dnem Tempské cely – měřené body a simulovaný průběh (+ tok nahoru, - tok dolů) (Hydrus-1D 2013).

Hydraulic Properties: Theta vs. log h



Obr. 9: Příklad proložení retenční křivky půdní vlhkosti měřené vody – a simulovaný průběh (Hydrus-1D 2013).

4.3.2.2 Přetlakový aparát

Přístroj (Obr. 10) se skládá z tlakové nádoby, kompresoru, regulátoru tlaku, polopropustné keramické membrány, manometru, hadičky a byrety. V horní části nádoby je otvor, který je spojen s kompresorem a pomocí regulátoru tlaku a manometru je nastavován požadovaný přetlak vzduchu. Polopropustná keramická membrána musí být nasycená vodou a v přetlakové nádobě je spojena hadičkou s byretou (Kodešová & et al. 2015).



Obr. 10: Přetlakový aparát.

Měření retenčních čar probíhalo tak, že v prvním kroku byly vzorky nejdříve nasyceny vodou. Poté byly vzorky umístěny na polopropustnou membránu do tlakové nádoby a v osmi postupných tlakových krocích (1, 40, 100, 700, 2000, 5000, 8000 a 15000 cm) drénovány. Získané body retenčních čar jsou dány objemovými vlhkostmi půdních vzorků (zjištěny gravimetrickým měřením) s odpovídajícími tlakovými výškami danými hodnotou přetlaku vzduchu (Kodešová & et al. 2015).

Program RETC (van Genuchten et al. 1991) byl použit pro proložení naměřených dat bodů retenčních čar pomocí rovnice van Genuchtena (van Genuchten, 1980) (příklad proložení retenční čáry půdní vlhkosti ukazuje Obr. 11):

$$\theta_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad \theta_e = \frac{1}{1 + (\alpha|h|)^n)^m} \quad h < 0 \quad \theta_e = 1 \quad h \geq 0 \quad 4.6$$

kde: θ_e je efektivní vlhkost [$L^3.L^{-3}$],

θ_r je reziduální vlhkost [$L^3.L^{-3}$],

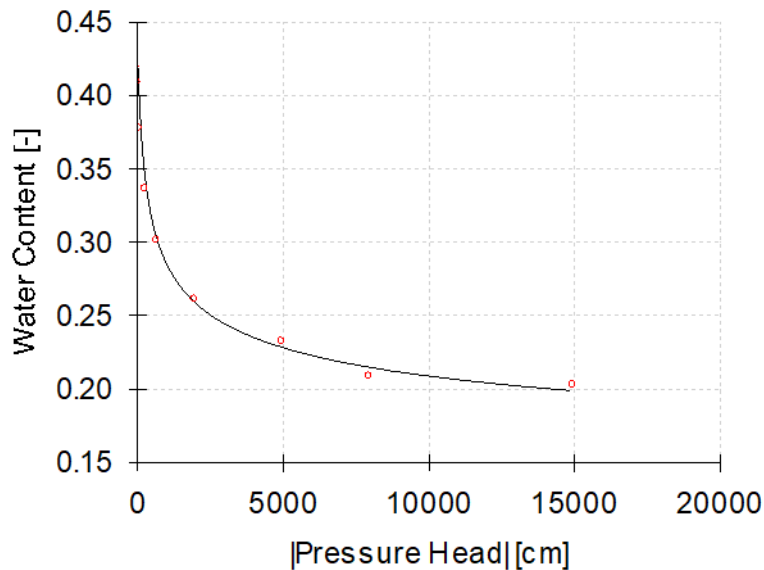
θ_s je nasycená vlhkost [$L^3.L^{-3}$],

α je reciproční hodnota vstupu vzduchu tlakové výšky [L^{-1}],

n je parametr, který souvisí se sklonem čáry v inflexním bodě [bezrozměrný].

Parametry θ_r , θ_s , α a n byly optimalizovány.

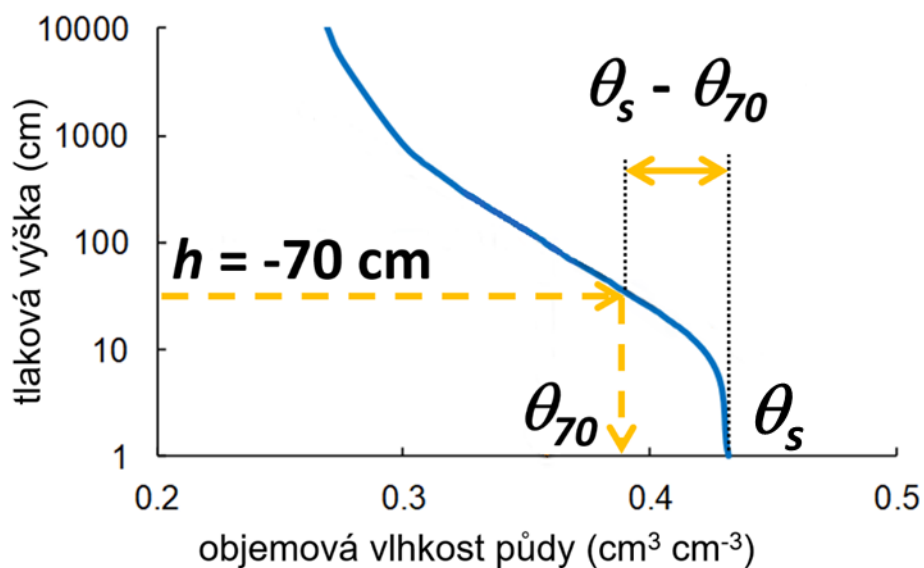
Hydraulic Properties: Theta vs. h



Obr. 11: Příklad proložení retenční čáry půdní vlhkosti – měřené body a simulovaný průběh (RETC 1991).

4.3.3 Charakteristiky popisující půdní pórový systém

Z retenčních čar půdní vlhkosti byly určeny charakteristiky popisující půdní pórový systém: polní kapacita (vlhkost půdy pro $h=330$ cm) (PK), obsah půdní vody pro $h=70$ cm jako hranice mezi zastoupením menších a větších kapilárních pórů (θ_{70}) (Kodešová a kol, 2006) a $\theta_s - \theta_{70}$ (Obr. 12).



Obr. 12: Vyjádření obsahu hrubých kapilárních pórů.

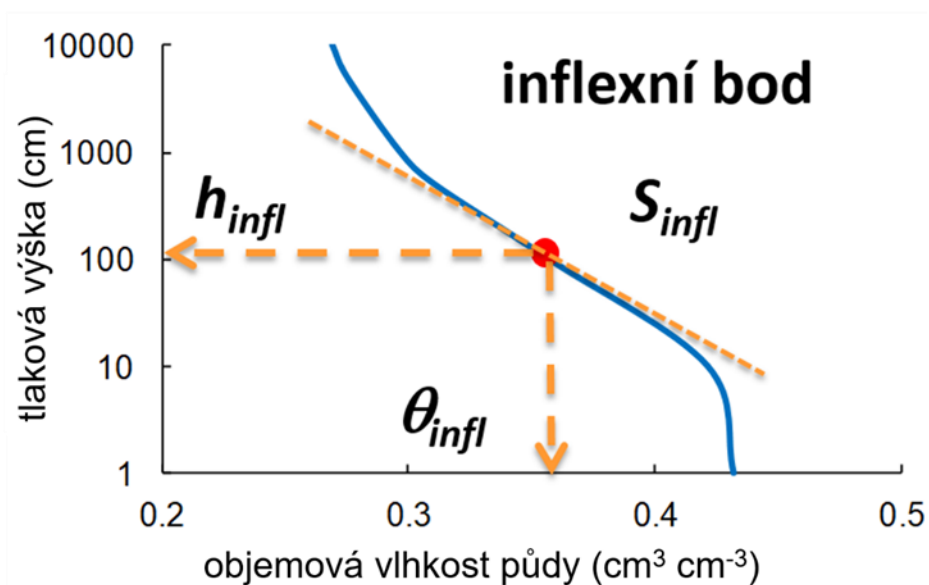
4.3.4 Inflexní body

Podle rovnic 4.7, 4.8, 4.9 byly z tvaru retenčních čar vypočteny parametry inflexních bodů – tlaková výška (h_{INF}), pro ni odpovídající objemová vlhkost (θ_{INF}) a sklon čáry (S_{INF}), kde se mění tvar retenční čáry půdní vlhkosti z konkávního na konvexní (Obr. 13) (Dexter 2004a, b, c, Dexter a Czyz 2007). Získané parametry je možno použít k vyhodnocení kvality půdy z fyzikálního hlediska (například Dexter 2004a, b, c; Fér et al. 2016; Jirků et al. 2013), toto hodnocení je uvedeno v Tab. 3.

$$h_{INF} = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{1}{m} \right)^{\frac{1}{n}} \quad 4.7$$

$$\theta_{INF} = (\theta_S - \theta_r) \left(1 + \frac{1}{m} \right)^{-m} + \theta_r \quad 4.8$$

$$S_{INF} = -n(\theta_S - \theta_r) \left(1 + \frac{1}{m} \right)^{-(1+m)} \quad 4.9$$



Obr. 13: Vyjádření parametrů inflexního bodu retenčních čar půdní vlhkosti.

Tab. 3: Hodnocení kvality půdy z fyzikálního hlediska (Dexter 2004b).

Kategorie hodnocení	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
$0,02 > S_{INF}$	velmi špatná

4.4 Statistické zpracování výsledků

Pro určené půdní vlastnosti byly spočteny průměrné hodnoty a jejich směrodatné odchylky. Následně byly výsledky staticky zpracovány v programu STATISTICA Cz 12 (StatSoft 2013). K vyhodnocení dat jednotlivých lokalit byla použita jednofaktorová ANOVA a k porovnání dat mezi zkoumanými lokalitami byla použita ANOVA při opakovaných měření.

5 VÝSLEDKY

V následujících podkapitolách budou popsány výsledky jednotlivých půdních charakteristik, které byly získány z měření na lokalitách Ivanovice, Čáslav a Lukavec.

5.1 Ivanovice

V následujících podkapitolách budou popsány výsledky základních fyzikálních, hydrofyzikálních a hydraulických vlastností půd pro lokalitu Ivanovice.

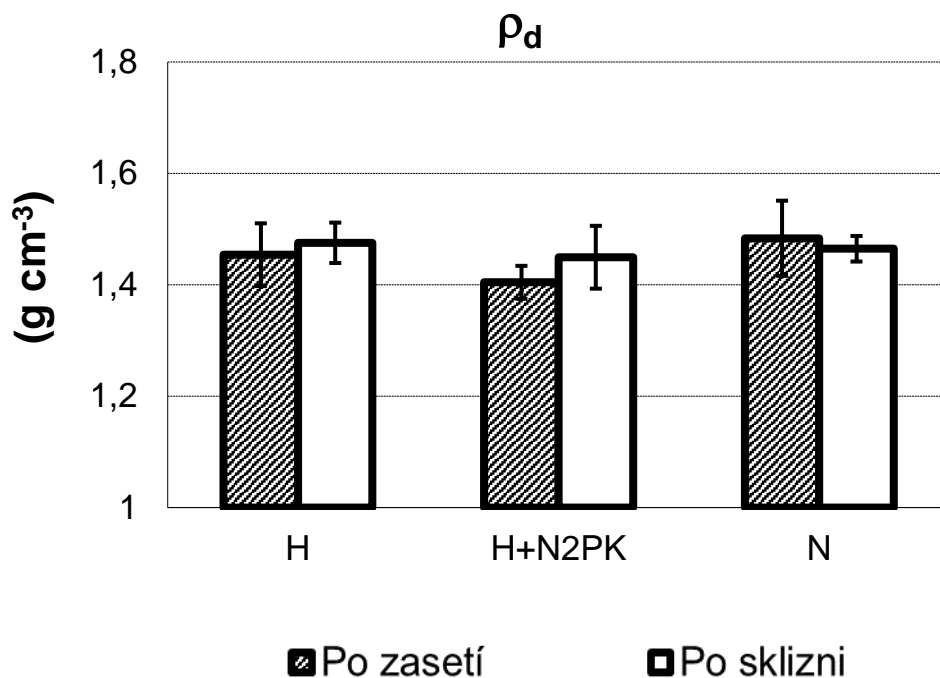
5.1.1 Základní fyzikální vlastnosti

Výsledné průměrné hodnoty objemové hmotnosti a pórovitosti a jejich směrodatné odchylky pro lokalitu Ivanovice jsou uvedeny v Tab. 4.

Tab. 4: Výsledné hodnoty objemové hmotnosti (ρ_d) a pórovitosti (P) s jejich směrodatnými odchylkami pro lokalitu Ivanovice.

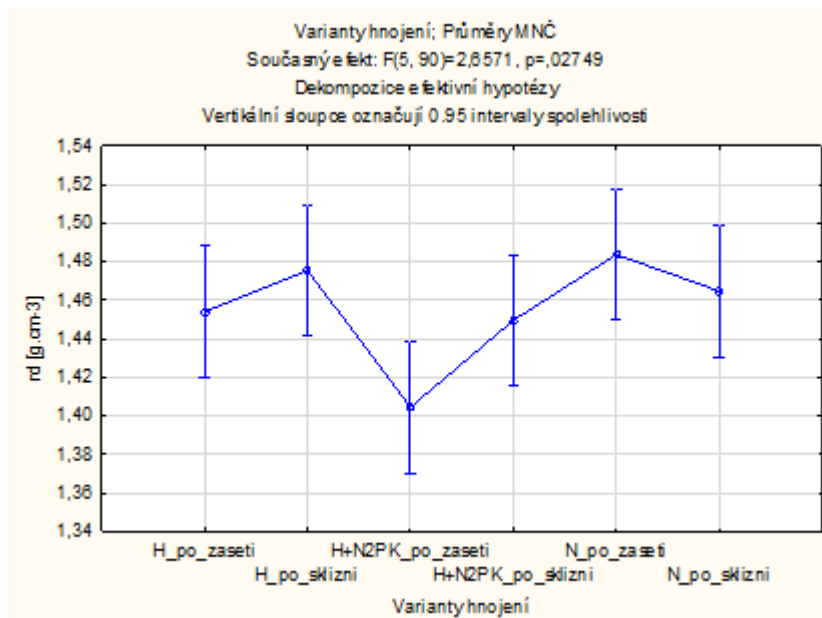
Období	Var.	ρ_d [g cm ⁻³]	P [cm ³ cm ⁻³]
Po zasetí	H	1,4540 ±0,0564	0,4513 ±0,0213
	H+N2PK	1,4045 ±0,0296	0,4700 ±0,0112
	N	1,4836 ±0,0675	0,4402 ±0,0255
Po sklizni	H	1,4754 ±0,0363	0,4433 ±0,0137
	H+N2PK	1,4495 ±0,0564	0,4530 ±0,0213
	N	1,4647 ±0,0230	0,4473 ±0,0087

Stanovením hodnot objemové hmotnosti půdy bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty hnůj+N2PK a hnojená hnojem) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnojené hnojem (1,4754), dále následovala varianta nehnojená (1,4647) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (1,4495). V období po zasetí byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty nehnojené (1,4836). Dále následovala varianta nehnojená (1,4540) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty hnůj+N2PK (1,4045). Grafické znázornění na Obr. 14.



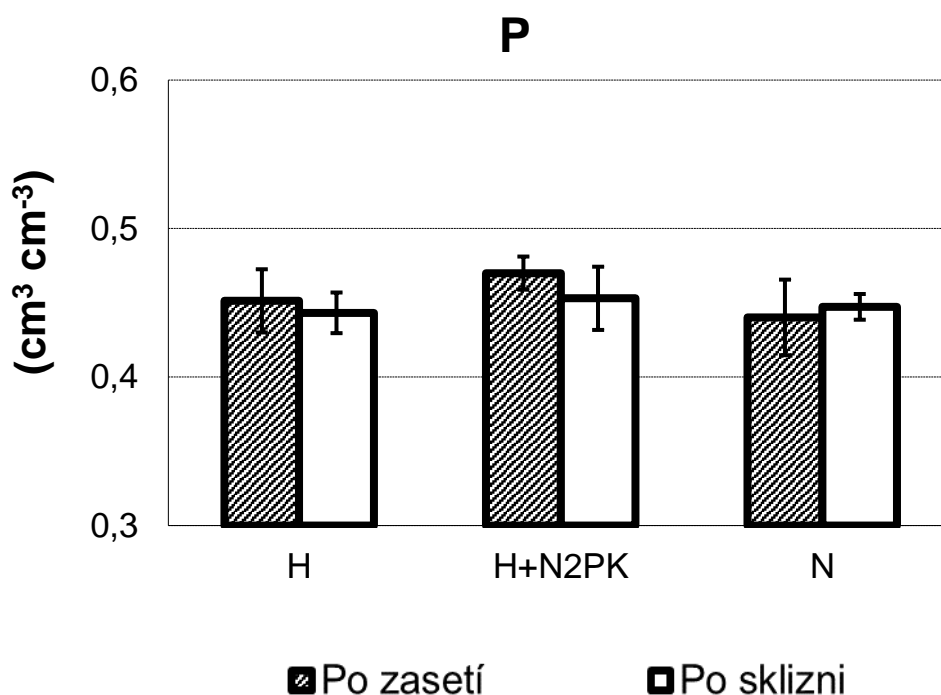
Obr. 14: Graf výsledných hodnot objemové hmotnosti půdy (ρ_d) pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly objemové hmotnosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,027488$), jak ukazuje Obr. 15. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 4.



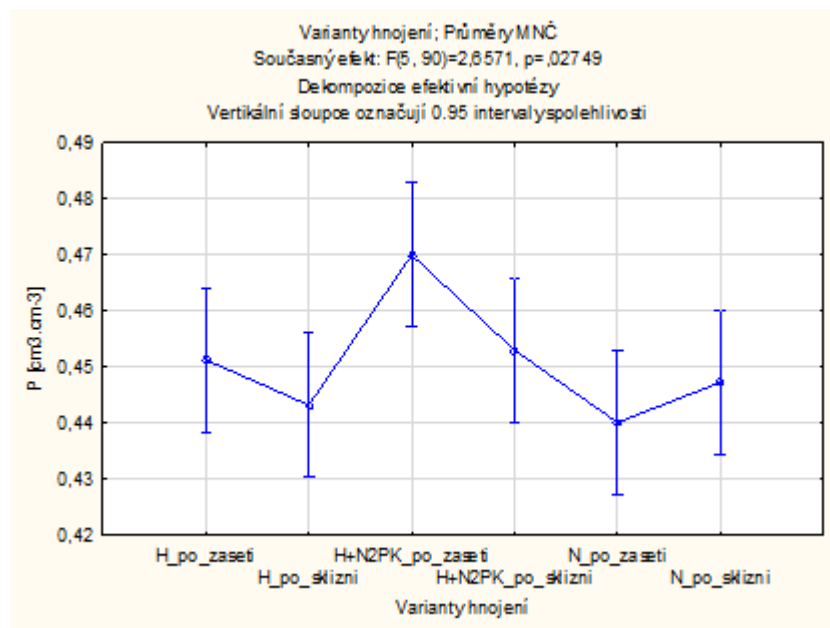
Obr. 15: Porovnání výsledků hodnot objemové hmotnosti půdy (ρ_d) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Stanovením hodnot pórovitosti bylo zjištěno, že ve dvou variantách vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnůj+N2PK a hnojená hnojem) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem + N2PK (0,4700), dále následovala varianta hnojená hnojem (0,4513) a nejnižších hodnot dosáhla varianta nehnojená (0,4402). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem + N2PK (0,4530), dále následovala varianta nehnojená (0,4473) a nejnižší hodnota byla naměřena u variant hnojená hnojem (0,4433). Grafické znázornění ukazuje Obr. 16.



Obr. 16: Graf výsledných hodnot pórovitosti půdy (P) pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly pórovitosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,027488$), jak ukazuje Obr. 17. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 5.



Obr. 17: Porovnání výsledků hodnot pórovitosti půdy (P) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

5.1.2 Hydrofyzikální vlastnosti

V této kapitole jsou popsány výsledky hydraulických parametrů, charakteristiky popisující půdní pórový systém a parametry inflexních bodů, které byly získány z Tempských cel a z přetlakového aparátu pro lokalitu Ivanovice.

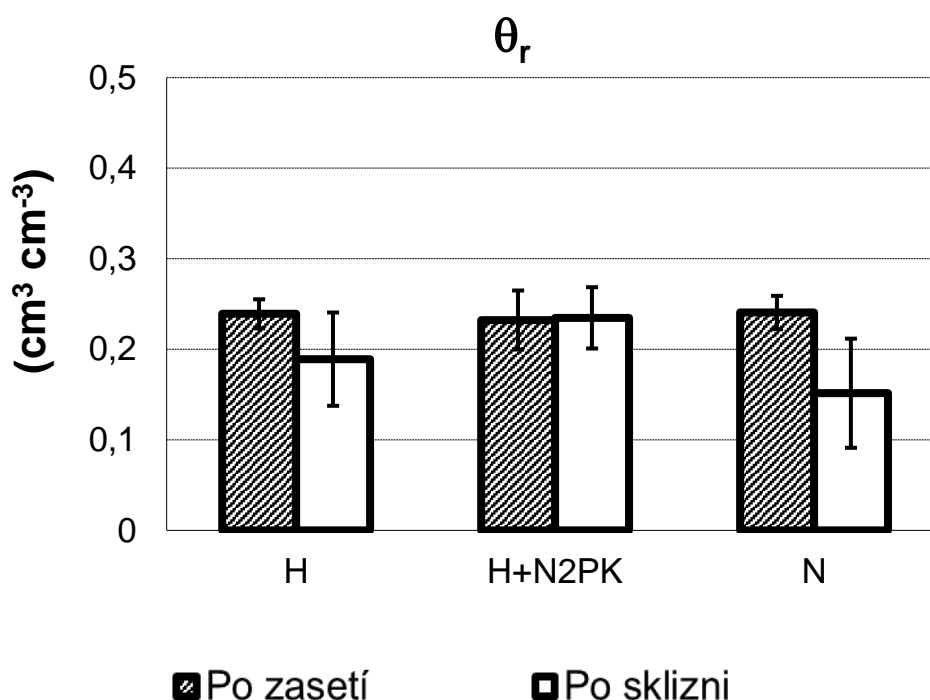
5.1.2.1 Tempské cely

Výsledné průměrné hodnoty hydraulických parametrů, charakteristik popisující půdní pórový systém a parametrů inflexních bodů a jejich směrodatné odchylky pro lokalitu Ivanovice získané z Tempských cel jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5: Výsledné hodnoty reziduální vlhkosti (θ_r), nasycené vlhkosti (θ_s), α , n , polní kapacity (PK), θ_{70} , $\theta_s - \theta_{70}$, K_s , K_{smer} , S_{INF} , h_{INF} , θ_{INF} s jejich směrodatnými odchylkami pro lokalitu Ivanovice získané z Tempských cel.

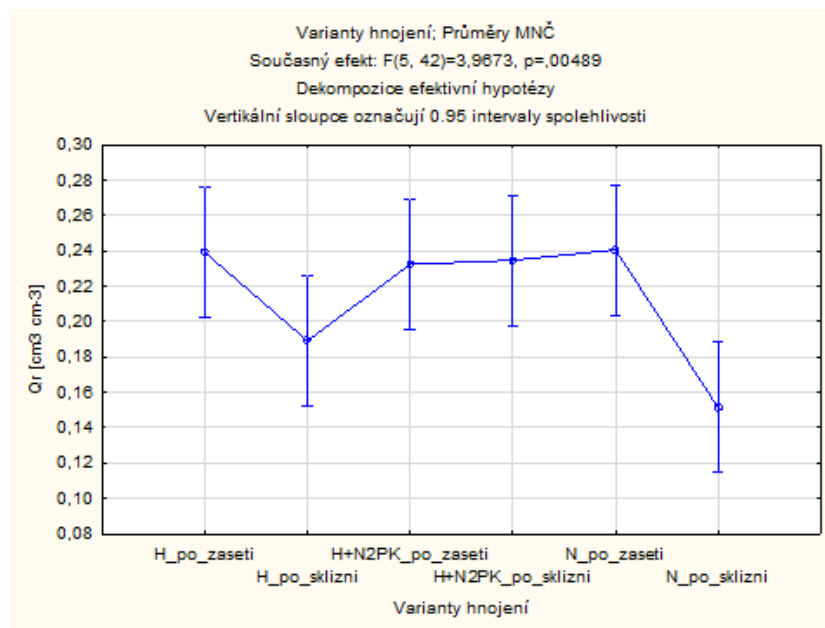
Období	Var.	θ_r [cm ³ cm ⁻³]	θ_s [cm ³ cm ⁻³]	α [cm ⁻¹]	n [-]
Po zasetí	H	0,2391 ±0,0161	0,4259 ±0,0314	0,0717 ±0,0361	1,4437 ±0,0787
	H+N2PK	0,2324 ±0,0326	0,4516 ±0,0269	0,0750 ±0,0171	1,5709 ±0,1551
	N	0,2406 ±0,0184	0,4058 ±0,0233	0,0618 ±0,0097	1,6119 ±0,3082
Po sklizni	H	0,1891 ±0,0515	0,4129 ±0,0212	0,0318 ±0,0058	1,4004 ±0,1571
	H+N2PK	0,2347 ±0,0338	0,4248 ±0,0426	0,0335 ±0,0206	1,4968 ±0,1383
	N	0,1515 ±0,0603	0,4203 ±0,0100	0,0396 ±0,0126	1,3401 ±0,1483
Období	Var.	K_s [cm h ⁻¹]	K_{smer} [cm h ⁻¹]	PK [cm ³ cm ⁻³]	θ_{70} [cm ³ cm ⁻³]
Po zasetí	H	4,2038 ±3,8777	0,4642 ±0,3773	0,2920 ±0,0084	0,3343 ±0,0075
	H+N2PK	5,6415 ±3,0389	0,0911 ±1,1253	0,2859 ±0,0165	0,3261 ±0,0160
	N	3,8414 ±3,2733	1,3977 ±1,7023	0,2775 ±0,0090	0,3127 ±0,0093
Po sklizni	H	1,1071 ±0,7088	0,1307 ±1,9197	0,2933 ±0,0222	0,3484 ±0,0179
	H+N2PK	1,9163 ±2,2260	0,3600 ±1,0408	0,3057 ±0,0149	0,3631 ±0,0127
	N	4,9241 ±3,1032	1,4530 ±3,3876	0,2974 ±0,0047	0,3556 ±0,0059
Období	Var.	S_{INF} [-]	h_{INF} [cm]	θ_{INF} [cm ³ cm ⁻³]	$\theta_s - \theta_{70}$ [cm ³ cm ⁻³]
Po zasetí	H	0,0397 ±0,0102	46,6477 ±27,3907	0,3601 ±0,0263	0,0915 ±0,0389
	H+N2PK	0,0543 ±0,0111	36,9449 ±25,9352	0,3732 ±0,0255	0,1255 ±0,0246
	N	0,0438 ±0,0166	41,9437 ±31,0308	0,3444 ±0,0177	0,0931 ±0,0326
Po sklizni	H	0,0405 ±0,0032	96,2055 ±39,9979	0,3401 ±0,0229	0,0645 ±0,0118
	H+N2PK	0,0430 ±0,0082	106,9955 ±56,8961	0,3561 ±0,0375	0,0617 ±0,0366
	N	0,0401 ±0,0026	114,6288 ±49,5973	0,3417 ±0,0140	0,0647 ±0,0092

Stanovením hodnot reziduální vlhkosti půdy bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty nehnojená a hnojená hnojem) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta hnůj+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojené (0,2406), dále následovala varianta hnojená hnojem (0,2391) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (0,2324). V období po sklizni byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,2347). Dále následovala varianta hnojená hnojem (0,1891) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty nehnojené (0,1515). Grafické znázornění na Obr. 18.



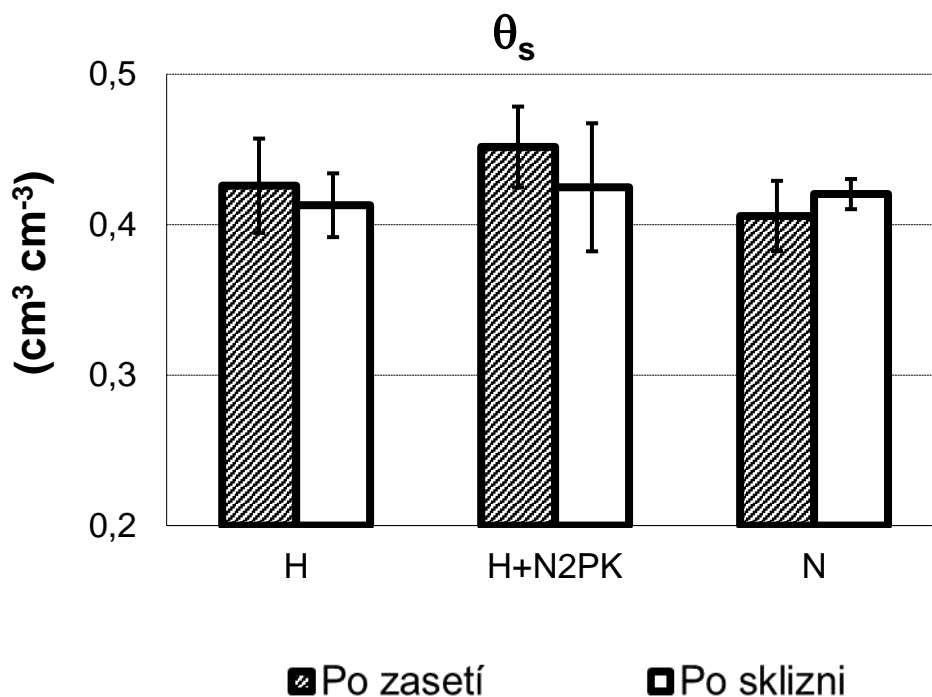
Obr. 18: Graf výsledných hodnot reziduální vlhkosti půdy (θ_r) pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot reziduální vlhkosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,004894$), jak ukazuje Obr. 19. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 6.



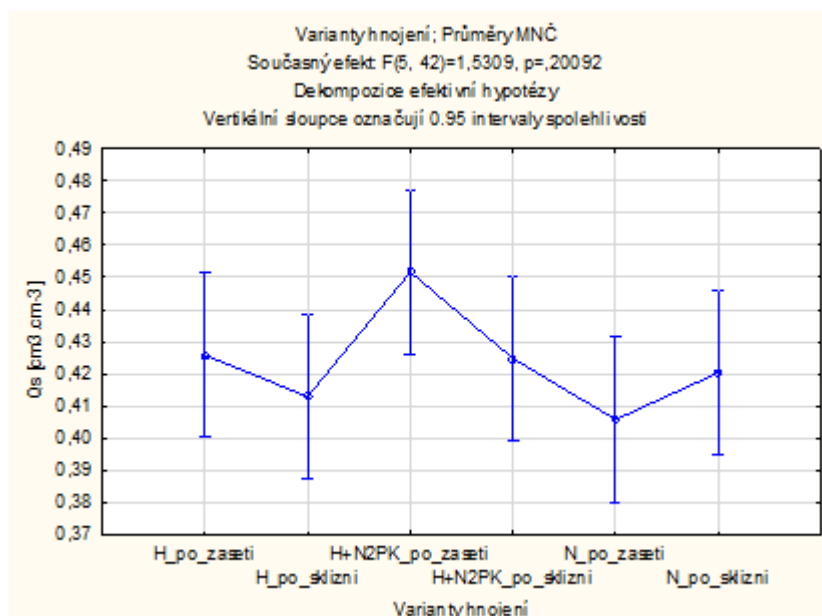
Obr. 19: Porovnání výsledků hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Stanovením hodnot nasycené vlhkosti půdy bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty H+N2PK a hnojená hnojem) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,4516), dále následovala varianta hnojená hnojem (0,4259) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,4058). V období po sklizni byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,4248). Dále následovala varianta nehnojená (0,4203) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty hnojené hnojem (0,4129). Grafické znázornění na Obr. 20.



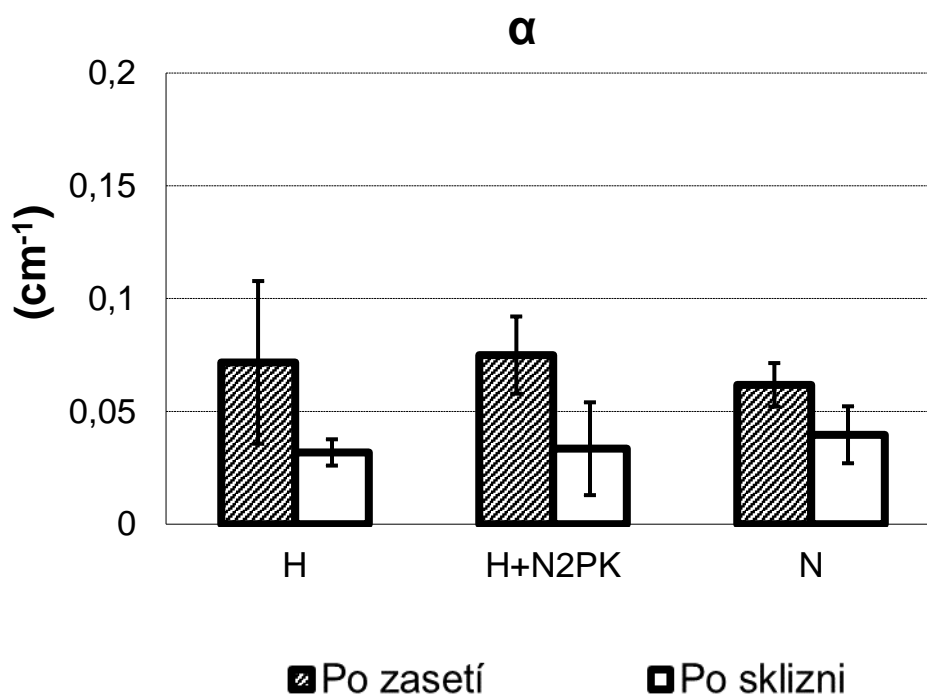
Obr. 20: Graf výsledných hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot nasycené vlhkosti půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,200924$), jak ukazuje Obr. 21. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 7.



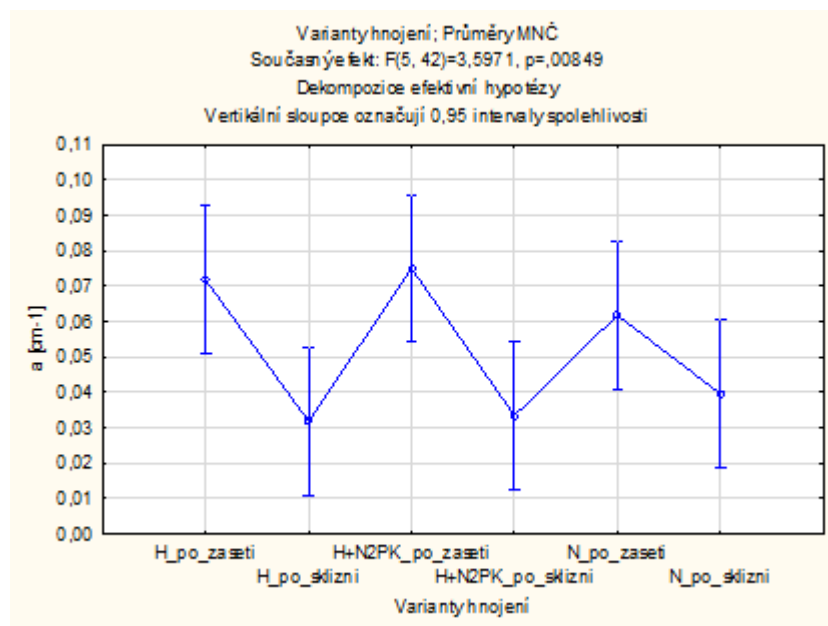
Obr. 21: Porovnání výsledků hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Optimalizací hodnot parametru α bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0750), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,0717) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,0618). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,0396), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,0335) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,0318). Grafické znázornění na Obr. 22.



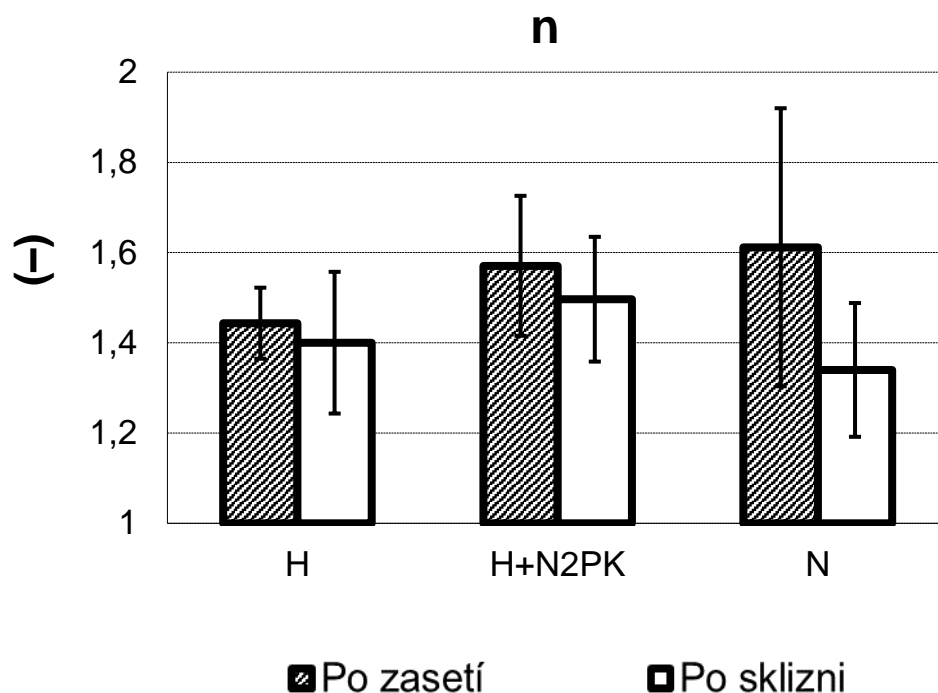
Obr. 22: Graf výsledných hodnot parametru α pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru α mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00849$), jak ukazuje Obr. 23. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 8.



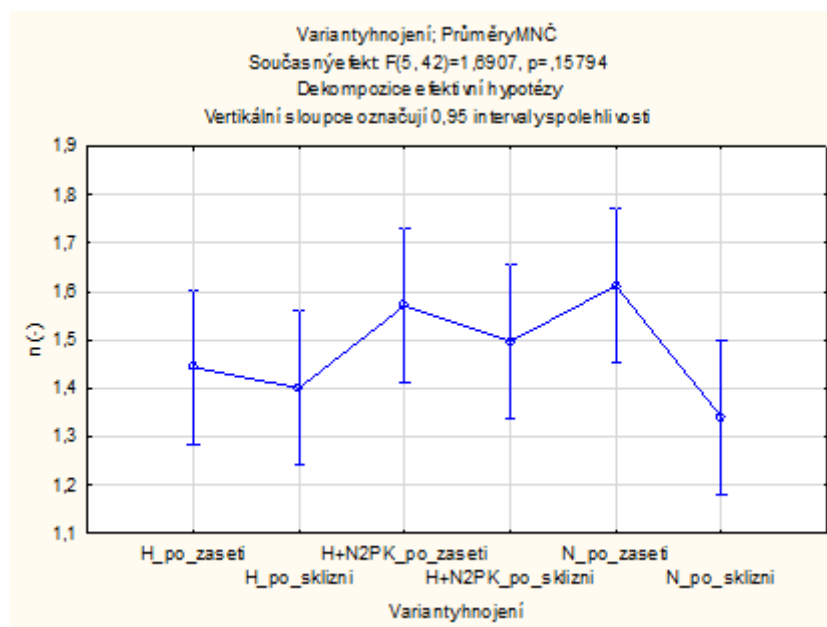
Obr. 23: Porovnání výsledků hodnot parametru a prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Optimalizací hodnot parametru n bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojené (1,6119), dále následoval varianta hnůj+N2PK (1,5709) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (1,4437). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (1,4968), dále následoval varianta hnojená hnojem (1,4004) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (1,3401). Grafické znázornění na Obr. 24.



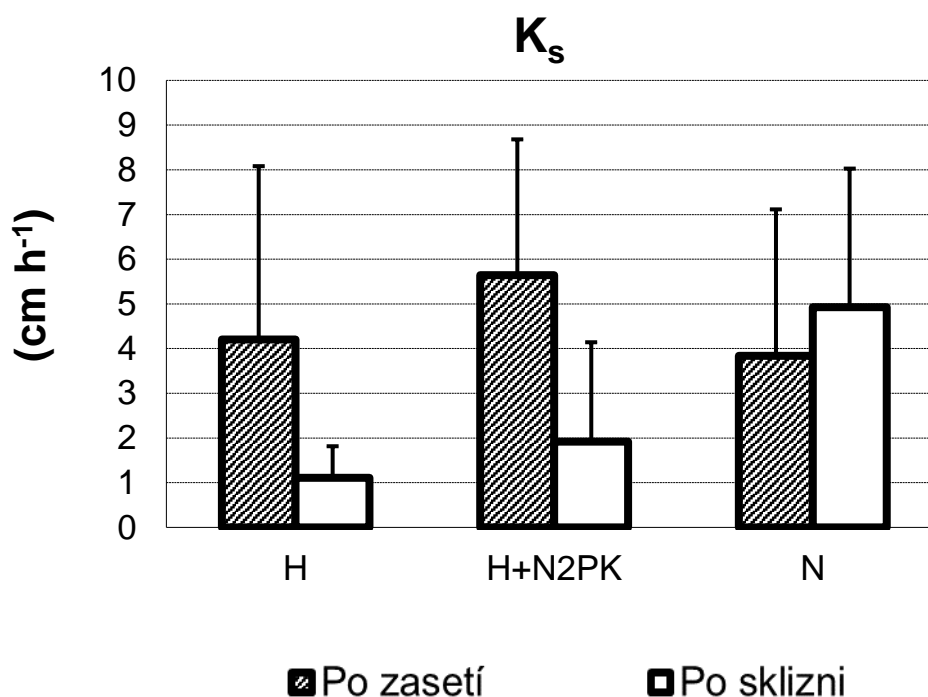
Obr. 24: Graf výsledných hodnot parametru n pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru n mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,15794$), jak ukazuje Obr. 25. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 9.



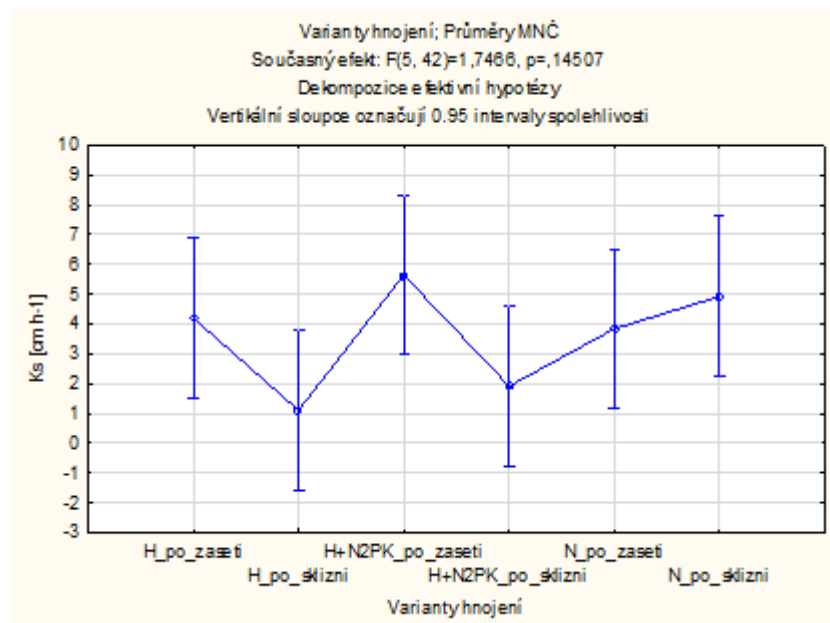
Obr. 25: Porovnání výsledků hodnot parametru n prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Optimalizací hodnot nasycené hydraulické vodivosti (K_s) bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnůj+N2PK a hnojená hnojem) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (5,6415), dále následoval varianta hnojená hnojem (4,2038) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (3,8414). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (4,9241), dále následoval varianta hnůj+N2PK (1,9163) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (1,1071). Grafické znázornění na Obr. 26.



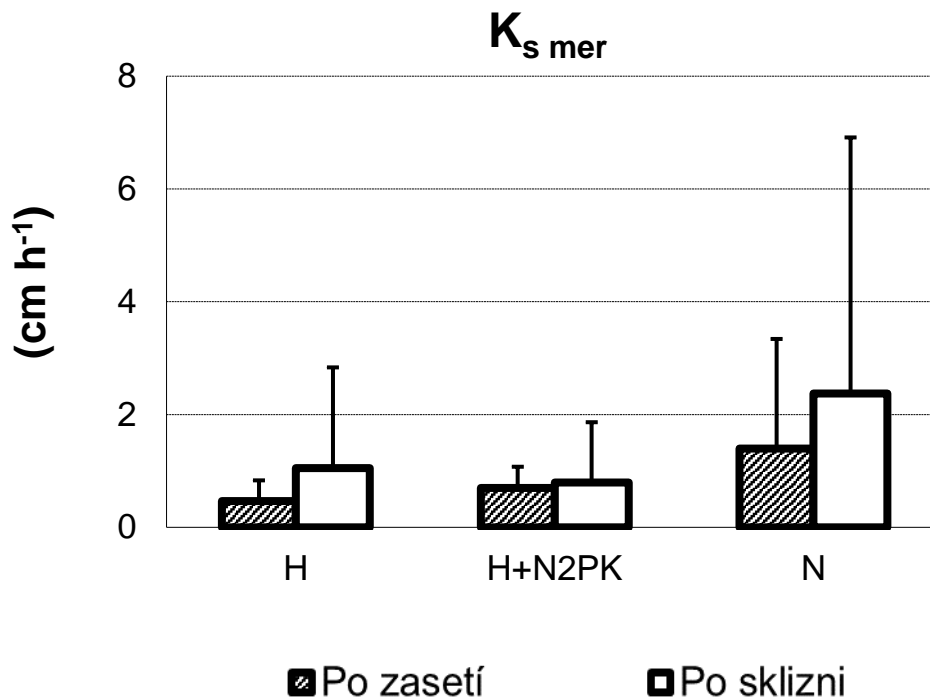
Obr. 26: Graf výsledných hodnot K_s pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot K_s mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,145073$), jak ukazuje Obr. 27. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 10.



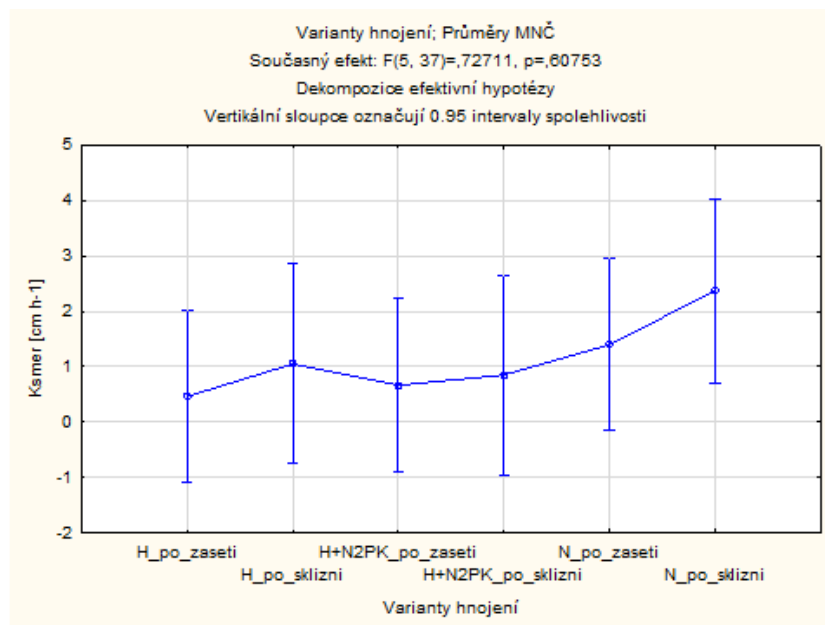
Obr. 27: Porovnání výsledků hodnot K_s prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Měřením hodnot nasycené hydraulické vodivosti (K_{smer}) bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty nehnojené (2,3733), dále následoval varianta hnojená hnojem (1,0521) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (0,7933). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (1,3977), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,6981) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,4642). Grafické znázornění na Obr. 28.



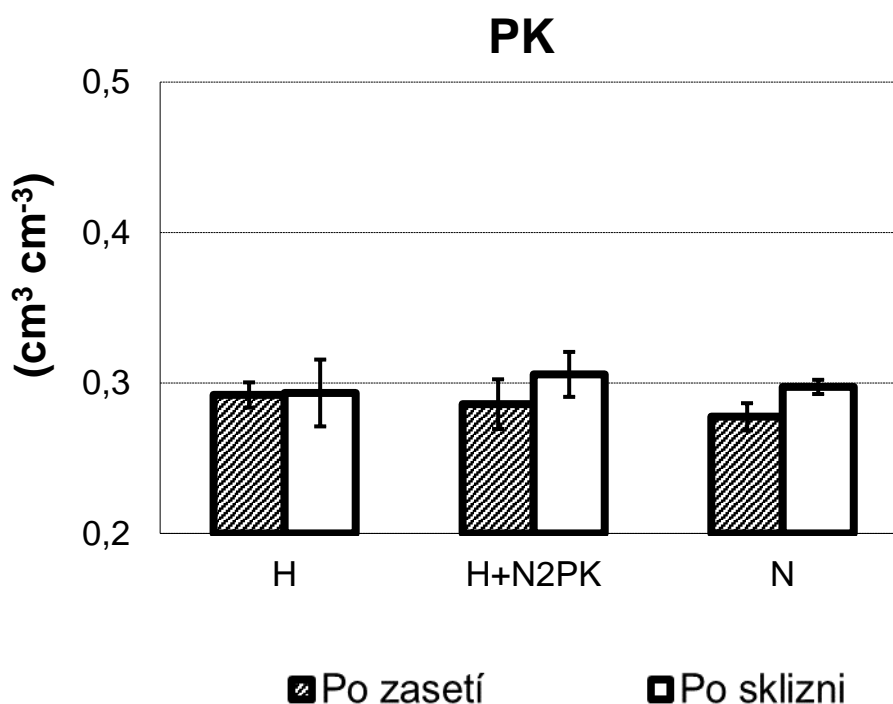
Obr. 28: Graf výsledných hodnot K_{smer} pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot K_{smer} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,999012$), jak ukazuje Obr. 29. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 11.



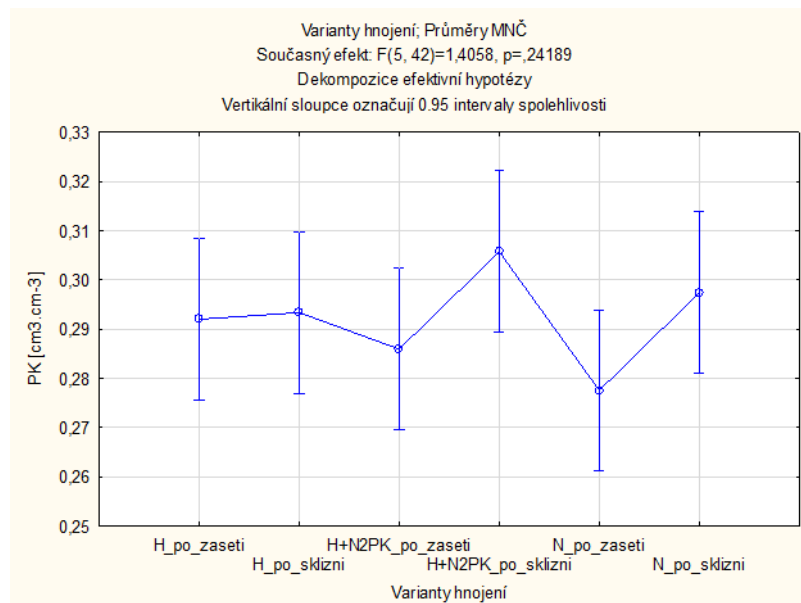
Obr. 29: Porovnání výsledků hodnot K_{smer} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Stanovením hodnot polní kapacity bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,3057), dále následoval varianta nehnojená (0,2974) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,2933). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,2920), dále následovala varianta hnůj+N2PK (0,2859) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,2725). Grafické znázornění na Obr. 30.



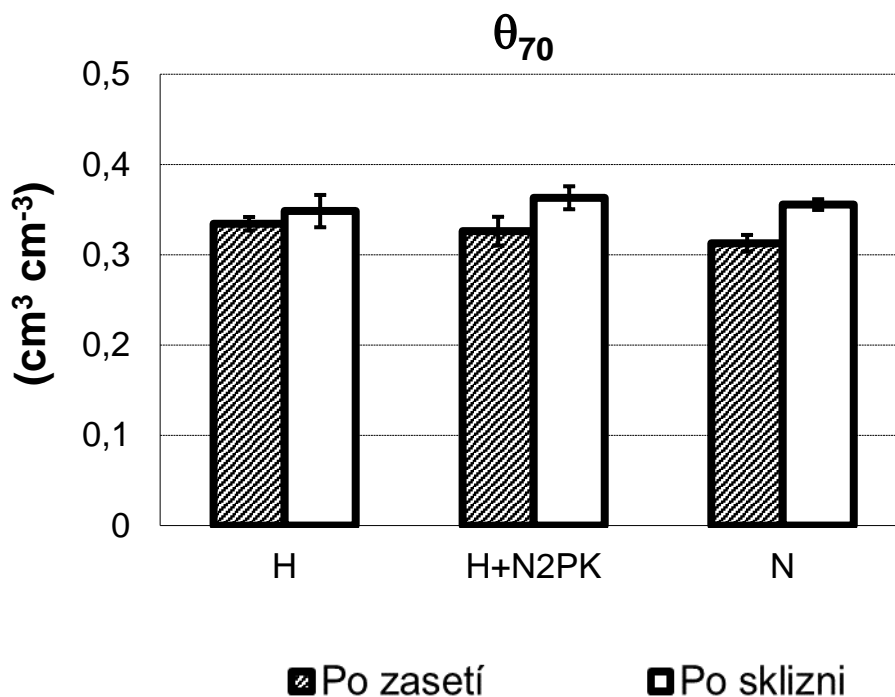
Obr. 30: Graf výsledných hodnot polní kapacity (PK) pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot polní kapacity půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,24189$), jak ukazuje Obr. 31. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 12.



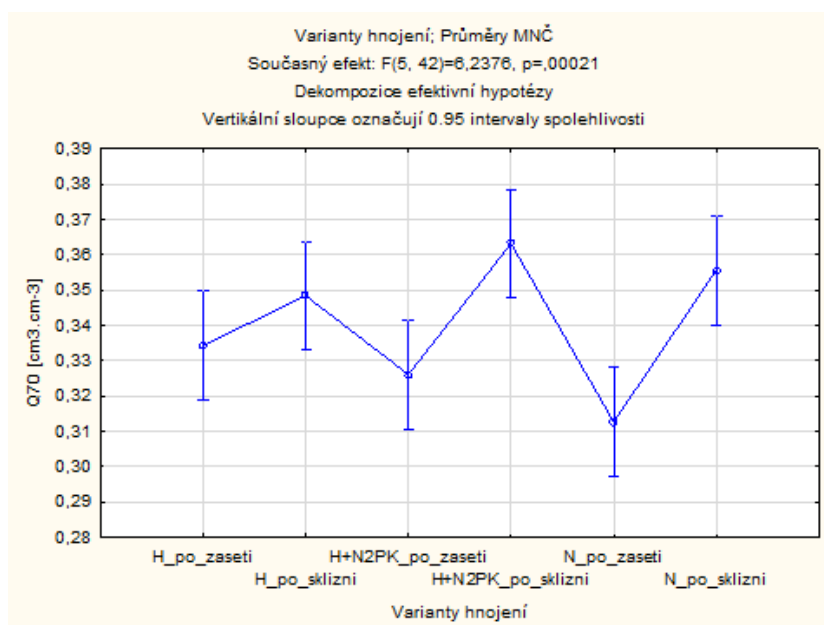
Obr. 31: Porovnání výsledků hodnot polní kapacity (PK) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Stanovením hodnot θ_{70} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,3631), dále následoval varianta nehnojená (0,3556) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,3484). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,3343), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,3261) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,3127). Grafické znázornění na Obr. 32.



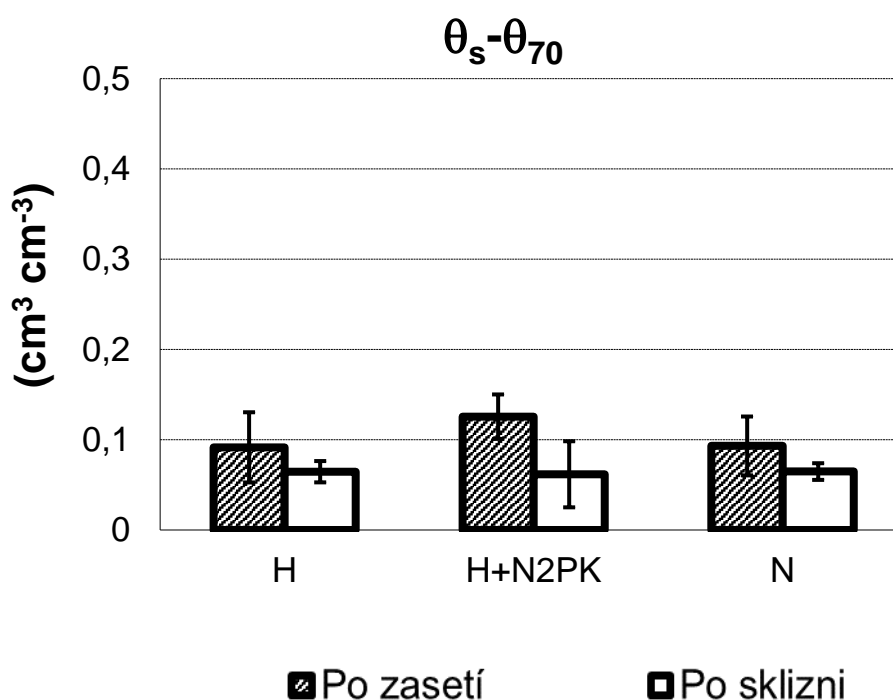
Obr. 32: Graf výsledných hodnot θ_{70} pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{70} mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,000207$), jak ukazuje Obr. 33. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 13.



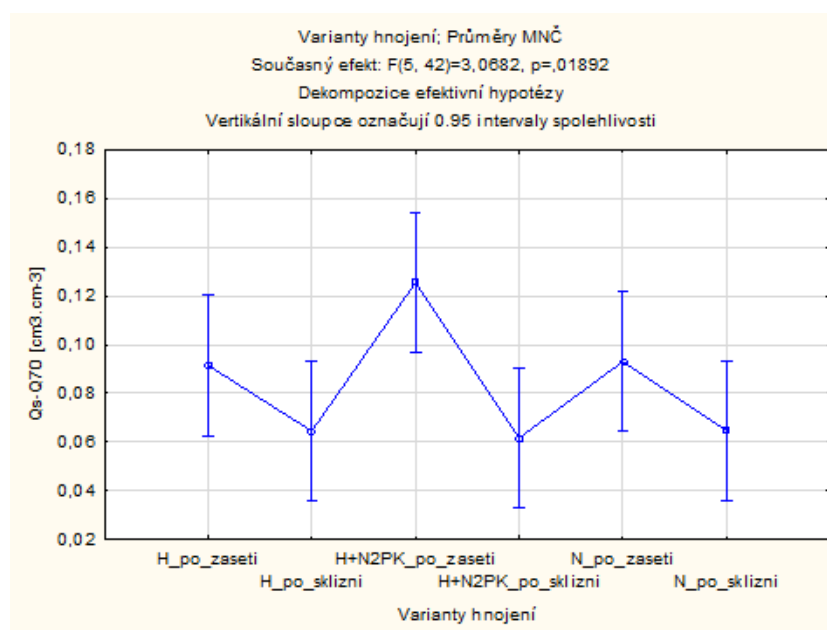
Obr. 33: Porovnání výsledků hodnot θ_{70} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Stanovením hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,1255), dále následoval varianta nehnojená (0,0931) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0915). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,0647), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,0645) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0617). Grafické znázornění na Obr. 34.



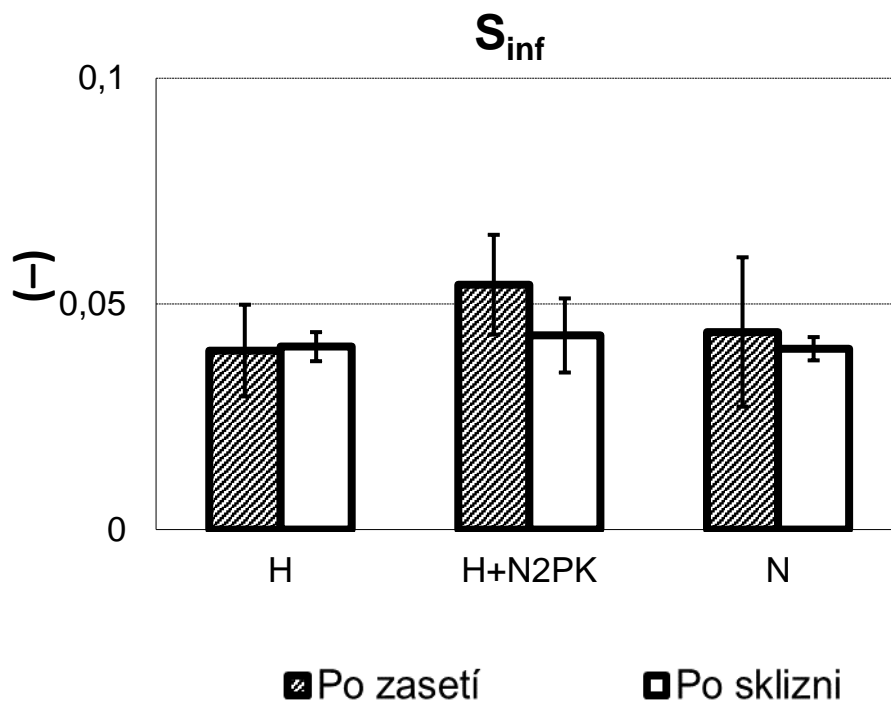
Obr. 34: Graf výsledných hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,018924$), jak ukazuje Obr. 35. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 14.



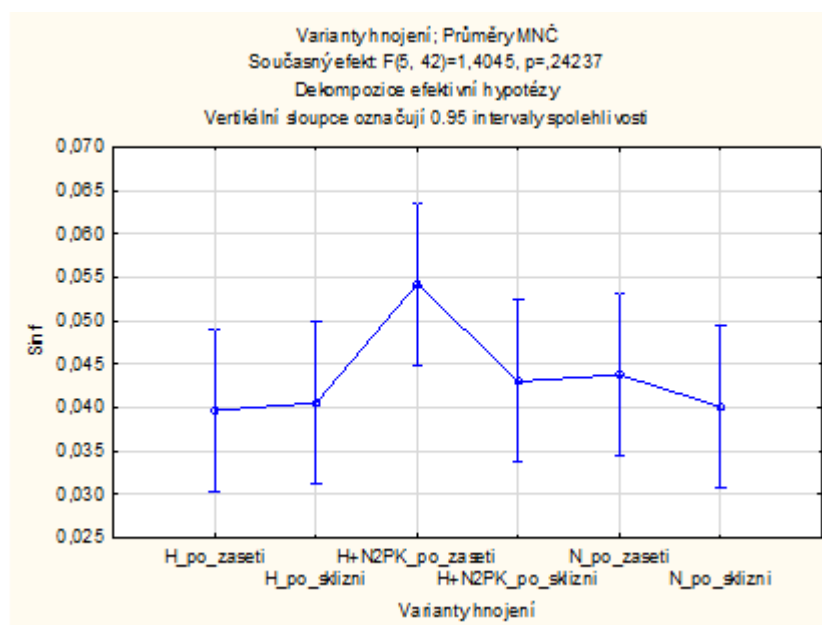
Obr. 35: Porovnání výsledků hodnot $\theta_s-\theta_{70}$ prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Určením hodnot sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}) bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty H+N2PK a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta hnojená hnojem). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0543), dále následoval varianta nehnojená (0,0438) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0397). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,0430), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,0405) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,0401). Grafické znázornění na Obr. 36.



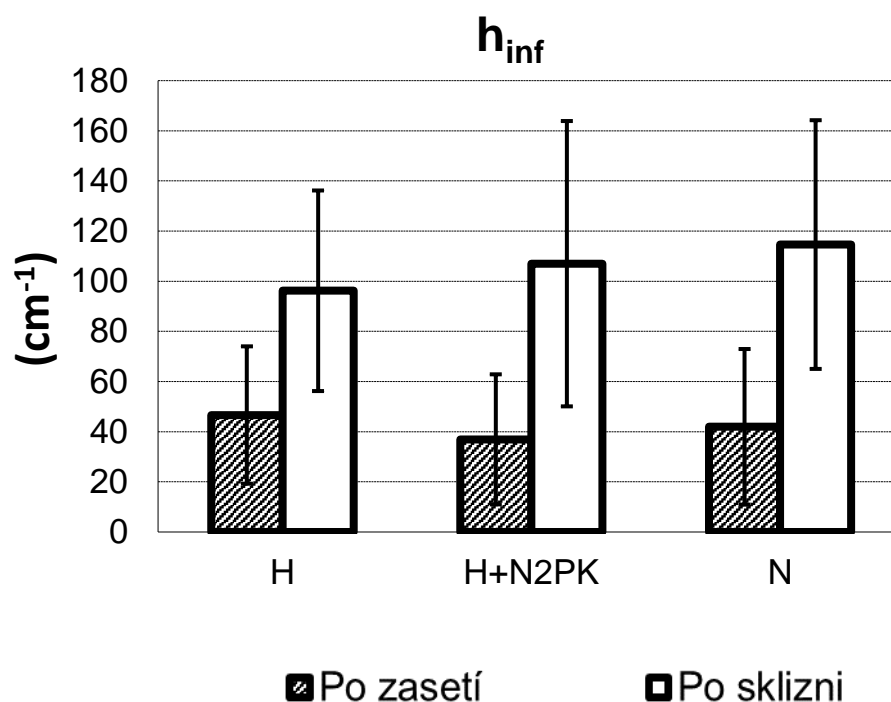
Obr. 36: Graf výsledných hodnot S_{INF} pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot S_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,24237$), jak ukazuje Obr. 37. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 15.



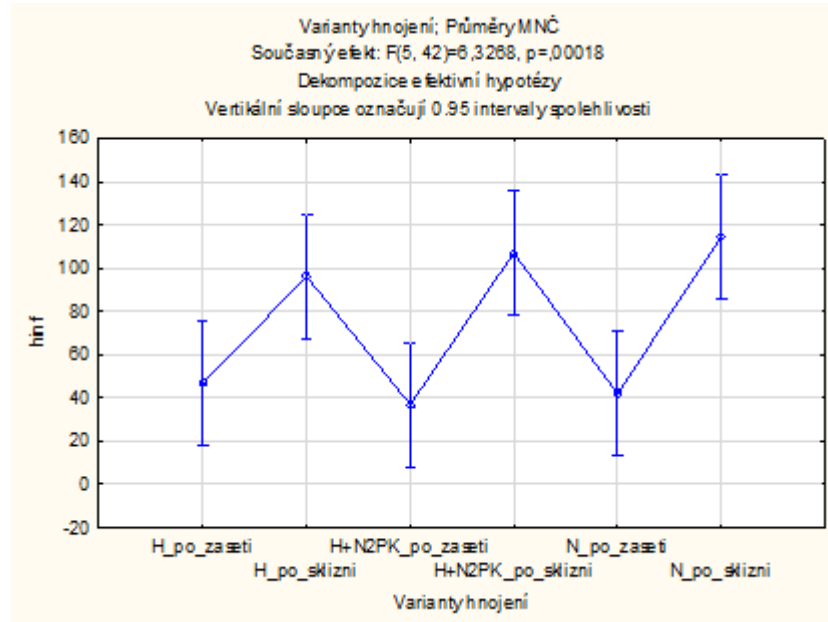
Obr. 37: Porovnání výsledků hodnot S_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Určením hodnot h_{INF} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty nehnojené (114,63), dále následoval varianta hnůj+N2PK (107,00) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (96,21). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (46,65), dále následoval varianta nehnojená (41,94) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (36,94). Grafické znázornění na Obr. 38.



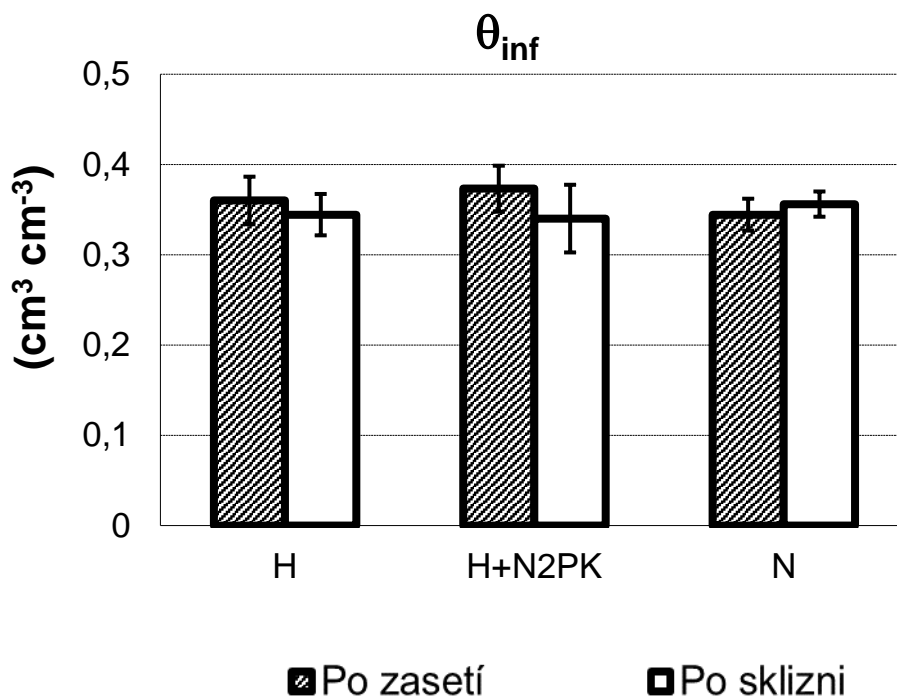
Obr. 38: Graf výsledných hodnot h_{INF} pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot h_{INF} mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00018$), jak ukazuje Obr. 39. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 16.



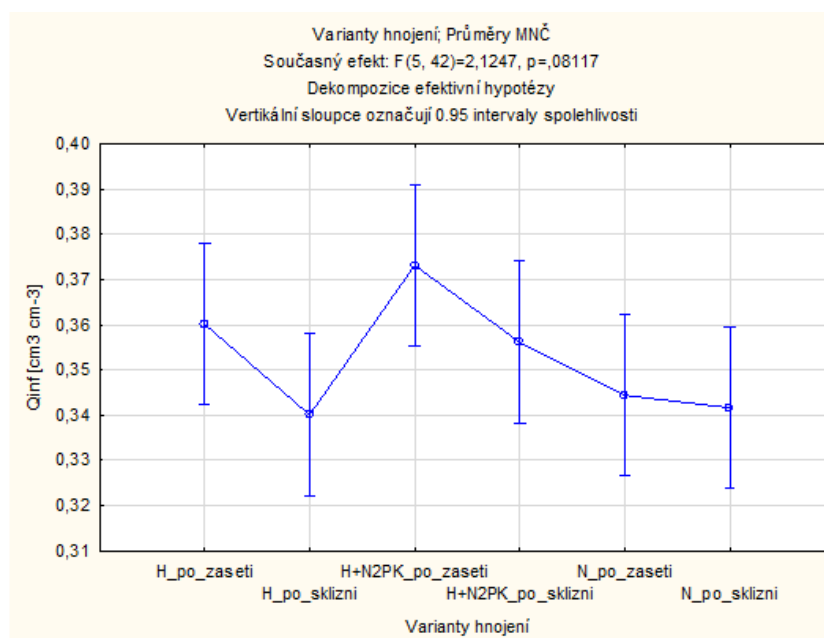
Obr. 39: Porovnání výsledků hodnot h_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Určením hodnot θ_{INF} bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty H+N2PK a hnojená hnojem) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,373), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,360) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,344). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,356), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,344) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,356). Grafické znázornění na Obr. 40.



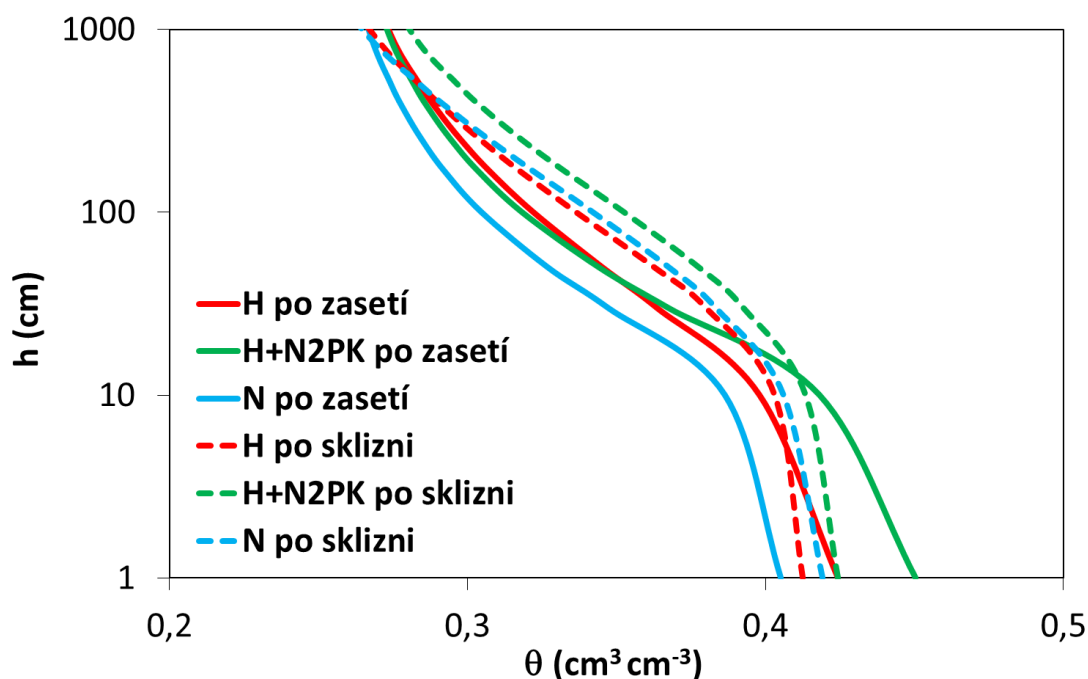
Obr. 40: Graf výsledných hodnot θ_{INF} pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,999012$), jak ukazuje Obr. 41. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 17.



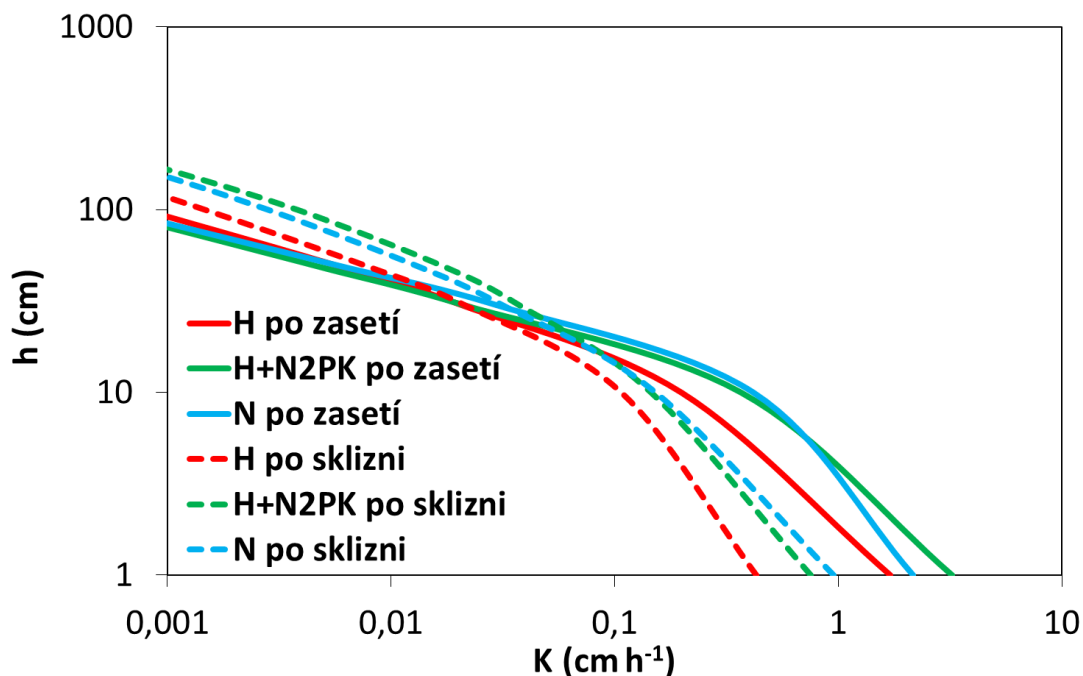
Obr. 41: Porovnání výsledků hodnot θ_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Retenční čáry (průměrné hodnoty) jednotlivých postupů hnojení a jejich rozdílné tvary po zasetí a po sklizni kukuřice lze vidět na Obr. 42.



Obr. 42: Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro období po zasetí (plná čára) a sklizni (čárkovaná čára) kukuřice na lokalitě Ivanovice.

Křivky hydraulických vodivostí (průměrné hodnoty) pro jednotlivé postupy hnojení a jejich rozdílné tvary po zasetí a sklizni kukuřice lze vidět na Obr. 43.



Obr. 43: Tvary křivek hydraulických vodivostí (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro období po zasetí (plná čára) a sklizni (čárkovaná čára) kukuřice na lokalitě Ivanovice.

5.1.2.2 Přebíakový aparát

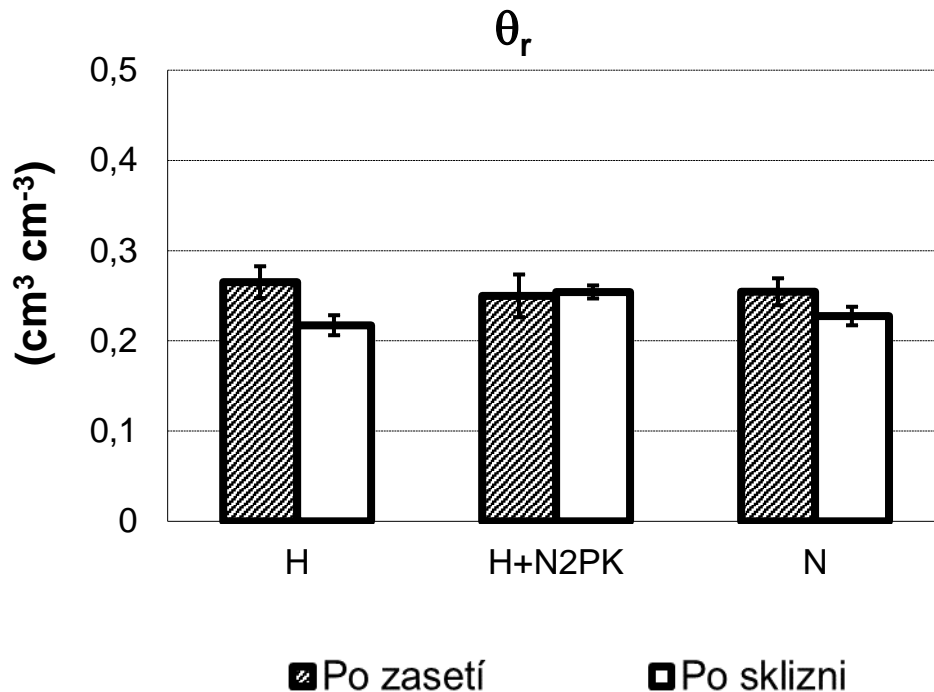
Výsledné průměrné hodnoty hydraulických parametrů, charakteristik popisující půdní pórový systém a parametrů inflexních bodů a jejich směrodatné odchylky pro lokalitu Ivanovice získané z přebíakového aparátu jsou uvedeny v Tab. 6.

Tab. 6: Výsledné hodnoty reziduální vlhkosti (θ_r), nasycené vlhkosti (θ_s), α , n , polní kapacity (PK), θ_{70} , $\theta_s - \theta_{70}$, S_{INF} , h_{INF} , θ_{INF} s jejich směrodatnými odchylkami pro lokalitu Ivanovice získané z přebíakového aparátu.

Období	Var.	θ_r [cm ³ cm ⁻³]	θ_s [cm ³ cm ⁻³]	α [cm ⁻¹]	n [-]
Po zasetí	H	0,2651 ±0,0176	0,3886 ±0,0051	0,0241 ±0,0133	1,3698 ±0,1127
	H+N2PK	0,2499 ±0,0236	0,3931 ±0,0063	0,0303 ±0,0145	1,3610 ±0,1118
	N	0,2544 ±0,0149	0,3766 ±0,0086	0,0206 ±0,0119	1,4067 ±0,0924
Po sklizni	H	0,2173 ±0,0111	0,3907 ±0,0077	0,0241 ±0,0060	1,3164 ±0,0395
	H+N2PK	0,2542 ±0,0072	0,3986 ±0,0069	0,0188 ±0,0036	1,5220 ±0,0695
	N	0,2275 ±0,0103	0,3814 ±0,0044	0,0272 ±0,0050	1,3817 ±0,0610
Období	Var.	PK [cm ³ cm ⁻³]	θ_{70} [cm ³ cm ⁻³]	$\theta_s - \theta_{70}$ [cm ³ cm ⁻³]	
Po zasetí	H	0,3113 ±0,0065	0,3487 ±0,0082	0,0585 ±0,0227	
	H+N2PK	0,3034 ±0,0121	0,3419 ±0,0117	0,0805 ±0,0162	
	N	0,2966 ±0,0089	0,3310 ±0,0096	0,0602 ±0,0218	
Po sklizni	H	0,3001 ±0,0137	0,3498 ±0,0115	0,0520 ±0,0094	
	H+N2PK	0,3089 ±0,0098	0,3621 ±0,0073	0,0497 ±0,0210	
	N	0,2961 ±0,0055	0,3468 ±0,0059	0,0540 ±0,0080	
Období	Var.	S_{INF} [-]	h_{INF} [cm]	θ_{INF} [cm ³ cm ⁻³]	
Po zasetí	H	0,0310 ±0,0065	100,3966 ±42,7881	0,3543 ±0,0162	
	H+N2PK	0,0399 ±0,0068	78,3455 ±36,0869	0,3601 ±0,0188	
	N	0,0341 ±0,0098	120,2707 ±94,5409	0,3396 ±0,0116	
Po sklizni	H	0,0351 ±0,0026	113,3145 ±37,1121	0,3372 ±0,0147	
	H+N2PK	0,0389 ±0,0059	116,5785 ±52,7896	0,3506 ±0,0227	
	N	0,0350 ±0,0024	107,5715 ±38,1707	0,3351 ±0,0103	

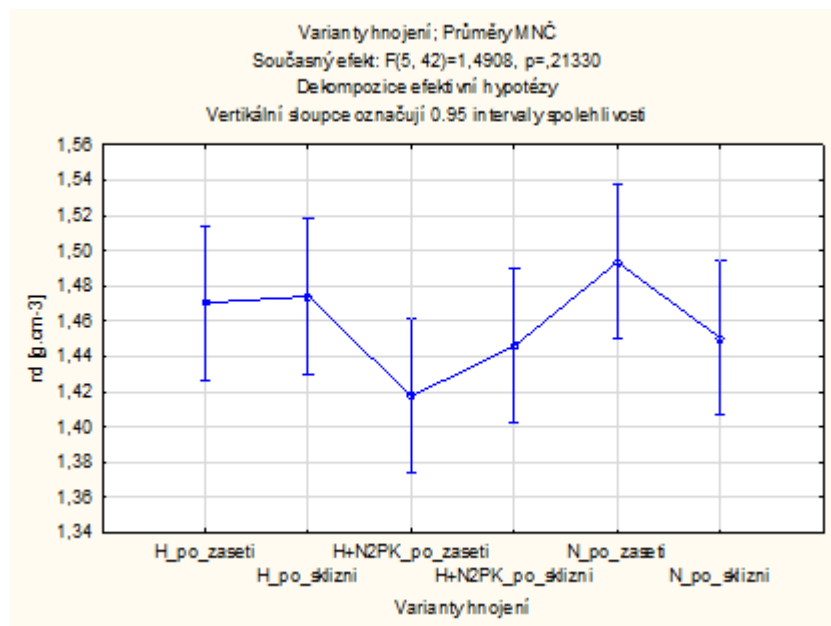
Stanovením hodnot reziduální vlhkosti bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnojená hnojem a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta hnůj+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,2651), dále následoval varianta nehnojená (0,2544) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta

hnůj+N2PK (0,2499). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,2542), dále následoval varianta nehnojená (0,2275) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,2173). Grafické znázornění na Obr. 44.



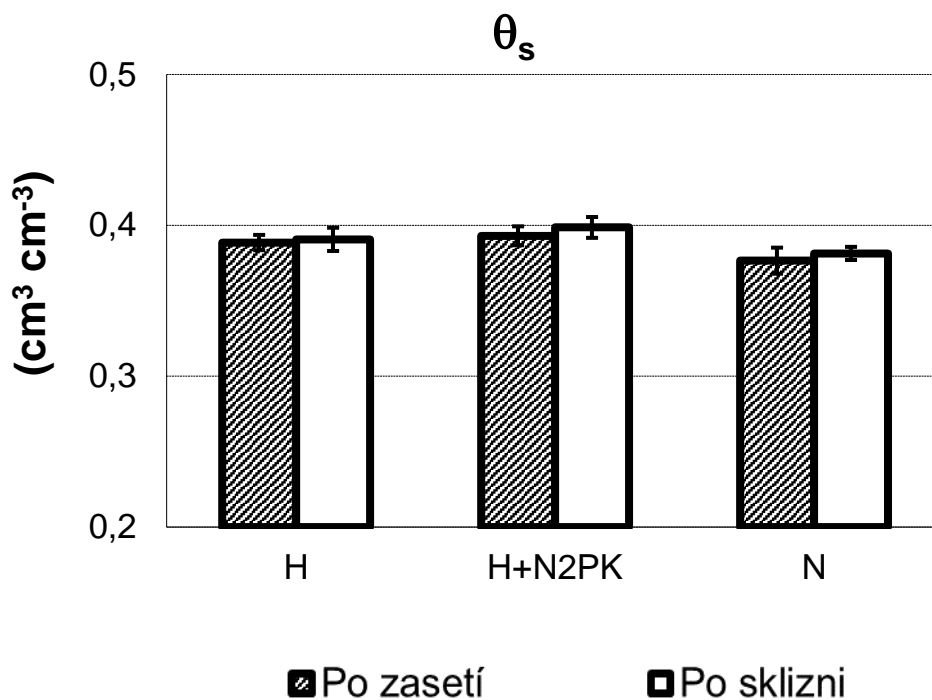
Obr. 44: Graf výsledných hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot reziduální vlhkosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00011$), jak ukazuje Obr. 45. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 18.



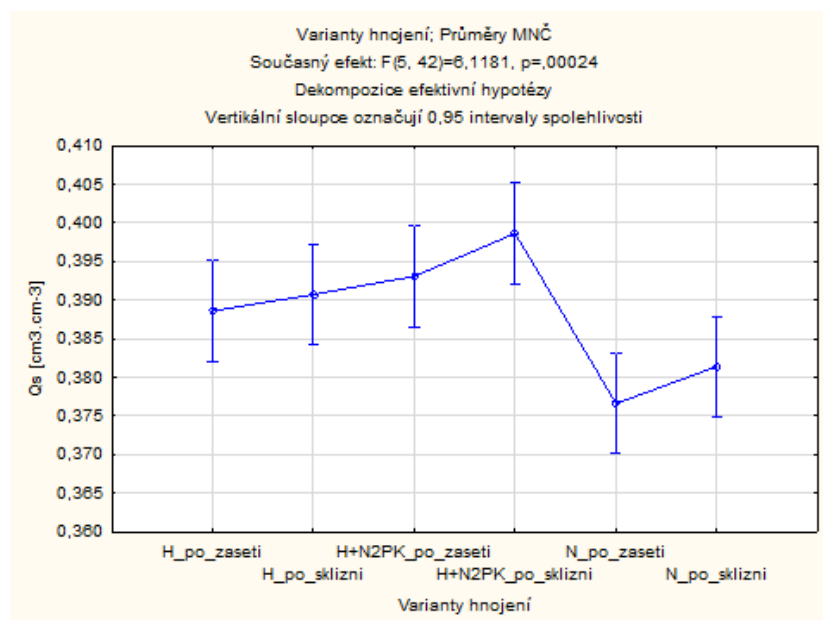
Obr. 45: Porovnání výsledků hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Stanovením hodnot nasycené vlhkosti bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,3986), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,3907) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,3814). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,3931), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,3886) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,3766). Grafické znázornění na Obr. 46.



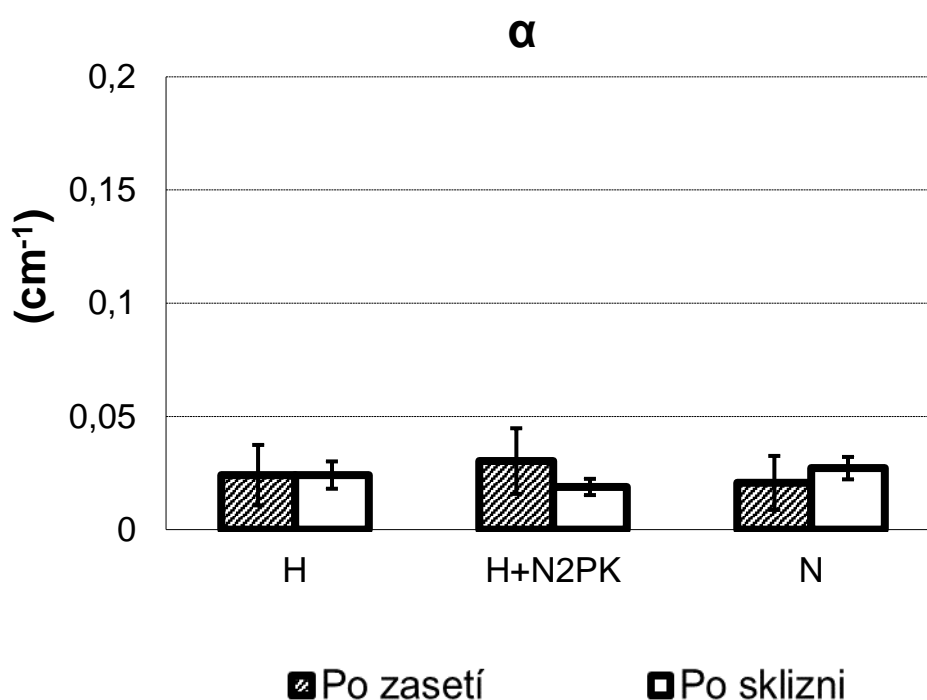
Obr. 46: Graf výsledných hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot nasycené vlhkosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,000242$), jak ukazuje Obr. 47. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 19.



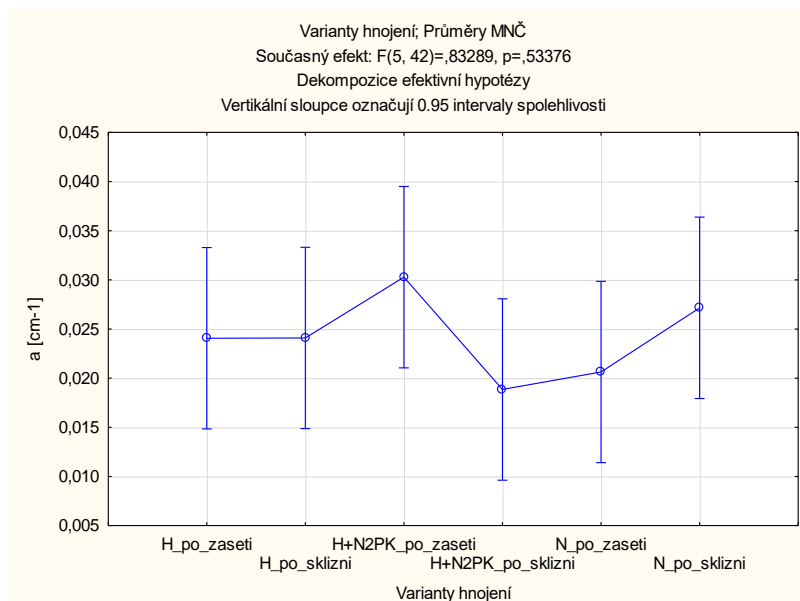
Obr. 47: Porovnání výsledků hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Optimalizací hodnot parametru α bylo zjištěno, že u jedné varianty hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianta hnůj+N2PK), v jedné variantě hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianta nehnojená) a u jedné varianty hnojení se naměřené hodnoty v období po zasetí i po sklizni rovnaly. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0303), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,0241) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,0206). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,0272), dále následoval varianta hnojené hnojem (0,0241) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0188). Grafické znázornění na Obr. 48.



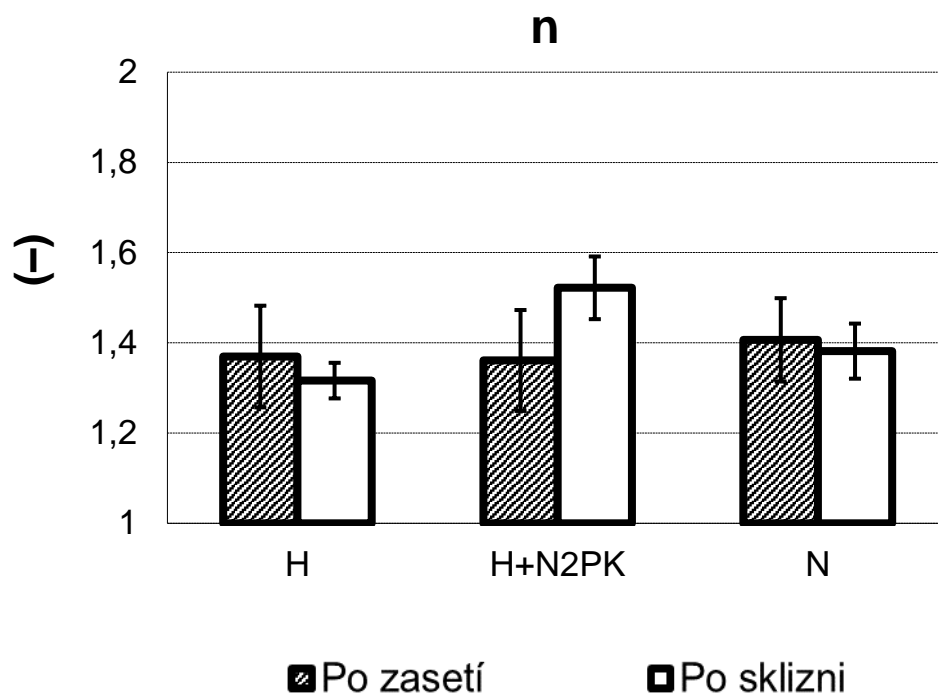
Obr. 48: Graf výsledných hodnot parametru α pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru α mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,999012$), jak ukazuje Obr. 49. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 20.



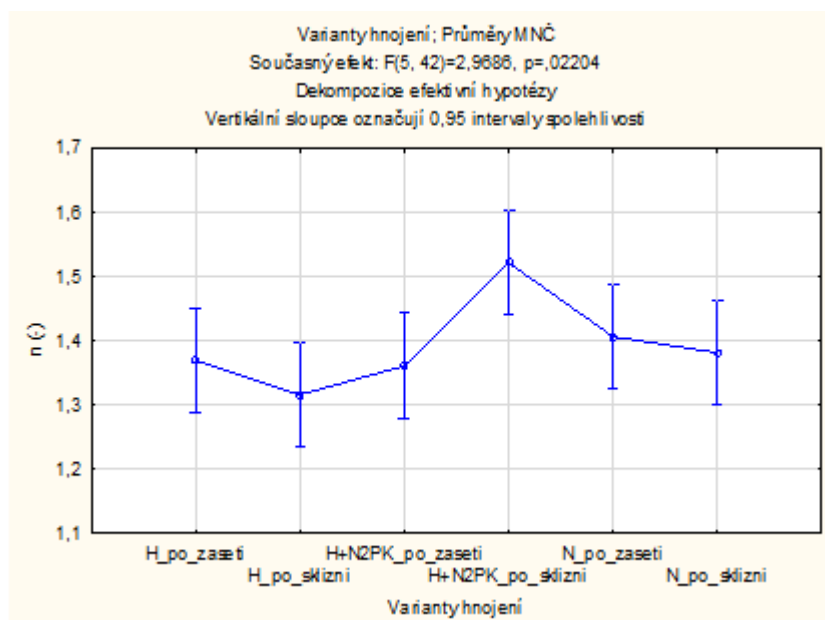
Obr. 49: Porovnání výsledků hodnot parametru a prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Optimalizací hodnot parametru n bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnojená hnojem a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta hnůj+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojené (1,4167), dále následoval varianta hnojená hnojem (1,3698) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (1,3610). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (1,5220), dále následoval varianta nehnojená (1,3817) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (1,3164). Grafické znázornění na Obr. 50.



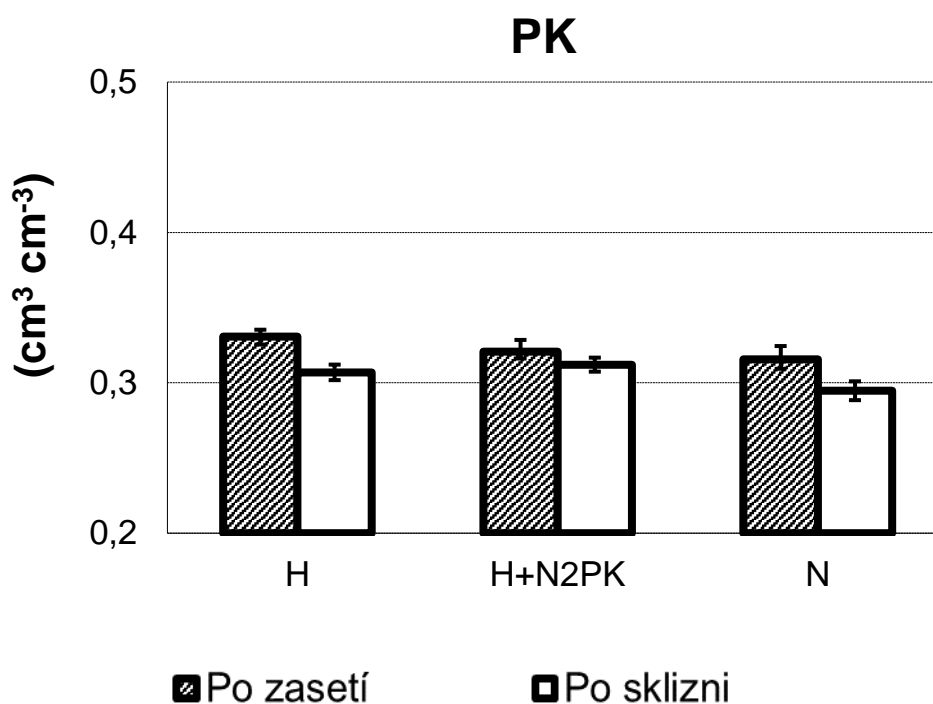
Obr. 50: Graf výsledných hodnot parametru n pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru n mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,022044$), jak ukazuje Obr. 51. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 21.



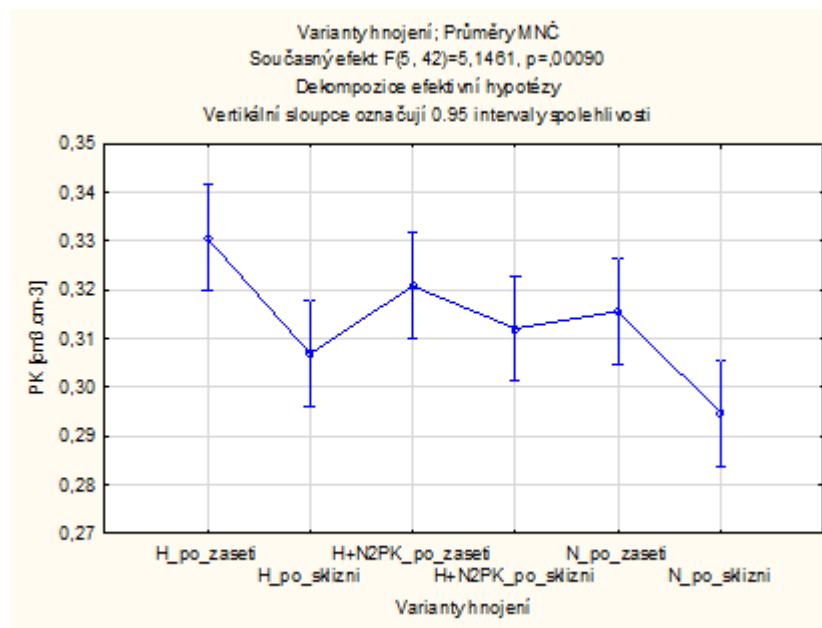
Obr. 51: Porovnání výsledků hodnot parametru n prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Stanovením hodnot polní kapacity bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,3306), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,3208) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,3156). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,3121), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,3069) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,2947). Grafické znázornění na Obr. 52.



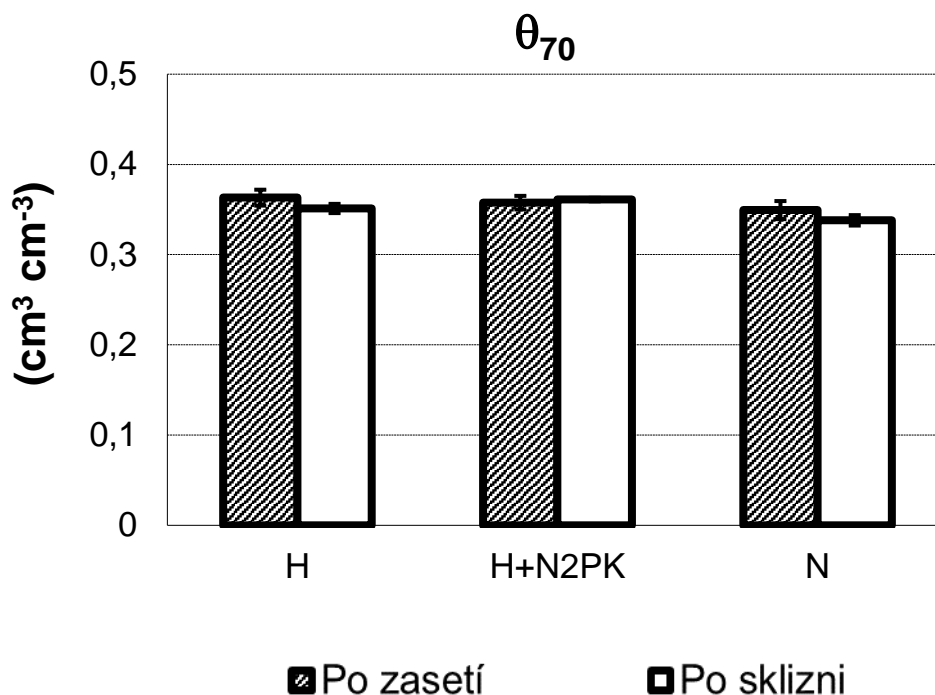
Obr. 52: Graf výsledných hodnot polní kapacity (PK) pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot polní kapacity půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00090$), jak ukazuje Obr. 53. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 22.



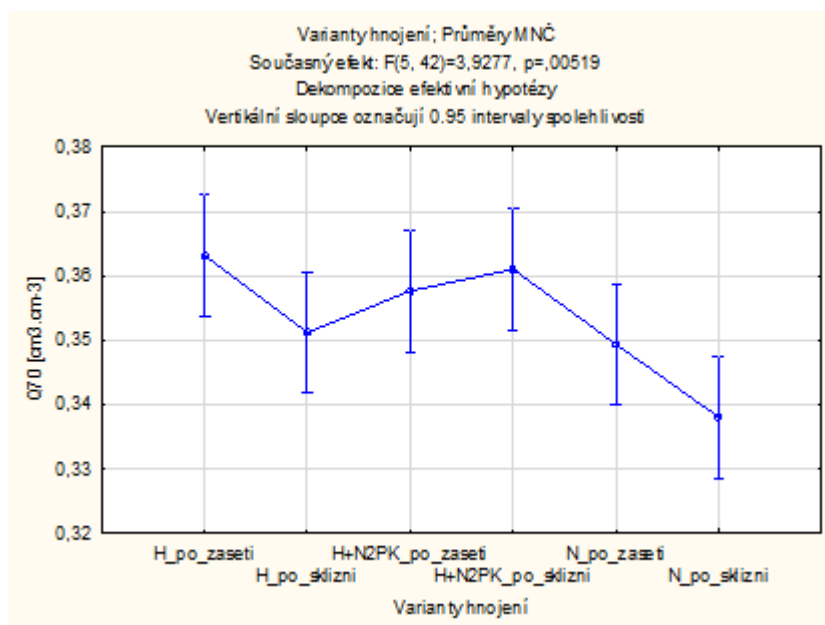
Obr. 53: Porovnání výsledků hodnot polní kapacity (PK) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Stanovením hodnot θ_{70} bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnojená hnojem a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta hnůj+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,3632), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,3576) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,3494). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,3610), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,3512) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,3380). Grafické znázornění na Obr. 54.



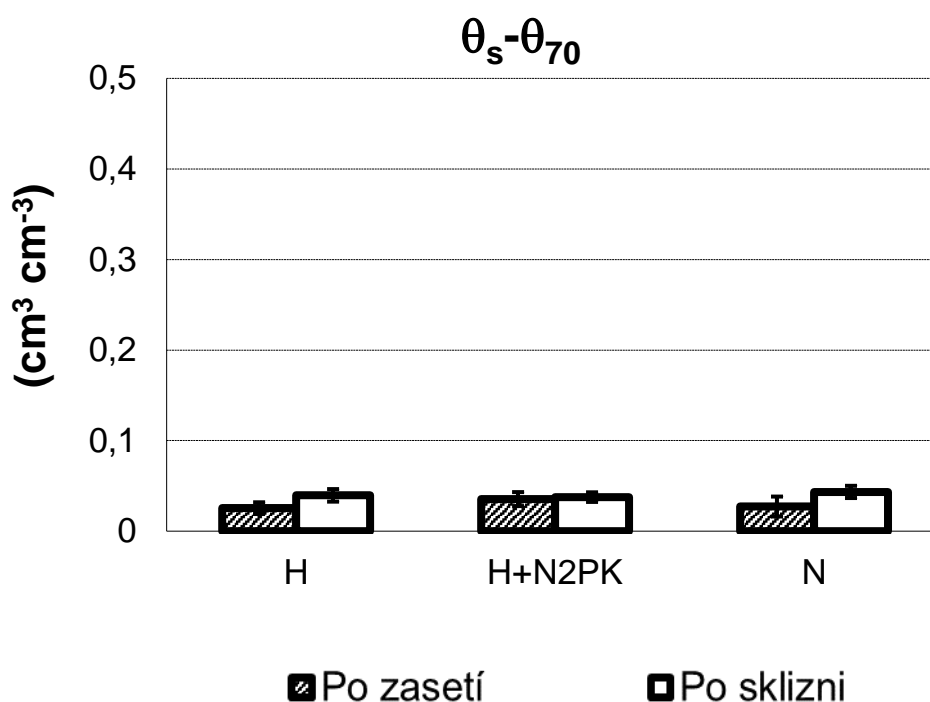
Obr. 54: Graf výsledných hodnot θ_{70} pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{70} mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00519$), jak ukazuje Obr. 55. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 23.



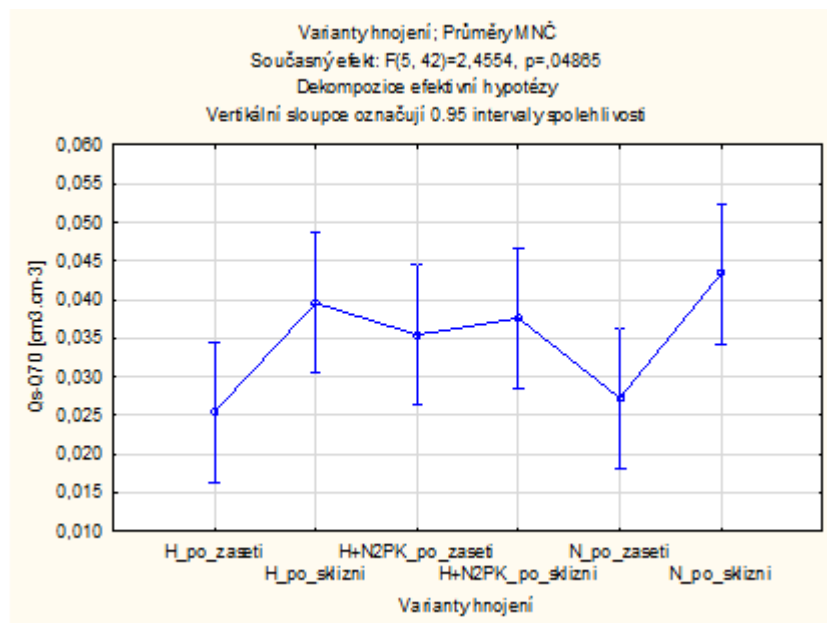
Obr. 55: Porovnání výsledků hodnot θ_{70} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Stanovením hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty nehnojená (0,0434), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,0395) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (0,0376). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,0354), dále následovala varianta nehnojená (0,0272) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnoje (0,0254). Grafické znázornění na Obr. 56.



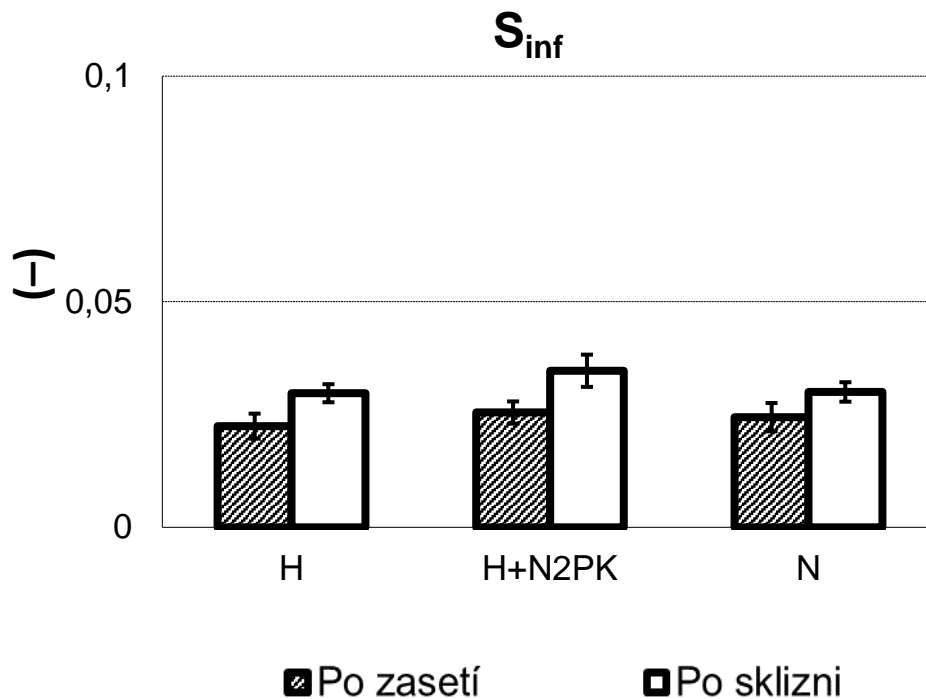
Obr. 56: Graf výsledných hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,04865$), jak ukazuje Obr. 57. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 24.



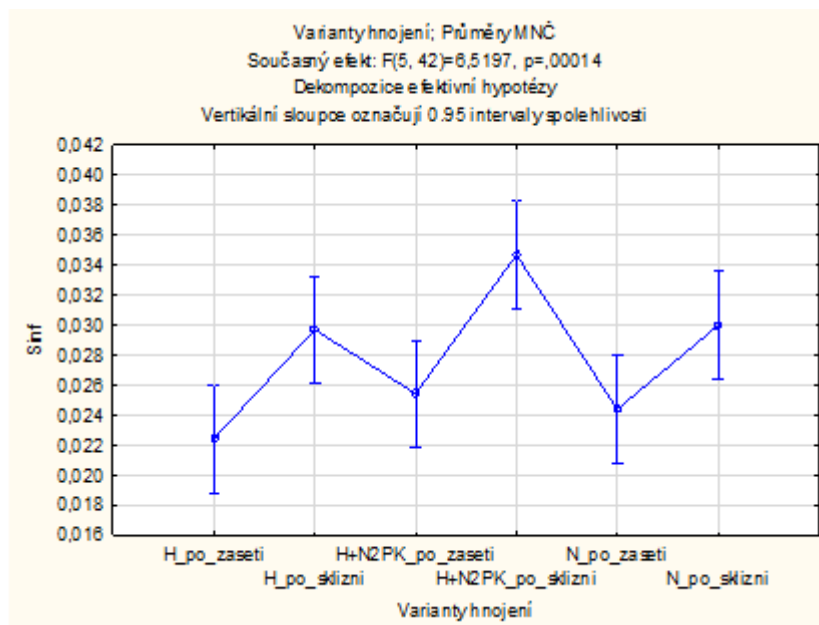
Obr. 57: Porovnání výsledků hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Určením hodnot sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}) bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0347), dále následoval varianta nehnojená (0,0300) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0297). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,0254), dále následovaly varianty hnojená hnojem a nehnojená, u kterých byly naměřeny stejné hodnoty (0,0244). Grafické znázornění na Obr. 58.



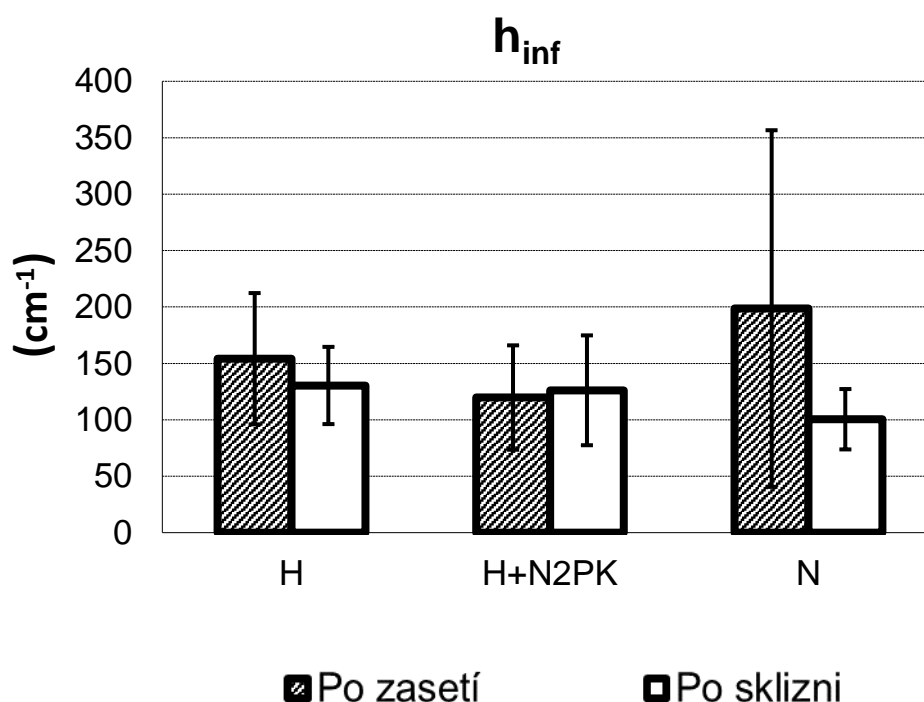
Obr. 58: Graf výsledných hodnot S_{INF} pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot S_{INF} mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00014$), jak ukazuje Obr. 59. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 25.



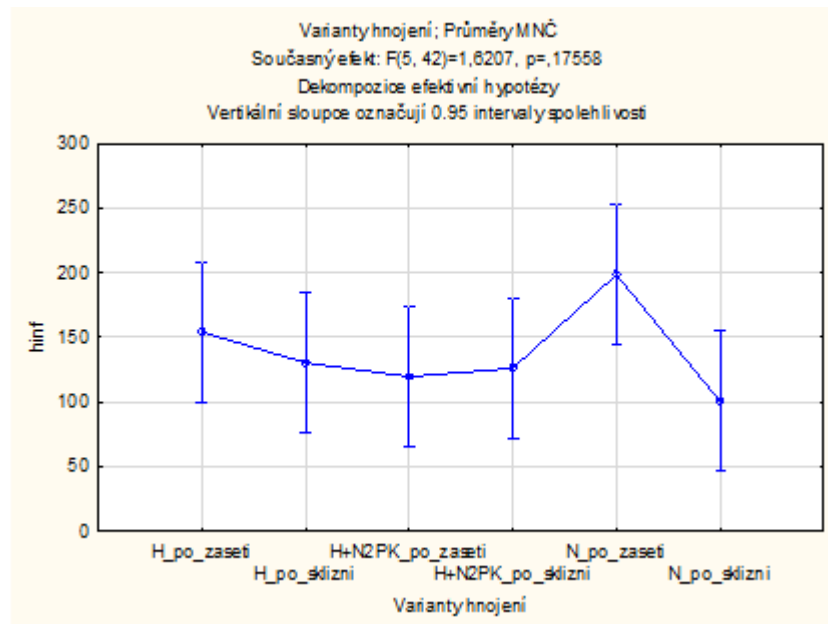
Obr. 59: Porovnání výsledků hodnot S_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Určením hodnot h_{INF} bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnojená hnojem a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta hnůj+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojené (198,60), dále následoval varianta hnojená hnojem (154,15) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (119,75). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (130,42), dále následoval varianta hnůj+N2PK (126,16) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (100,51). Grafické znázornění na Obr. 60.



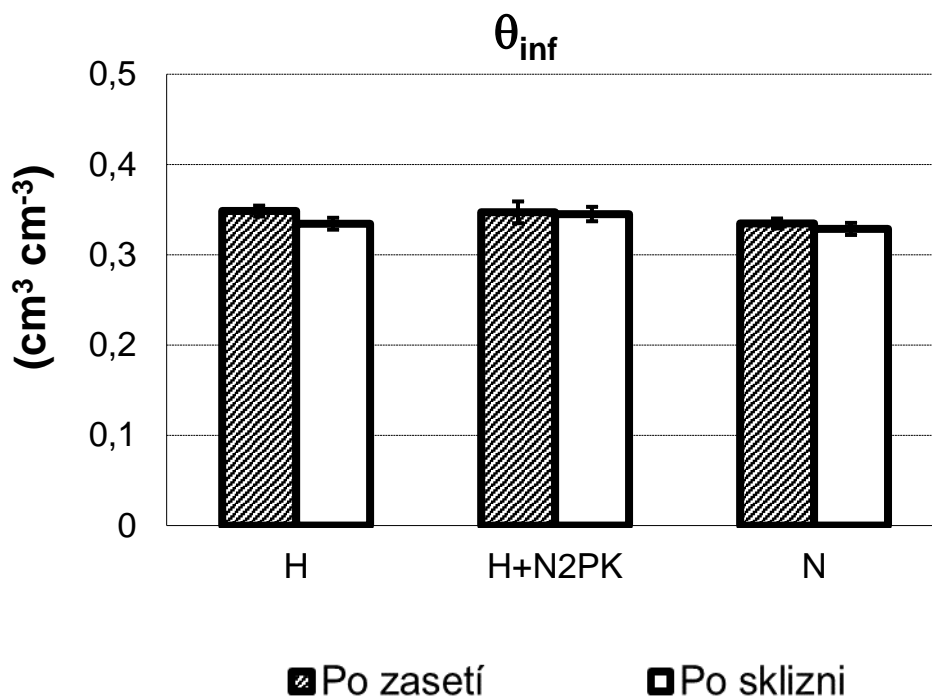
Obr. 60: Graf výsledných hodnot h_{INF} pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot h_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,17558$), jak ukazuje Obr. 61. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 26.



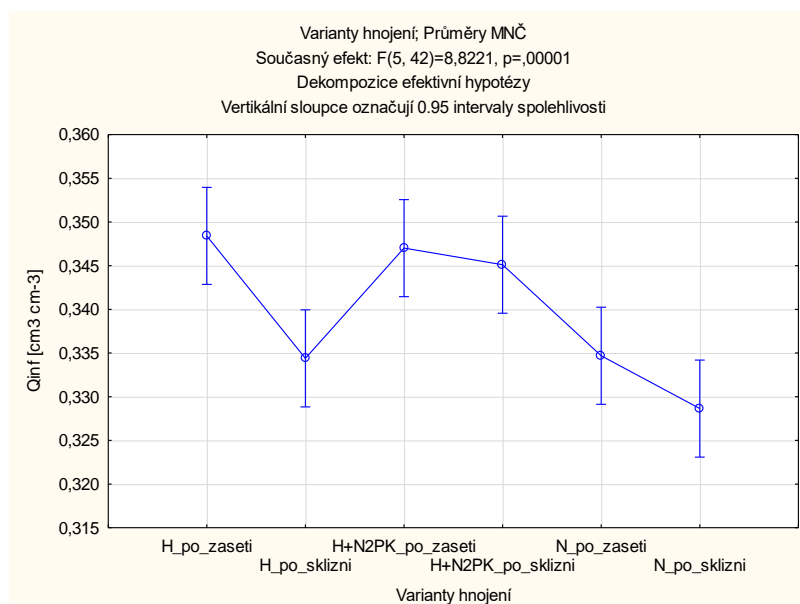
Obr. 61: Porovnání výsledků hodnot h_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Určením hodnot θ_{INF} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,348), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,347) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,335). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,345), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,334) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,329). Grafické znázornění na Obr. 62.



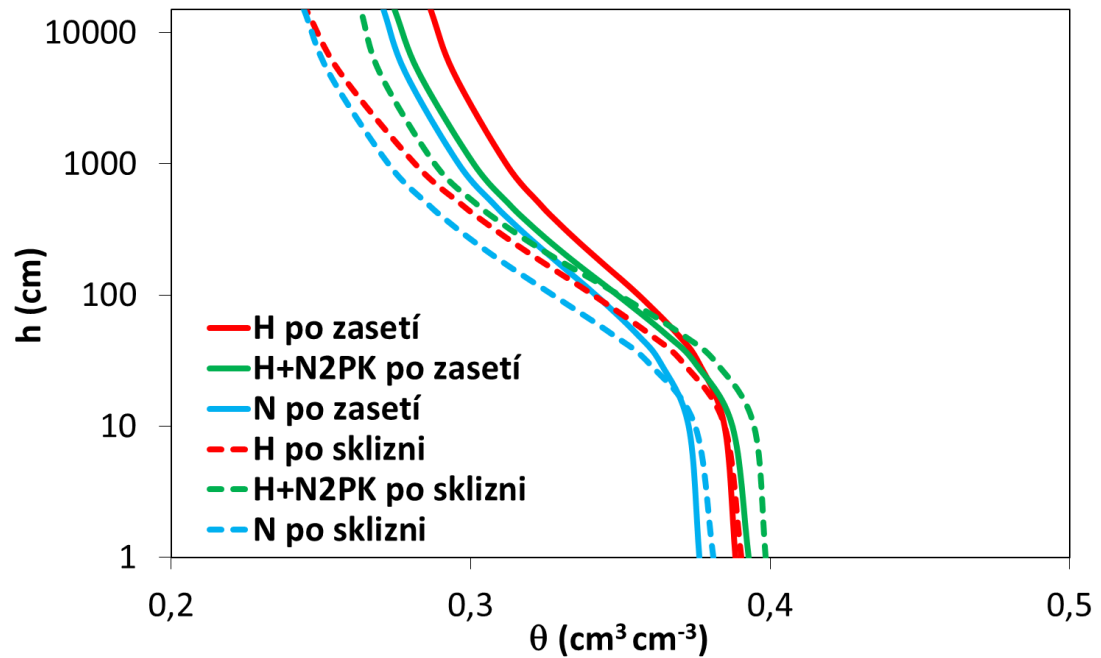
Obr. 62: Graf výsledných hodnot θ_{INF} pro lokalitu Ivanovice.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{INF} mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00001$), jak ukazuje Obr. 63. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 27.



Obr. 63: Porovnání výsledků hodnot θ_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Ivanovice.

Retenční čáry (průměrné hodnoty) jednotlivých postupů hnojení a jejich rozdílné tvary po zasetí a po sklizni kukuřice lze vidět na Obr. 64.



Obr. 64: Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z přetlakového aparátu pro období po zasetí (plná čára) a sklizni (čárkovaná čára) kukuřice na lokalitě Ivanovice.

5.2 Čáslav

V následujících podkapitolách budou popsány výsledky základních fyzikálních, hydrofyzikálních a hydraulických vlastností půd pro lokalitu Čáslav.

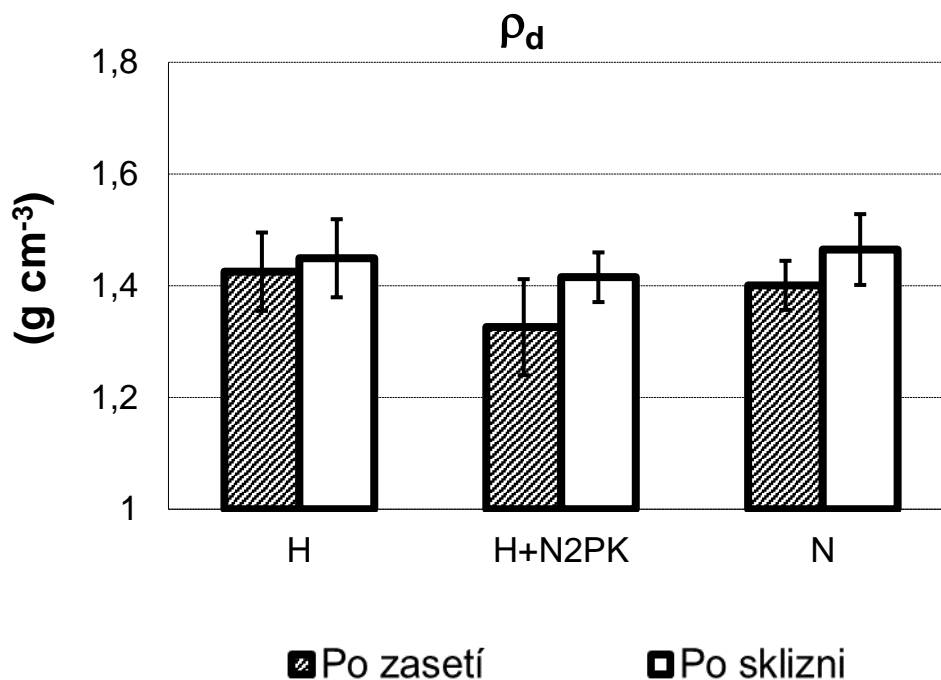
5.2.1 Základní fyzikální vlastnosti

Výsledné průměrné hodnoty objemové hmotnosti a pórovitosti a jejich směrodatné odchylky pro lokalitu Čáslav jsou uvedeny v Tab. 7.

Tab. 7: Výsledné hodnoty objemové hmotnosti (ρ_d) a pórovitosti (P) s jejich směrodatnými odchylkami pro lokalitu Čáslav.

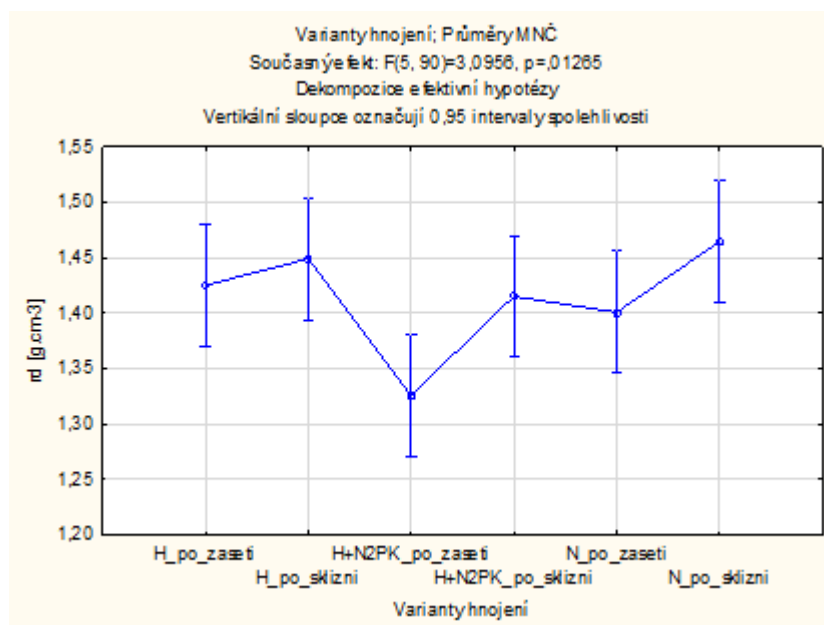
Období	Var.	ρ_d [g cm ⁻³]	P [cm ³ cm ⁻³]
Po zasetí	H	1,4252 ±0,0701	0,4622 ±0,0265
	H+N2PK	1,3259 ±0,0860	0,4997 ±0,0324
	N	1,4007 ±0,0439	0,4714 ±0,0166
Po sklizni	H	1,4492 ±0,0699	0,4531 ±0,0264
	H+N2PK	1,4152 ±0,0445	0,4659 ±0,0168
	N	1,4648 ±0,0634	0,4472 ±0,0239

Stanovením hodnot objemové hmotnosti bylo zjištěno, že ve všech třech variantách vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty nehnojené (1,4648), dále následovala varianta hnojená hnojem (1,4492) a nejnižších hodnot dosáhla varianta hnojená hnojem + N2PK (1,4152). V období po zasetí byla naměřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (1,4252), dále následovala varianta nehnojená (1,4007) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem+N2PK (1,3259). Grafické znázornění ukazuje Obr. 65.



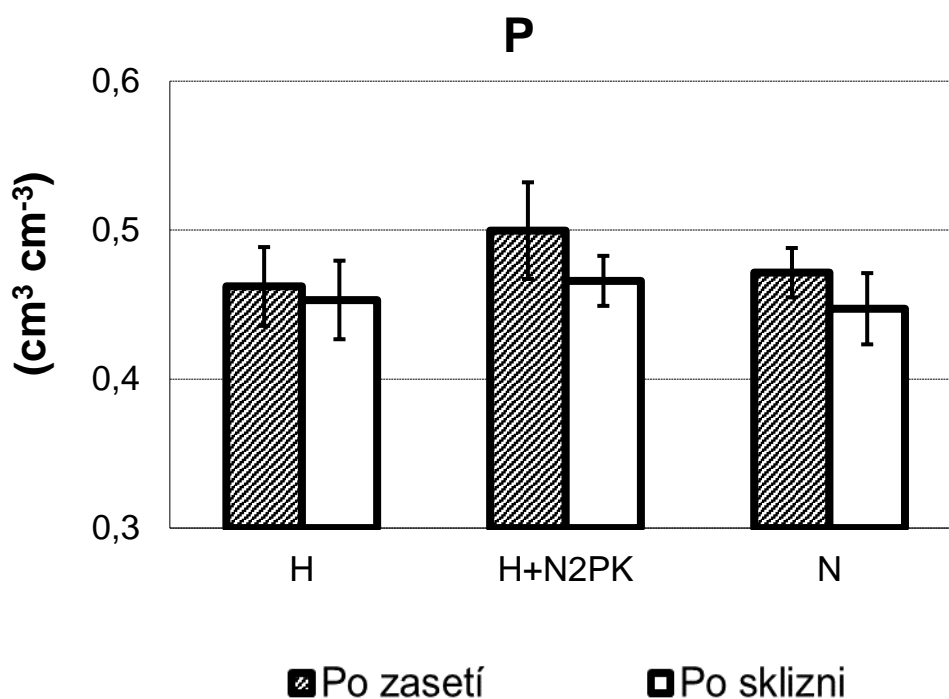
Obr. 65: Graf výsledných hodnot objemové hmotnosti půdy (ρ_d) pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot objemové hmotnosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,012646$), jak ukazuje Obr. 66. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 28.



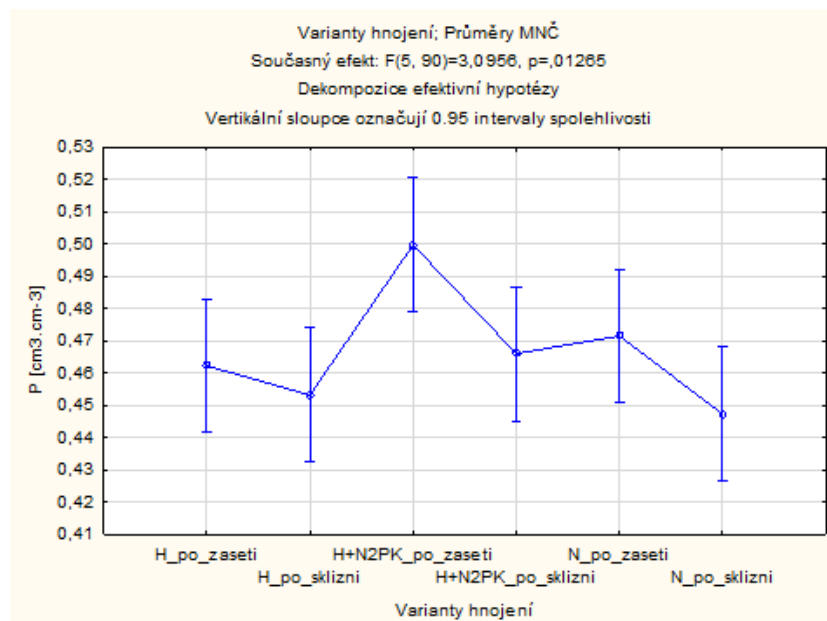
Obr. 66: Porovnání výsledků hodnot objemové hmotnosti půdy (ρ_d) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Stanovením hodnot pórovitosti bylo zjištěno, že ve všech třech variantách vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj + N2PK (0,4997), dále následovala varianta nehnojená (0,4714) a nejnižších hodnot dosáhla varianta hnojená hnojem (0,4622). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj + N2PK (0,4659), dále následovala varianta hnojená hnojem (0,4531) a nejnižší hodnota byla naměřena u variant nehnojené (0,4472). Grafické znázornění ukazuje Obr. 67.



Obr. 67: Graf výsledných hodnot pórovitosti půdy (P) pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot pórovitosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,012646$), jak ukazuje Obr. 68. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 29.



Obr. 68: Porovnání výsledků hodnot pórovitosti půdy (P) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

5.2.2 Hydrofyzikální vlastnosti

V této kapitole byly popsány výsledky hydraulických parametrů, charakteristiky popisující půdní pórový systém a parametry inflexních bodů, které byly získány z Tempských cel a z přetlakového aparátu pro lokalitu Čáslav.

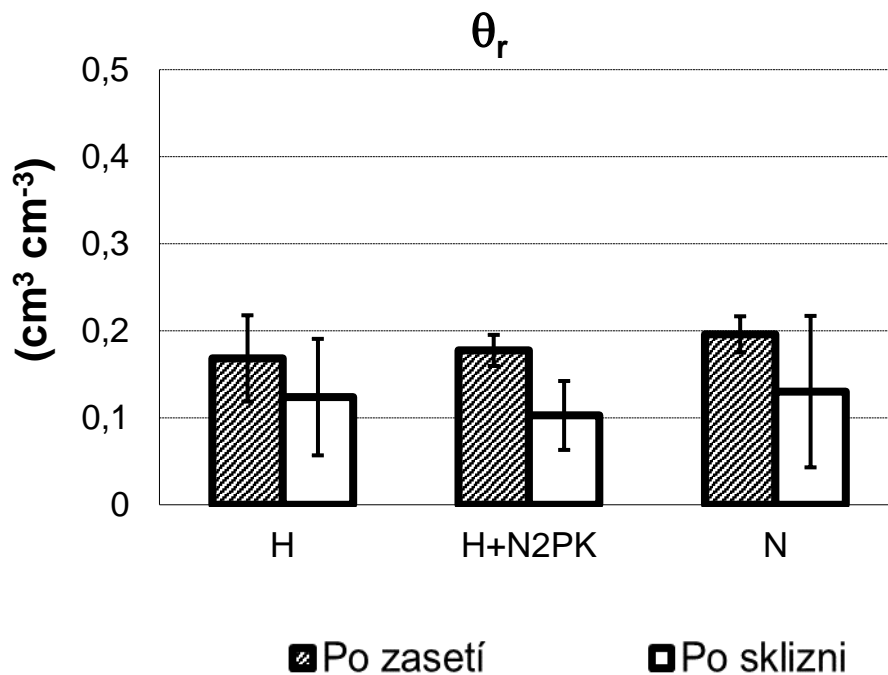
5.2.2.1 Tempské cely

Výsledné průměrné hodnoty hydraulických parametrů, charakteristik popisující půdní pórový systém a parametrů inflexních bodů a jejich směrodatné odchylky pro lokalitu Čáslav získané z Tempských cel jsou uvedeny v Tab. 8.

Tab. 8: Výsledné hodnoty reziduální vlhkosti (θ_r), nasycené vlhkosti (θ_s), α , n , polní kapacity (PK), θ_70 , $\theta_s - \theta_70$, K_s , K_{smer} , S_{INF} , h_{INF} , θ_{INF} s jejich směrodatnými odchylkami pro lokalitu Čáslav získané z Tempských cel.

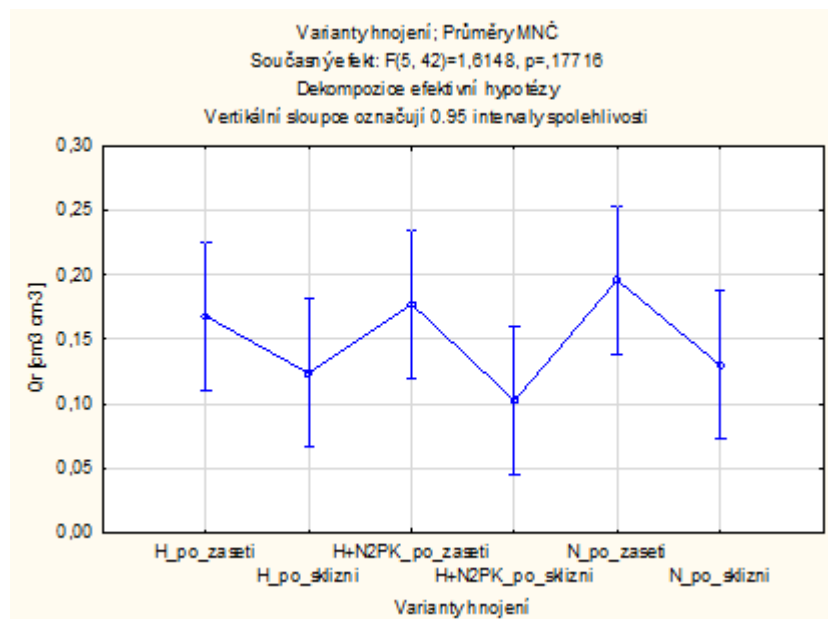
Období	Var.	θ_r [cm ³ cm ⁻³]	θ_s [cm ³ cm ⁻³]	α [cm ⁻¹]	n [-]
Po zasetí	H	0,1682 ±0,0495	0,4347 ±0,0273	0,0491 ±0,0117	1,3572 ±0,1252
	H+N2PK	0,1774 ±0,0179	0,4714 ±0,0175	0,0458 ±0,0027	1,6685 ±0,0834
	N	0,1959 ±0,0207	0,4322 ±0,0147	0,0492 ±0,0102	1,5805 ±0,1941
Po sklizni	H	0,1237 ±0,0670	0,4290 ±0,0175	0,0344 ±0,0149	1,4836 ±0,3001
	H+N2PK	0,1026 ±0,0396	0,4504 ±0,0164	0,0397 ±0,0147	1,3787 ±0,1145
	N	0,1300 ±0,0870	0,4426 ±0,0333	0,0385 ±0,0169	1,5980 ±0,4317
Období	Var.	K_s [cm h ⁻¹]	K_{smer} [cm h ⁻¹]	PK [cm ³ cm ⁻³]	θ_70 [cm ³ cm ⁻³]
Po zasetí	H	3,8983 ±2,7792	0,8484 ±0,7086	0,2823 ±0,0163	0,3427 ±0,0078
	H+N2PK	3,5509 ±1,5223	2,3714 ±2,3468	0,2475 ±0,0130	0,3153 ±0,0123
	N	2,5881 ±0,9547	2,6347 ±3,7871	0,2584 ±0,0127	0,3182 ±0,0097
Po sklizni	H	3,3765 ±1,9931	0,9177 ±0,7117	0,2724 ±0,0224	0,3513 ±0,0231
	H+N2PK	6,7135 ±4,0934	0,8076 ±0,7095	0,2699 ±0,0089	0,3443 ±0,0128
	N	3,1677 ±2,4545	1,6292 ±2,1125	0,2682 ±0,0200	0,3455 ±0,0187
Období	Var.	S_{INF} [-]	h_{INF} [cm]	θ_{INF} [cm ³ cm ⁻³]	$\theta_s - \theta_70$ [cm ³ cm ⁻³]
Po zasetí	H	0,0474 ±0,0128	83,5325 ±63,4181	0,3483 ±0,0318	0,0920 ±0,0339
	H+N2PK	0,0820 ±0,0059	63,7745 ±61,8563	0,3606 ±0,0538	0,1562 ±0,0138
	N	0,0604 ±0,0076	60,6785 ±50,6992	0,3448 ±0,0238	0,1140 ±0,0219
Po sklizni	H	0,0577 ±0,0110	118,6435 ±60,4333	0,3316 ±0,0213	0,0776 ±0,0380
	H+N2PK	0,0617 ±0,0076	124,4547 ±93,6973	0,3410 ±0,0383	0,1061 ±0,0186
	N	0,0650 ±0,0159	94,2219 ±51,6067	0,3419 ±0,0295	0,0971 ±0,0459

Stanovením hodnot reziduální vlhkosti půdy zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojené (0,1959), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,1774) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,1682). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,1300), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,1237) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,1026). Grafické znázornění na Obr. 69.



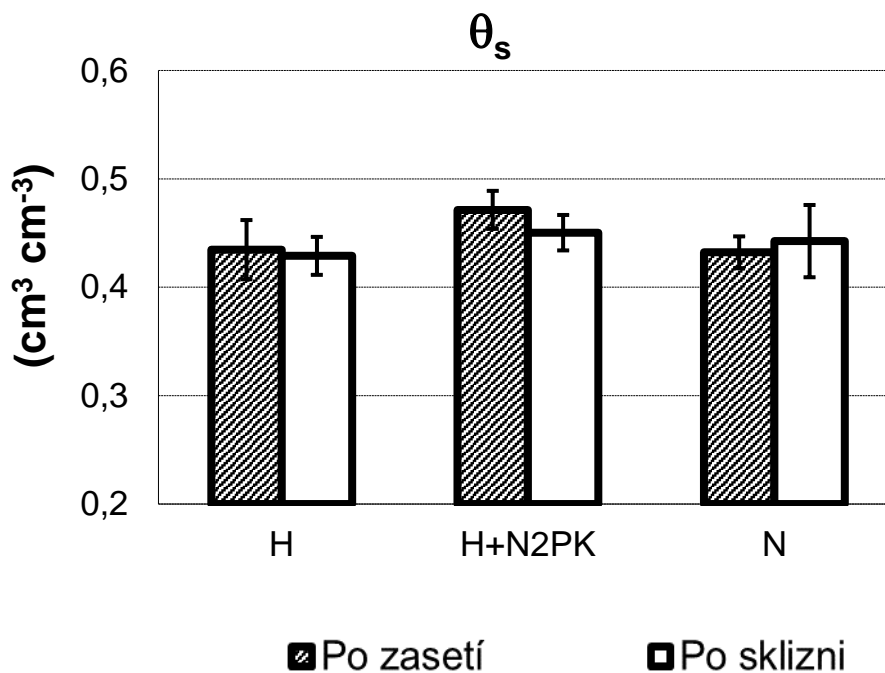
Obr. 69: Graf výsledných hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot reziduální vlhkosti půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,17716$), jak ukazuje Obr. 70. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 30.



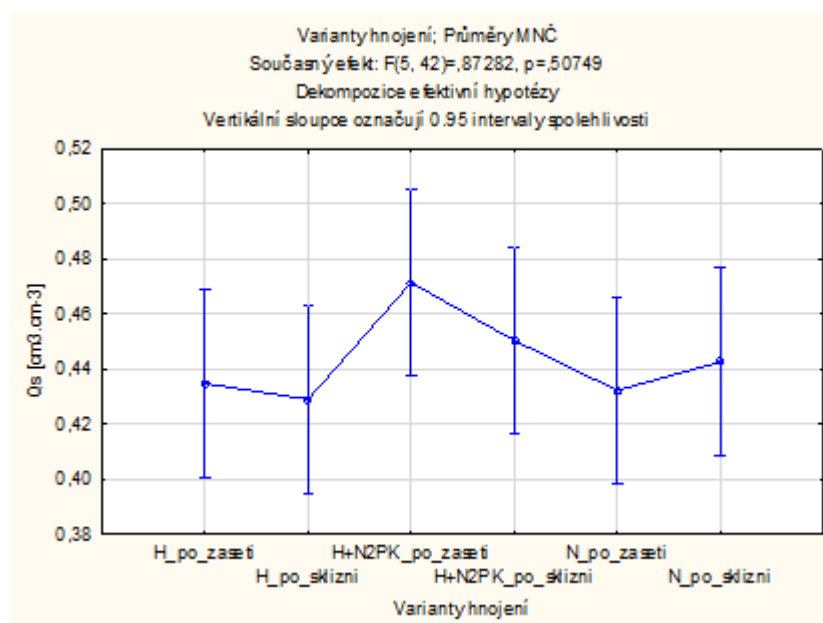
Obr. 70: Porovnání výsledků hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Stanovením hodnot nasycené vlhkosti půdy bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty H+N2PK a hnojená hnojem) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,4714), dále následovala varianta hnojená hnojem (0,4347) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,4322). V období po sklizni byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,4504). Dále následovala varianta nehnojená (0,4426) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty hnojené hnojem (0,4290). Grafické znázornění na Obr. 71.



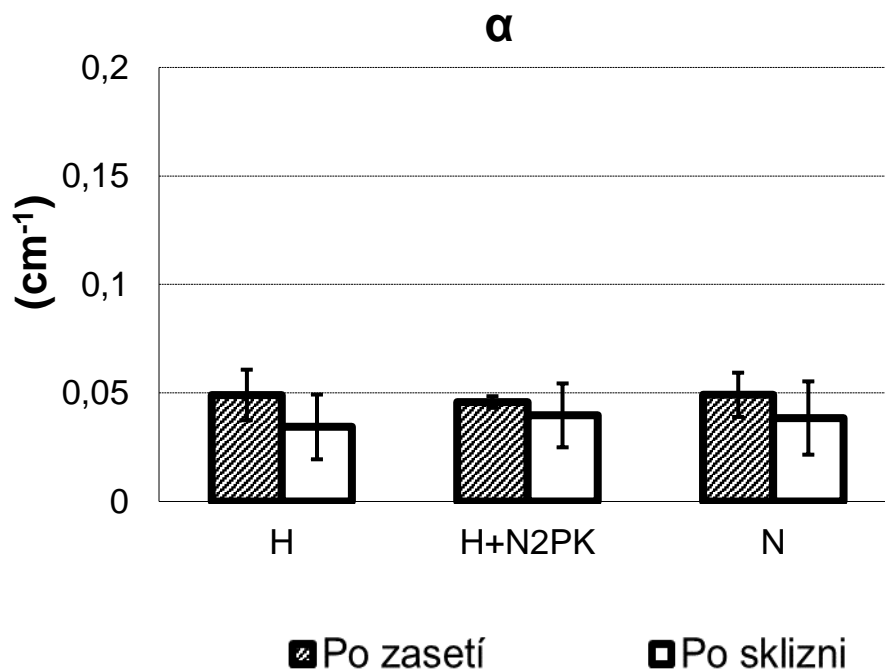
Obr. 71: Graf výsledných hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot nasycené vlhkosti půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,50749$), jak ukazuje Obr. 72. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 31.



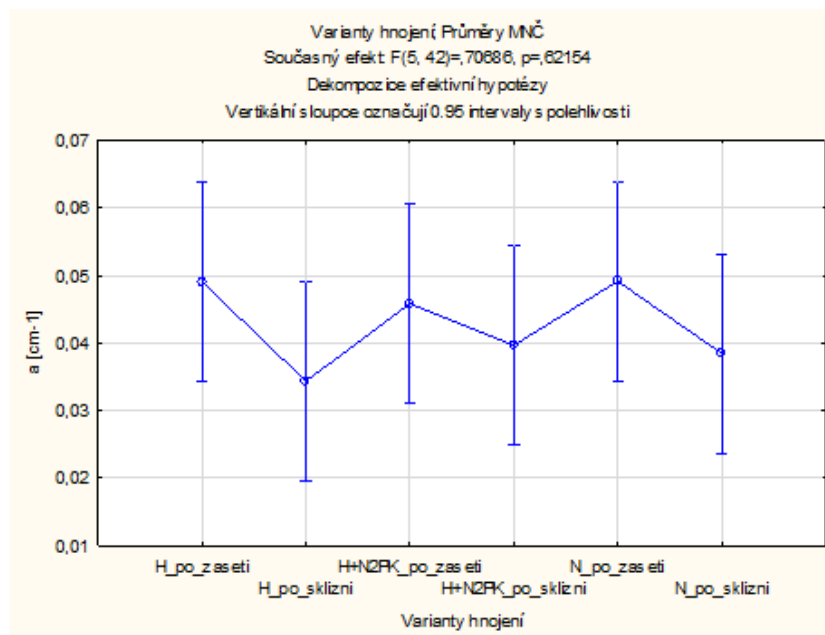
Obr. 72: Porovnání výsledků hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Optimalizací hodnot parametru α bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojené (0,0492), dále následoval varianta hnojené hnojem (0,0491) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (0,0458). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,0397), dále následovala varianta nehnojená (0,0385) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,0344). Grafické znázornění na Obr. 73.



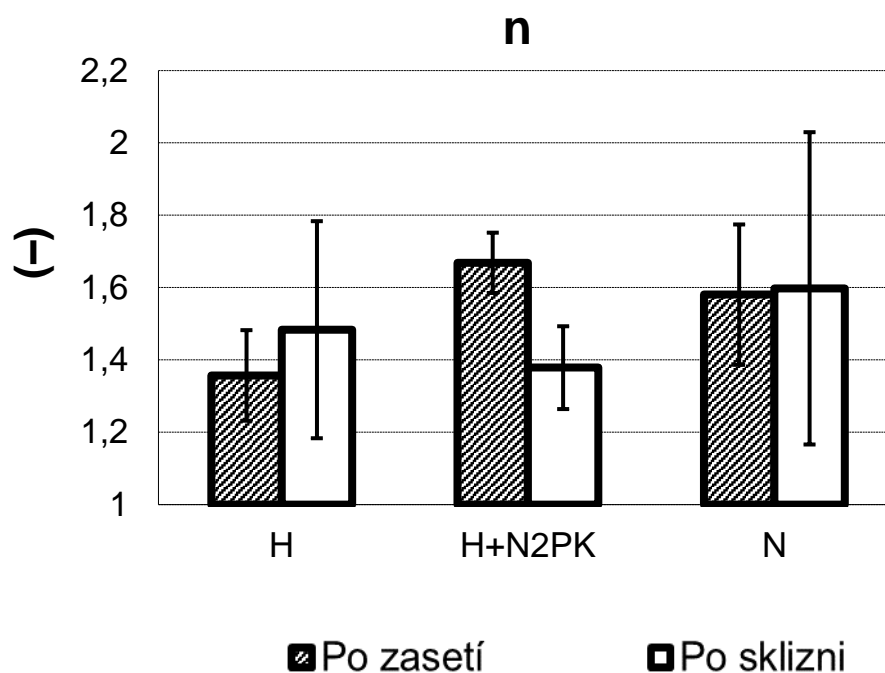
Obr. 73: Graf výsledných hodnot parametru α pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru α mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,999012$), jak ukazuje Obr. 74. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 32.



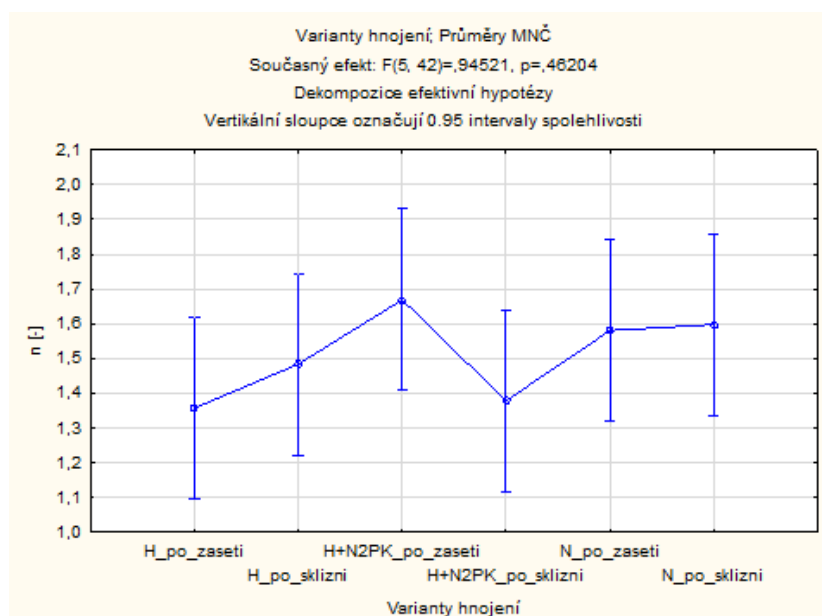
Obr. 74: Porovnání výsledků hodnot parametru a prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Optimalizací hodnot parametru n bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty hnojená hnojem a nehnojená) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta hnůj+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty nehnojené (1,5980), dále následovala varianta hnojená hnojem (1,4836) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (1,3787). V období po zasetí byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty hnůj+N2PK (1,6685). Dále následovala varianta nehnojená (1,5805) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty hnojené hnojem (1,3572). Grafické znázornění na Obr. 75.



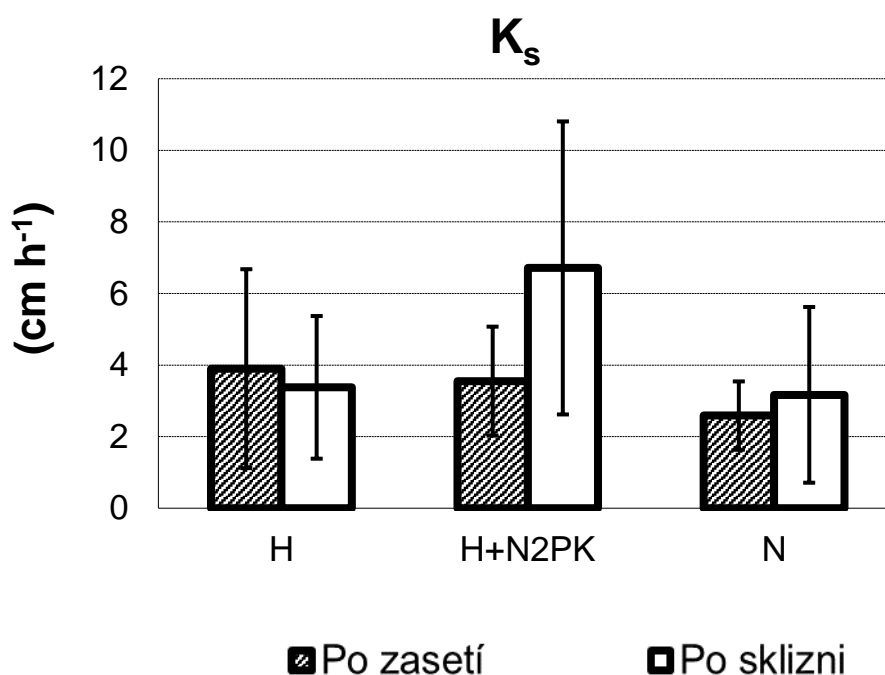
Obr. 75: Graf výsledných hodnot parametru n pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru n mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,999012$), jak ukazuje Obr. 76. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 33.



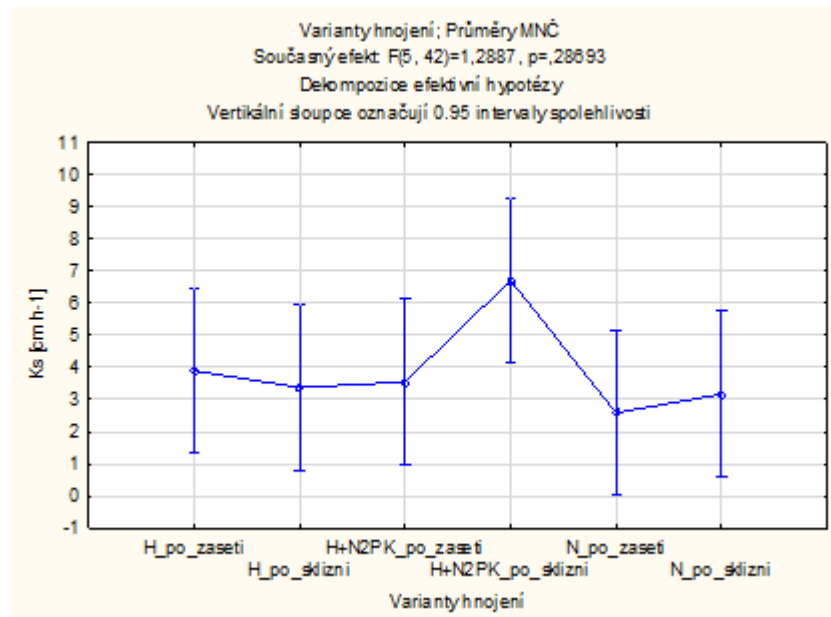
Obr. 76: Porovnání výsledků hodnot n prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Optimalizací hodnot nasycené hydraulické vodivosti (K_s) bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty hnůj+N2PK a nehnojená) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta hnojená hnojem). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (6,7135), dále následovala varianta hnojená hnojem (3,3765) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (3,1677). V období po zasetí byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty hnojené hnojem (3,8983). Dále následovala varianta hnůj+N2PK (3,5509) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty nehnojené (2,5881). Grafické znázornění na Obr. 77.



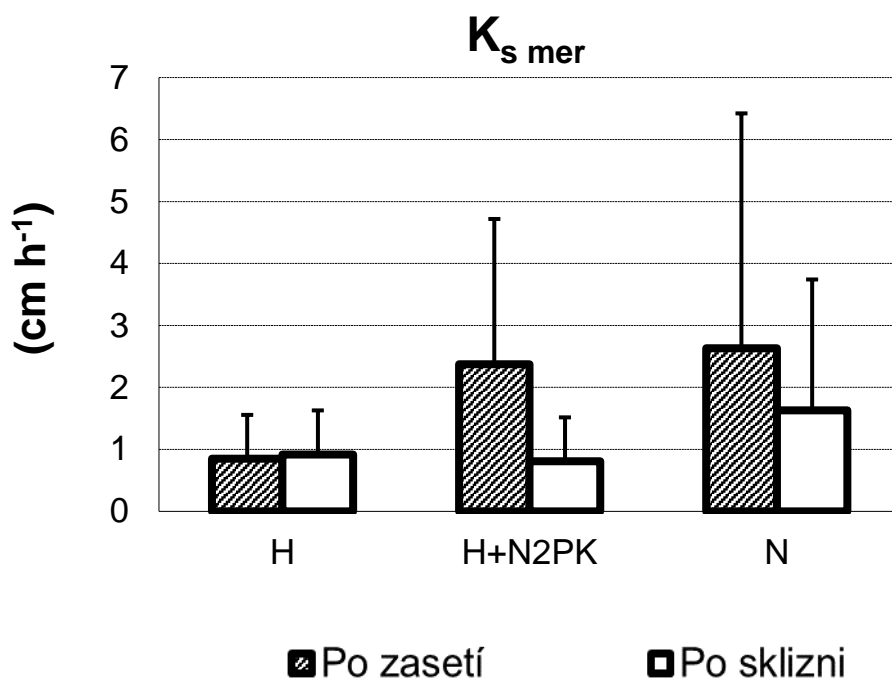
Obr. 77: Graf výsledných hodnot K_s pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot K_s mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,28693$), jak ukazuje Obr. 78. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 34.



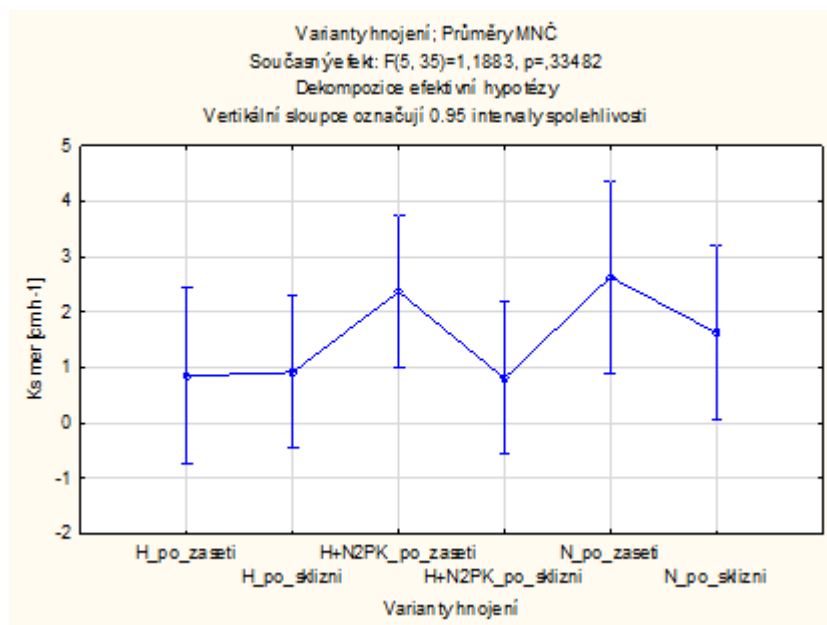
Obr. 78: Porovnání výsledků hodnot K_s prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Měřením hodnot nasycené hydraulické vodivosti (K_{smer}) bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnůj+N2PK a nehnojená) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta hnojená hnojem). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojená (2,6347), dále následovala varianta hnůj+N2PK (2,3714) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,8484). V období po sklizni byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty nehnojené (1,6292). Dále následovala varianta hnojená hnojem (0,9177) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty hnůj+N2PK (0,8076). Grafické znázornění na Obr. 79.



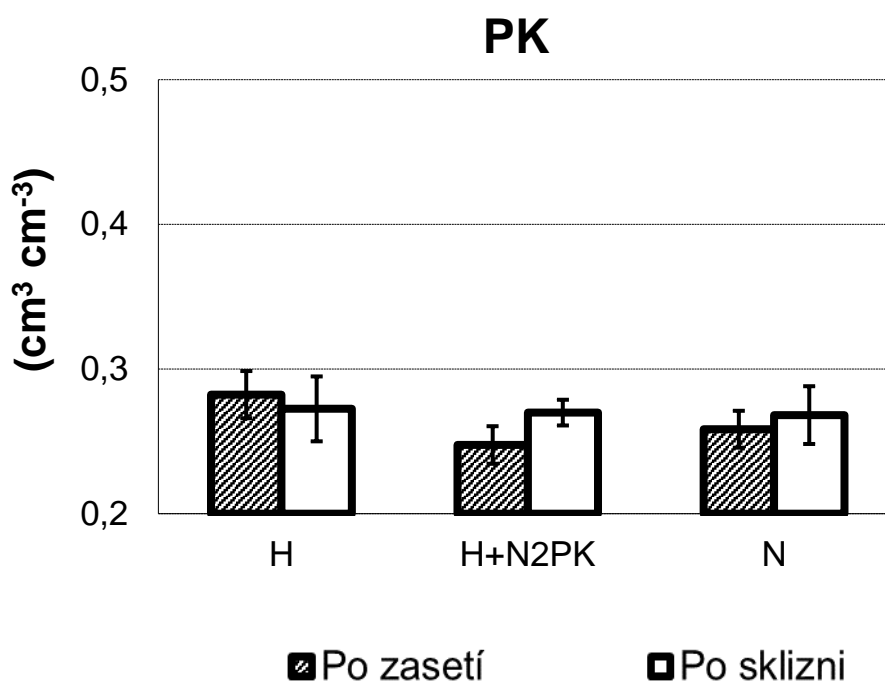
Obr. 79: Graf výsledných hodnot K_{smer} pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot K_{smer} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,33482$), jak ukazuje Obr. 80. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 35.



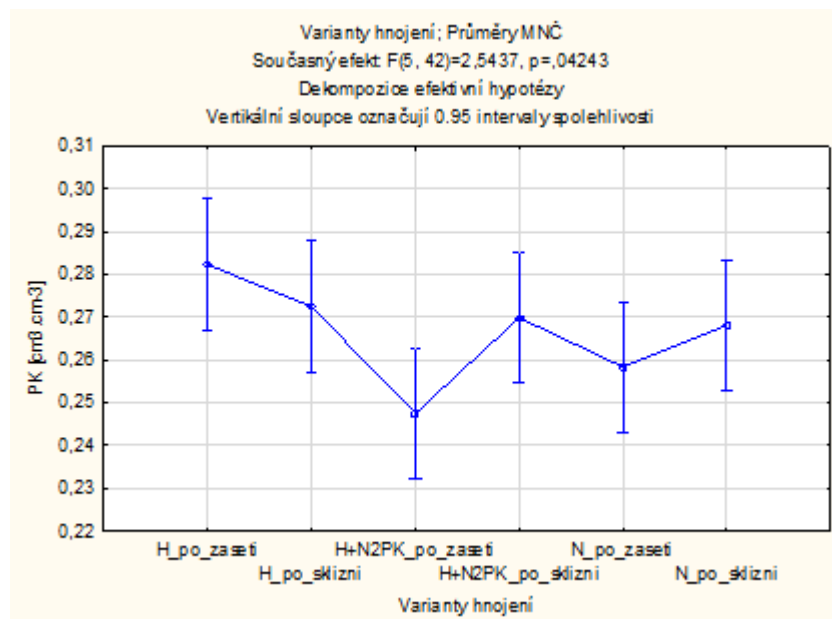
Obr. 80: Porovnání výsledků hodnot K_{smer} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Stanovením hodnot polní kapacity bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty H+N2PK a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta hnojená hnojem). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,2724), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,2699) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojené (0,2682). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,2823), dále následoval varianta nehnojená (0,2584) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,2475). Grafické znázornění na Obr. 81.



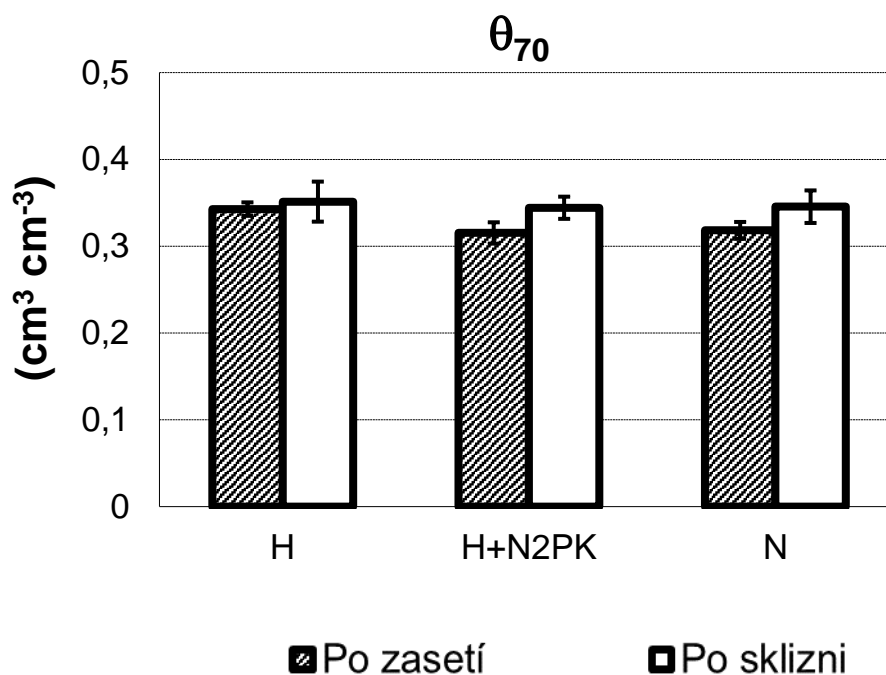
Obr. 81: Graf výsledných hodnot polní kapacity (PK) pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot polní kapacity půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,04243$), jak ukazuje Obr. 82. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 36.



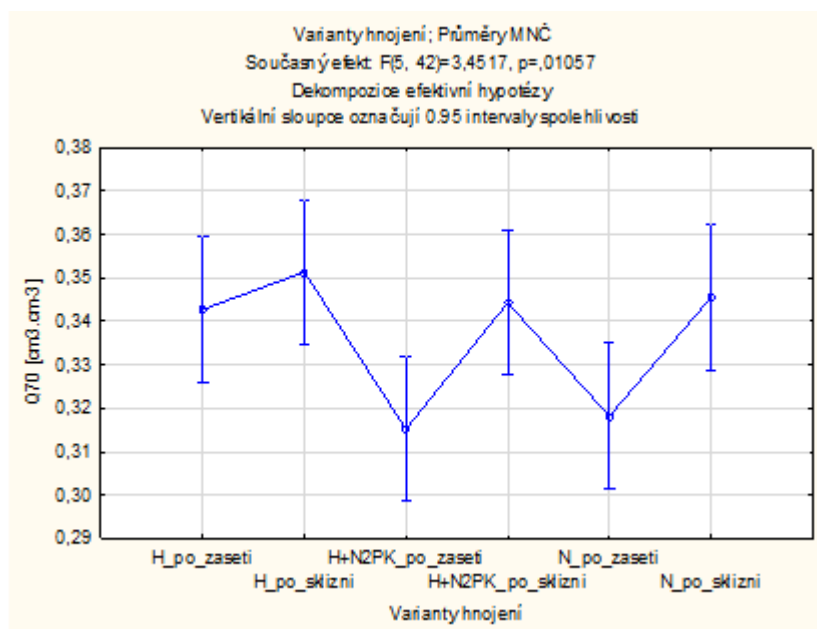
Obr. 82: Porovnání výsledků hodnot polní kapacity (PK) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Stanovením hodnot θ_{70} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,3513), dále následoval varianta nehnojená (0,3455) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (0,3443). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,3427), dále následovala varianta nehnojená (0,3182) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,3153). Grafické znázornění na Obr. 83.



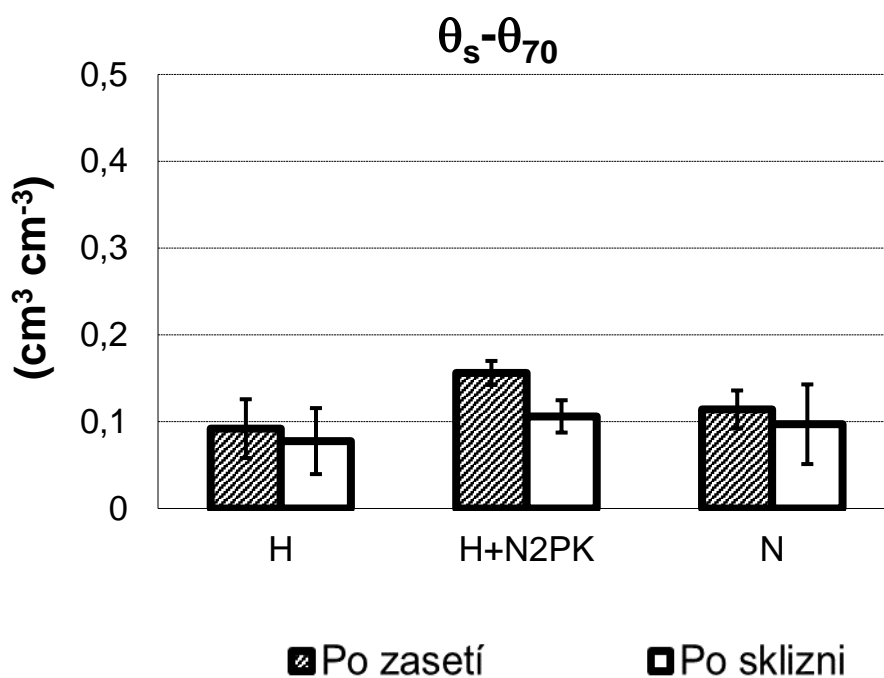
Obr. 83: Graf výsledných hodnot θ_{70} pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{70} mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,01057$), jak ukazuje Obr. 84. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 37.



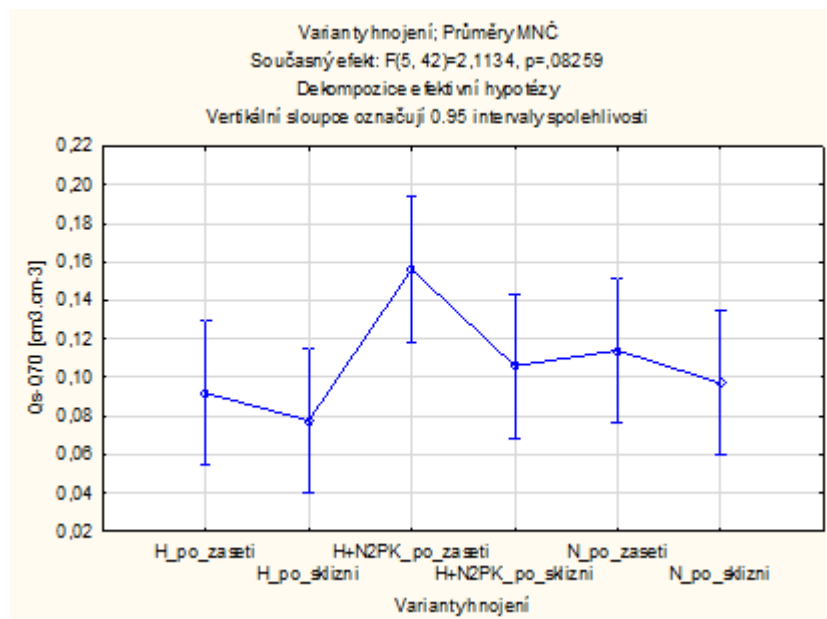
Obr. 84: Porovnání výsledků hodnot θ_{70} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Stanovením hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,1562), dále následoval varianta nehnojená (0,1140) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0920). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,1061), dále následoval varianta nehnojená (0,0971) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,0776). Grafické znázornění na Obr. 85.



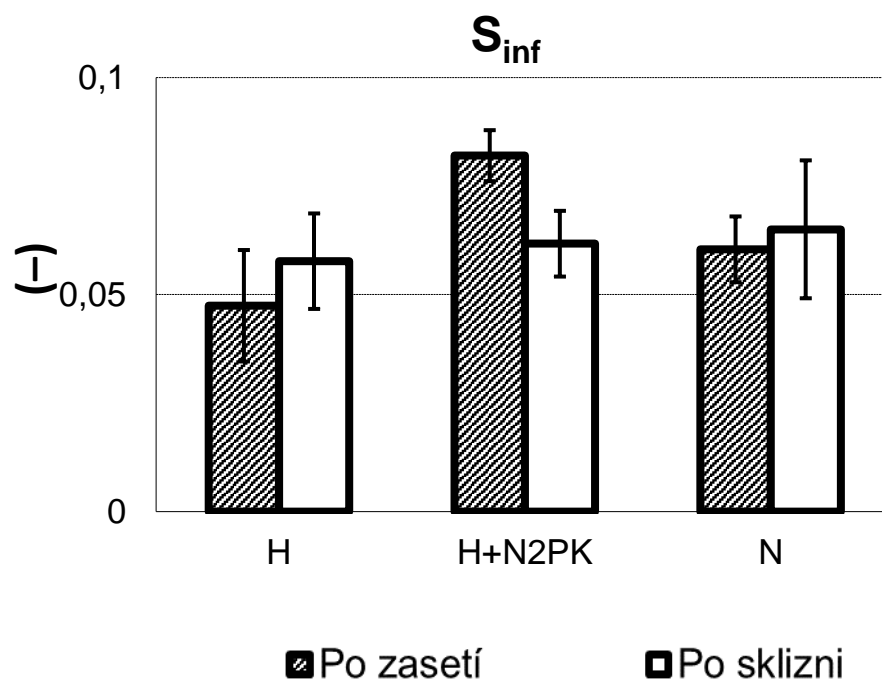
Obr. 85: Graf výsledných hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,08259$), jak ukazuje Obr. 86. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 38.



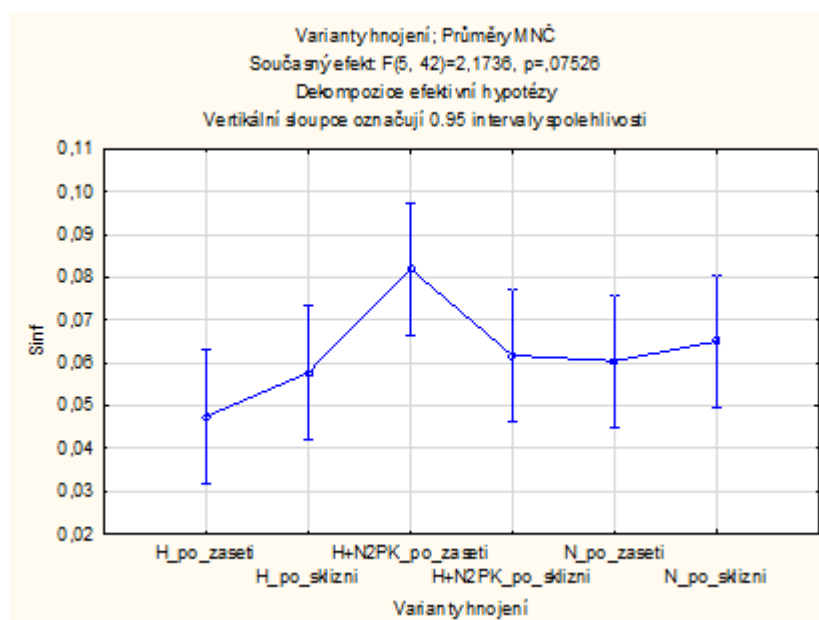
Obr. 86: Porovnání výsledků hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Určením hodnot sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}) bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty hnojená hnojem a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta hnůj+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty nehnojené (0,0650), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,0617) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0577). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,0820), dále následoval varianta nehnojená (0,0604) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojená hnojem (0,0474). Grafické znázornění na Obr. 87



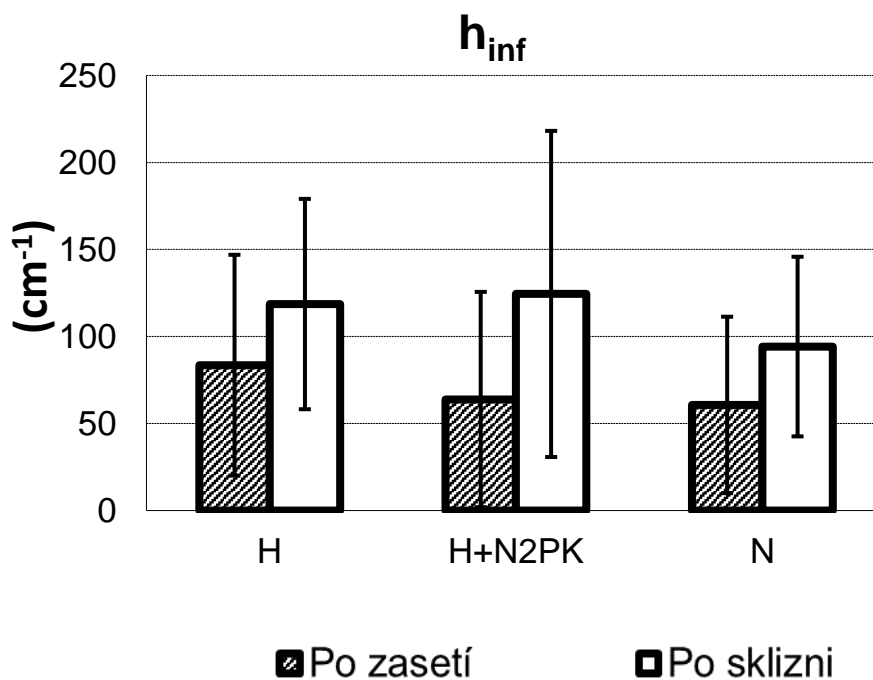
Obr. 87: Graf výsledných hodnot S_{INF} pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot S_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,07526$), jak ukazuje Obr. 88. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 39.



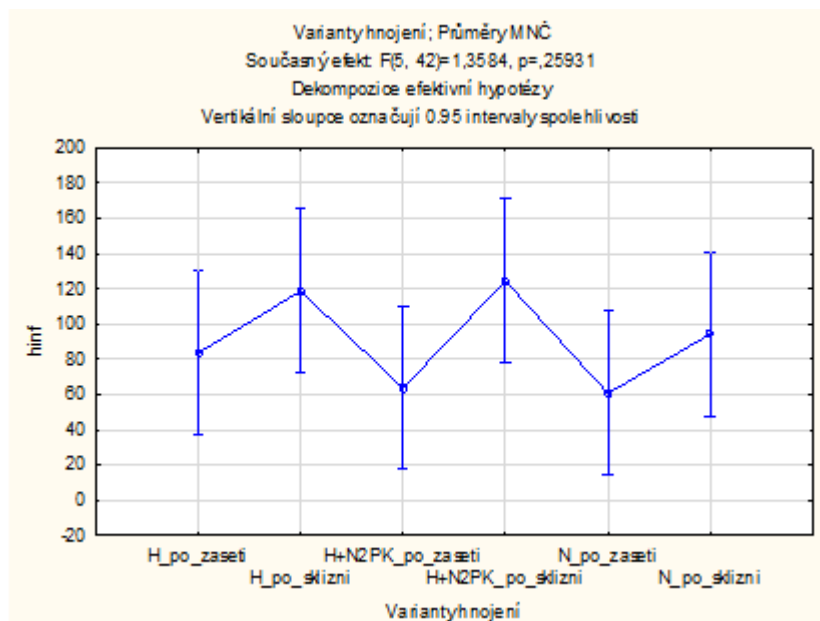
Obr. 88: Porovnání výsledků hodnot S_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Určením hodnot h_{INF} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (124,45), dále následoval varianta hnojená hnojem (118,64) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (94,22). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (83,53), dále následoval varianta hnůj+N2PK (63,77) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojená (60,68). Grafické znázornění na Obr. 89.



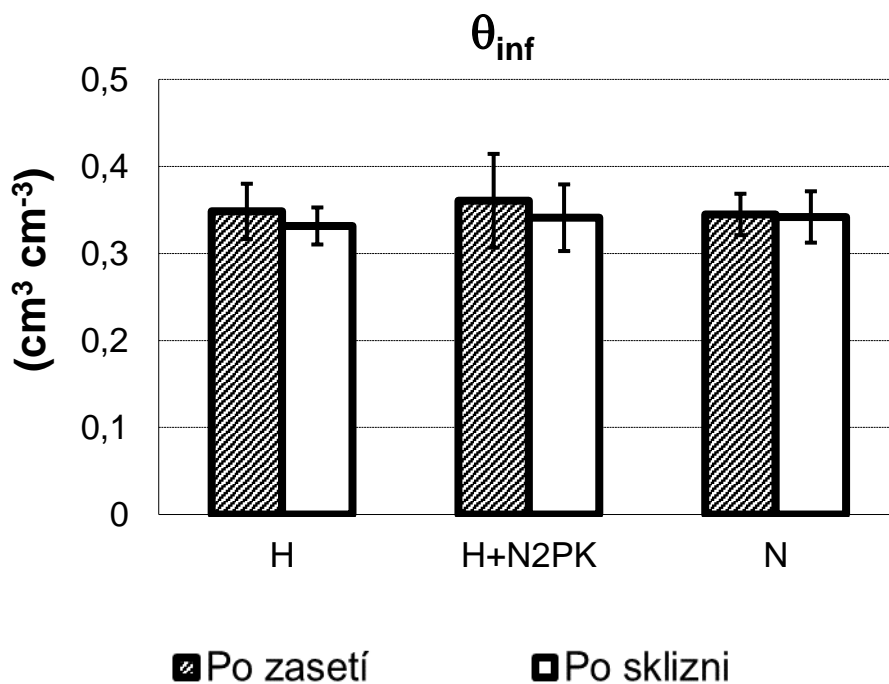
Obr. 89: Graf výsledných hodnot h_{INF} pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot h_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,999012$), jak ukazuje Obr. 90. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 40.



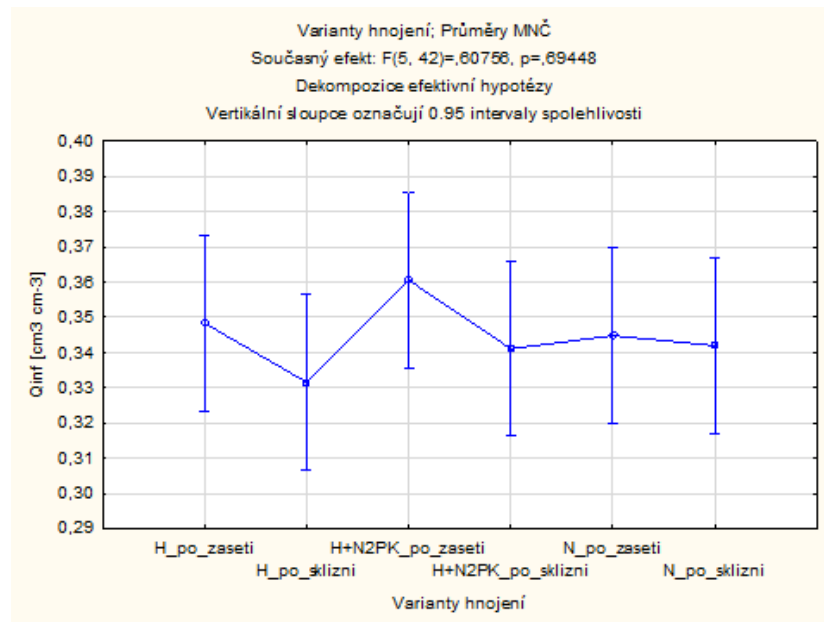
Obr. 90: Porovnání výsledků hodnot h_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Určením hodnot θ_{INF} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,361), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,348) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,345). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,342), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,341) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,332). Grafické znázornění na Obr. 91.



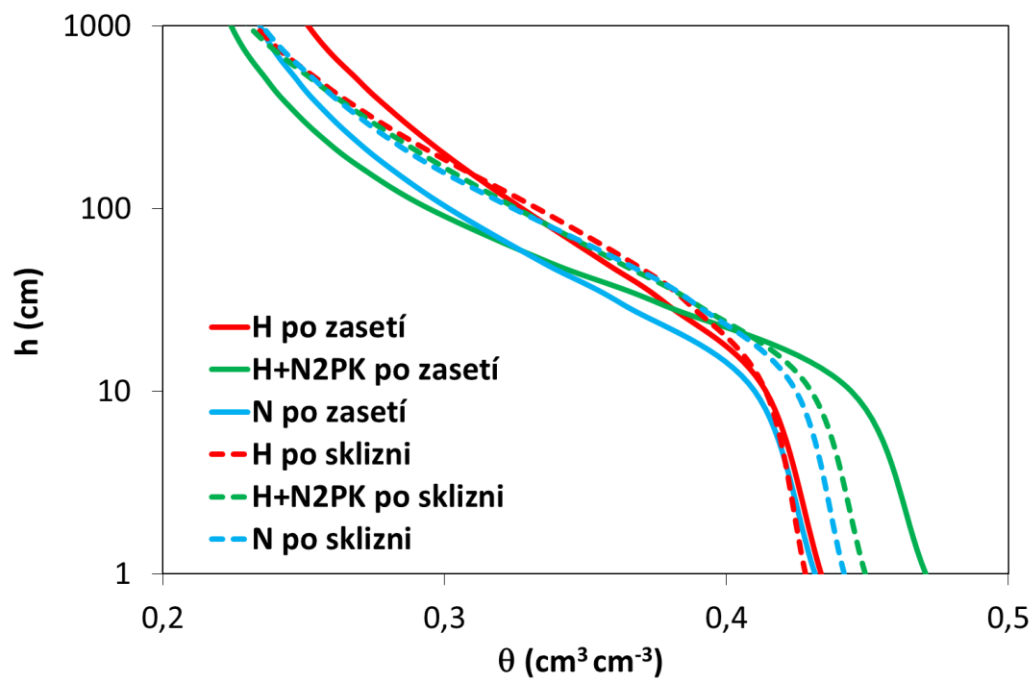
Obr. 91: Graf výsledných hodnot θ_{INF} pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,60756$), jak ukazuje Obr. 92. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 41.



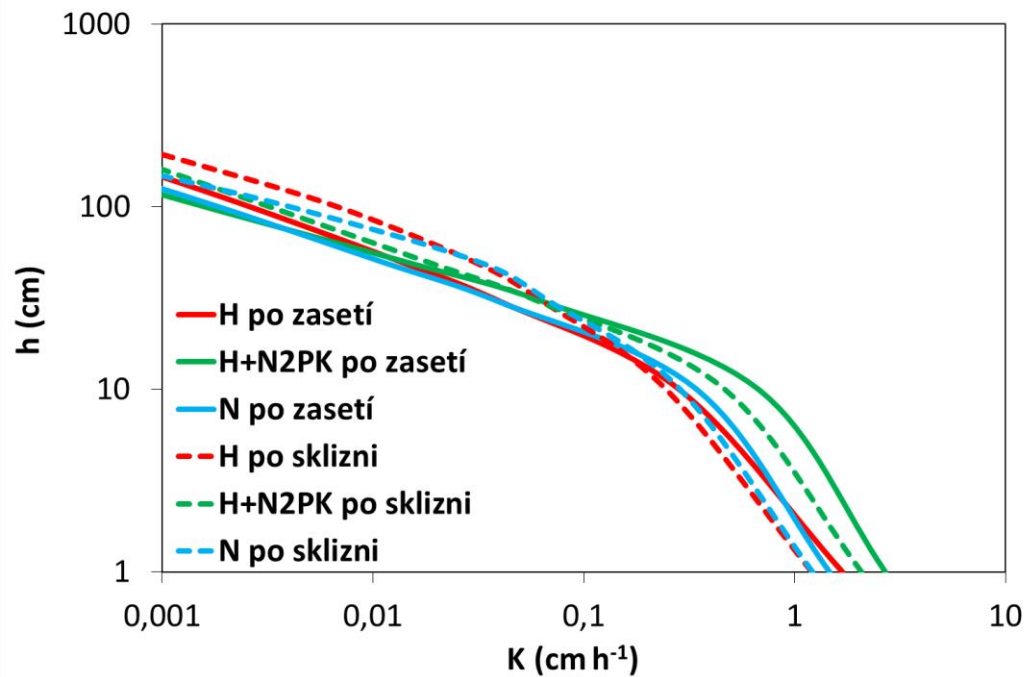
Obr. 92: Porovnání výsledků hodnot θ_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Měřené retenční čáry jednotlivých postupů hnojení a jejich rozdílné tvary lze vidět na Obr. 93.



Obr. 93: Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro období po zasetí (plná čára) a sklizni (čárkovaná čára) kukuřice na lokalitě Čáslav.

Křivky hydraulických vodivostí (průměrné hodnoty) pro jednotlivé postupy hnojení a jejich rozdílné tvary po zasetí a po sklizni kukuřice lze vidět na Obr. 94.



Obr. 94: Tvary křivek hydraulických vodivostí (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro období po zasetí (plná čára) a sklizni (čárkovaná čára) kukuřice na lokalitě Čáslav.

5.2.2.2 Přetlakový aparát

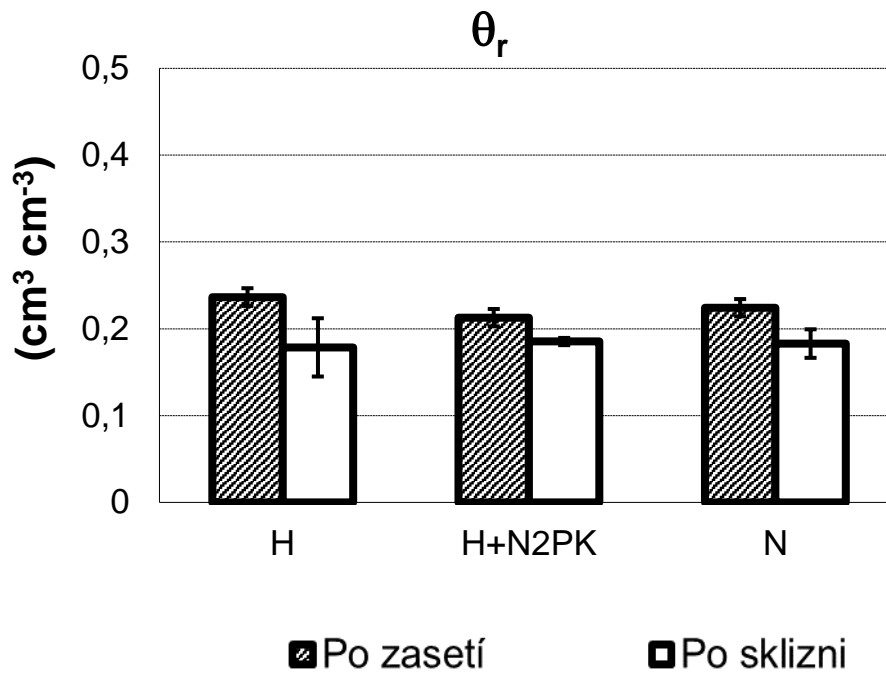
Výsledné průměrné hodnoty hydraulických parametrů, charakteristik popisující půdní pórový systém a parametrů inflexních bodů a jejich směrodatné odchylky pro lokalitu Čáslav získané z přetlakového aparátu jsou uvedeny v Tab. 9.

Tab. 9 Výsledné hodnoty reziduální vlhkosti (θ_r), nasycené vlhkosti (θ_s), α , n , polní kapacity (PK), θ_{70} , $\theta_s - \theta_{70}$, S_{INF} , h_{INF} , θ_{INF} s jejich směrodatnými odchylkami pro lokalitu Čáslav získané z přetlakového aparátu.

Období	Var.	θ_r [cm ³ cm ⁻³]	θ_s [cm ³ cm ⁻³]	α [cm ⁻¹]	n [-]
Po zasetí	H	0,2365 ±0,0102	0,3920 ±0,0127	0,0227 ±0,0053	1,4677 ±0,0771
	H+N2PK	0,2128 ±0,0100	0,3923 ±0,0104	0,0345 ±0,0052	1,4712 ±0,0571
	N	0,2242 ±0,0100	0,3947 ±0,0130	0,0250 ±0,0005	1,6302 ±0,0367
Po sklizni	H	0,1786 ±0,0336	0,4035 ±0,0164	0,0162 ±0,0069	1,4068 ±0,1334
	H+N2PK	0,1853 ±0,0042	0,4108 ±0,0123	0,0167 ±0,0030	1,4528 ±0,0594
	N	0,1830 ±0,0164	0,3977 ±0,0022	0,0178 ±0,0024	1,4225 ±0,0628
Období	Var.	PK [cm ³ cm ⁻³]	θ_{70} [cm ³ cm ⁻³]	$\theta_s - \theta_{70}$ [cm ³ cm ⁻³]	
Po zasetí	H	0,2991 ±0,0160	0,3482 ±0,0173	0,0438 ±0,0098	
	H+N2PK	0,2760 ±0,0155	0,3314 ±0,0087	0,0609 ±0,0179	
	N	0,2783 ±0,0047	0,3426 ±0,0069	0,0521 ±0,0061	
Po sklizni	H	0,3052 ±0,0108	0,3662 ±0,0145	0,0373 ±0,0092	
	H+N2PK	0,2928 ±0,0080	0,3615 ±0,0064	0,0493 ±0,0123	
	N	0,2867 ±0,0126	0,3494 ±0,0056	0,0482 ±0,0043	
Období	Var.	S_{INF} [-]	h_{INF} [cm]	θ_{INF} [cm ³ cm ⁻³]	
Po zasetí	H	0,0350 ±0,0052	115,7974 ±54,0600	0,3357 ±0,0105	
	H+N2PK	0,0424 ±0,0074	81,7188 ±28,7427	0,3283 ±0,0107	
	N	0,0471 ±0,0045	89,1196 ±20,8763	0,3296 ±0,0126	
Po sklizni	H	0,0432 ±0,0085	210,5085 ±101,7160	0,3295 ±0,0196	
	H+N2PK	0,0493 ±0,0069	172,5511 ±94,8669	0,3302 ±0,0120	
	N	0,0451 ±0,0059	193,4286 ±165,0222	0,3224 ±0,0359	

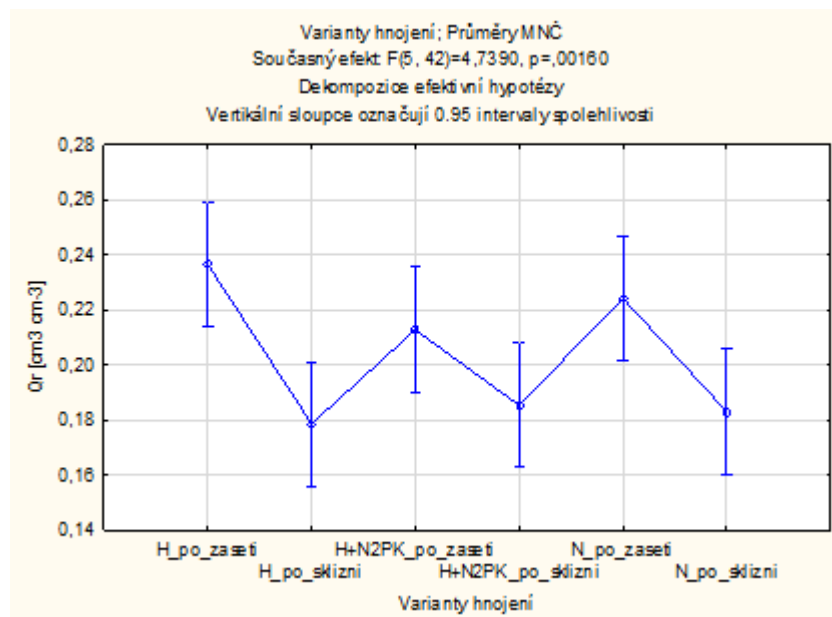
Stanovením hodnot reziduální vlhkosti bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,2365), dále následoval varianta nehnojená (0,2242) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (0,2128). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,1853), dále následoval varianta nehnojená

(0,1830) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,1786). Grafické znázornění na Obr. 95.



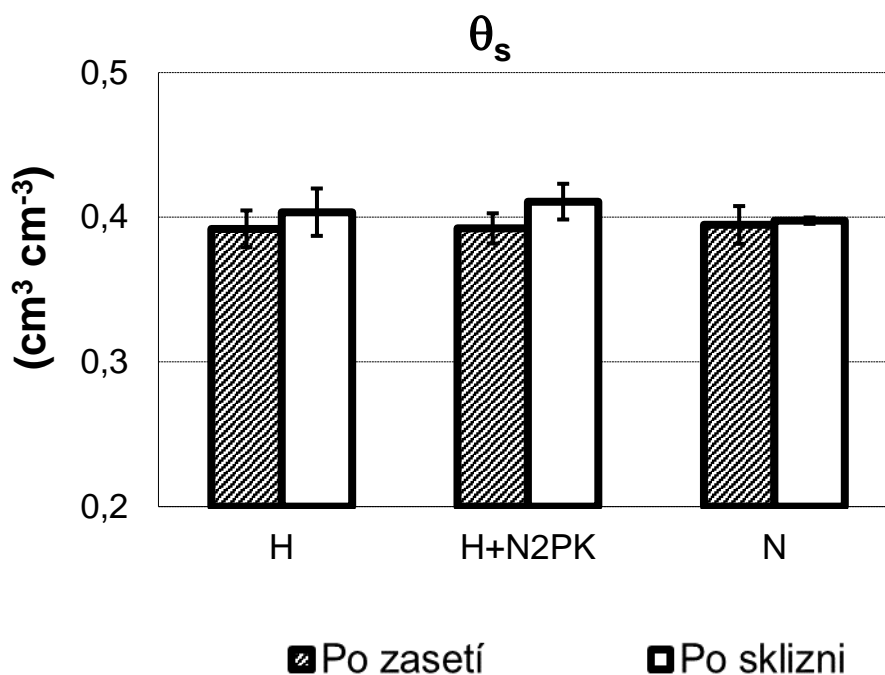
Obr. 95: Graf výsledných hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot reziduální vlhkosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00160$), jak ukazuje Obr. 96. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 42.



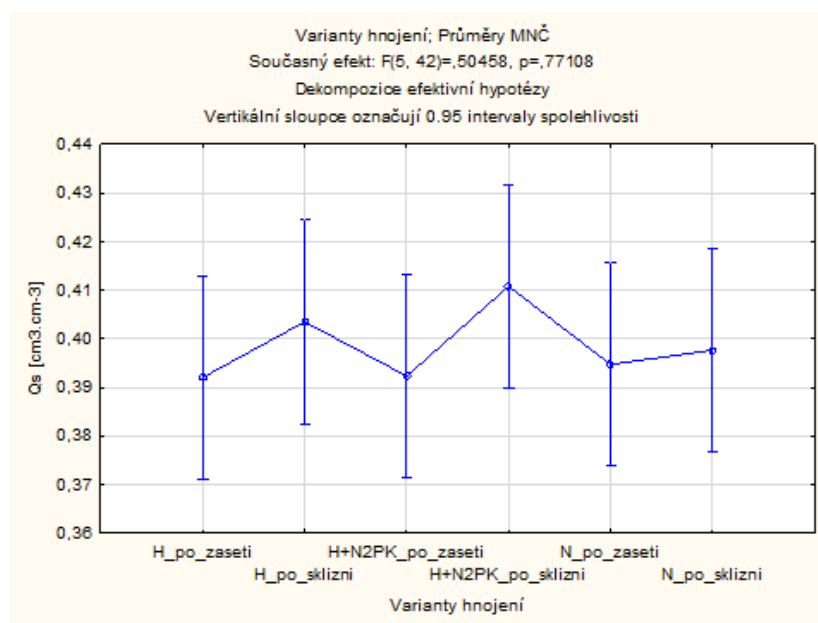
Obr. 96: Porovnání výsledků hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Stanovením hodnot nasycené vlhkosti půdy bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,4108), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,4035) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,3977). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,3947), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,3923) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,3920). Grafické znázornění na Obr. 97.



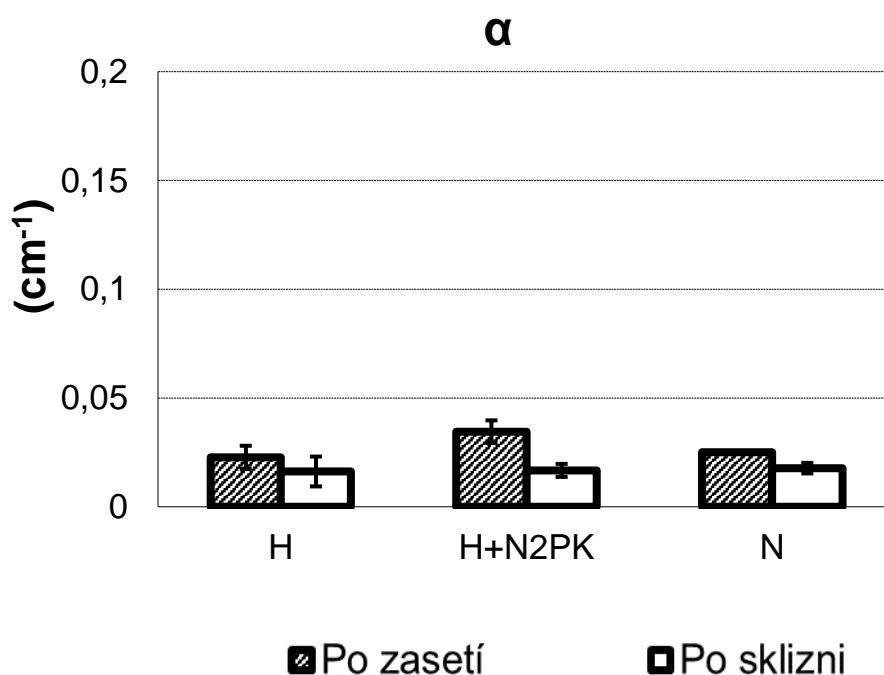
Obr. 97: Graf výsledných hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot nasycené vlhkosti půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,77108$), jak ukazuje Obr. 98. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 43.



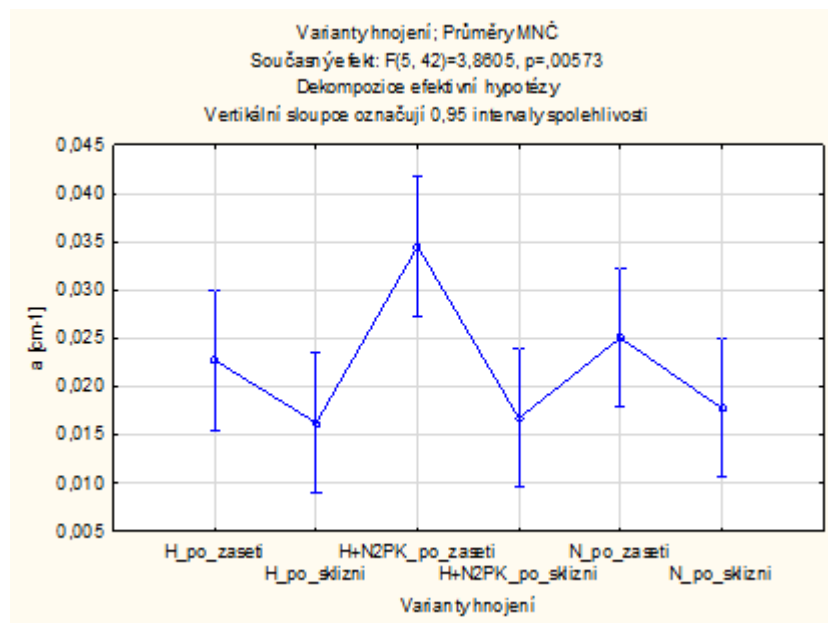
Obr. 98: Porovnání výsledků hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Optimalizací hodnot parametru α bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0345), dále následoval varianta nehnojená (0,0250) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0227). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,0178), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,0167) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,0162). Grafické znázornění na Obr. 99.



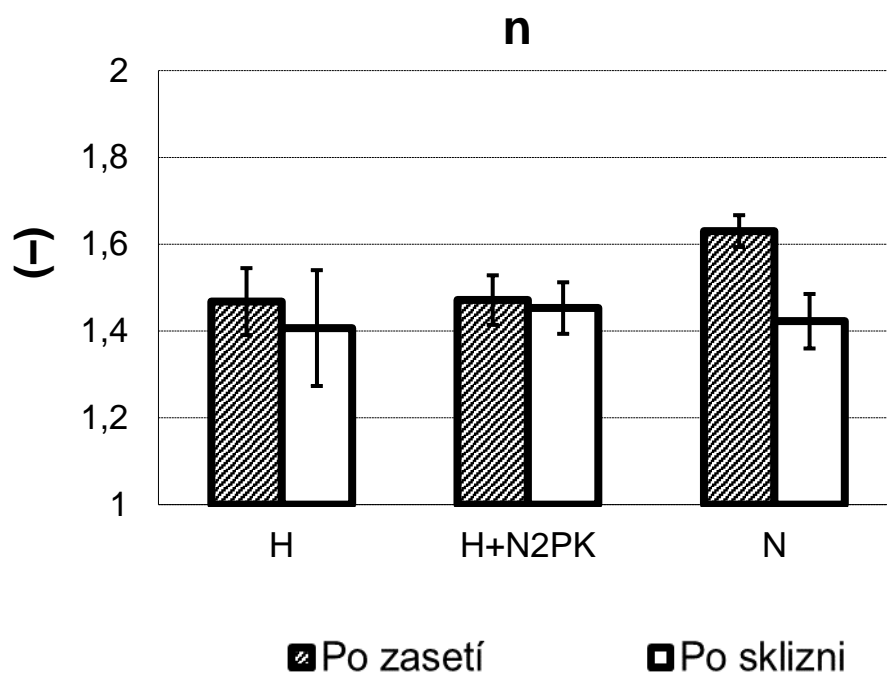
Obr. 99: Graf výsledných hodnot parametru α pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru α mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00573$), jak ukazuje Obr. 100. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 44.



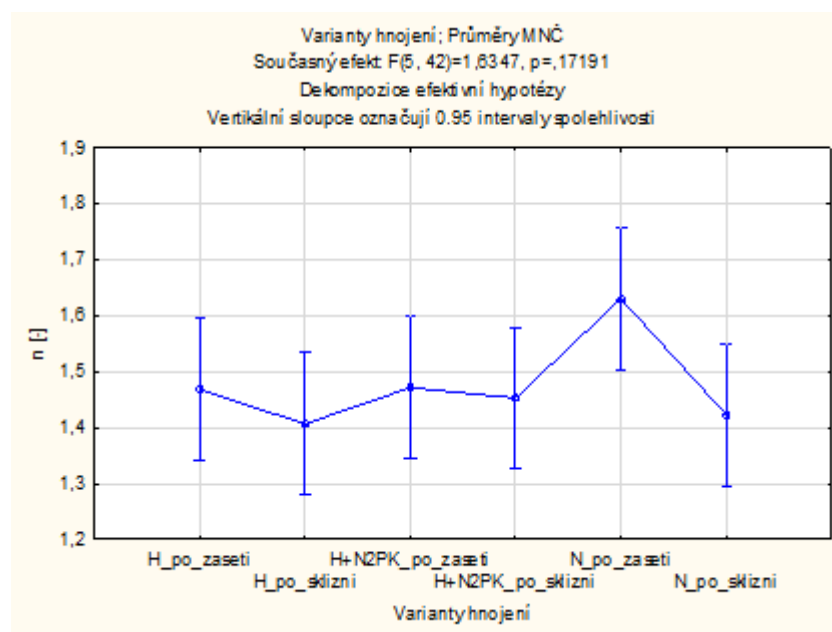
Obr. 100: Porovnání výsledků hodnot parametru a prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Optimalizací hodnot parametru n bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojené (1,6302), dále následovala varianta hnůj+N2PK (1,4712) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (1,4677). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (1,4528), dále následoval varianta nehnojené (1,4225) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (1,4068). Grafické znázornění na Obr. 101.



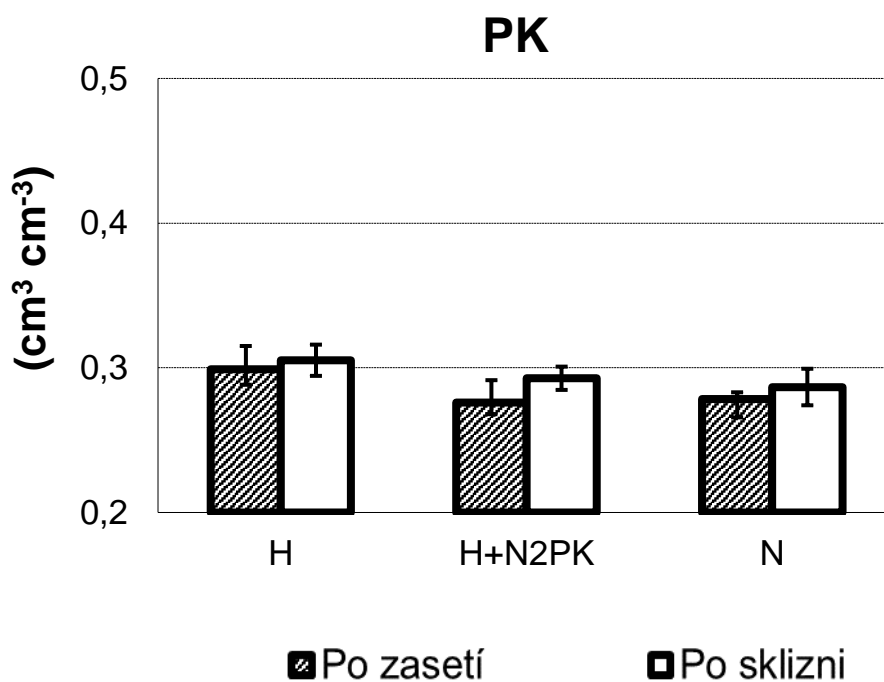
Obr. 101: Graf výsledných hodnot parametru n pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru n mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,17191$), jak ukazuje Obr. 102. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 45.



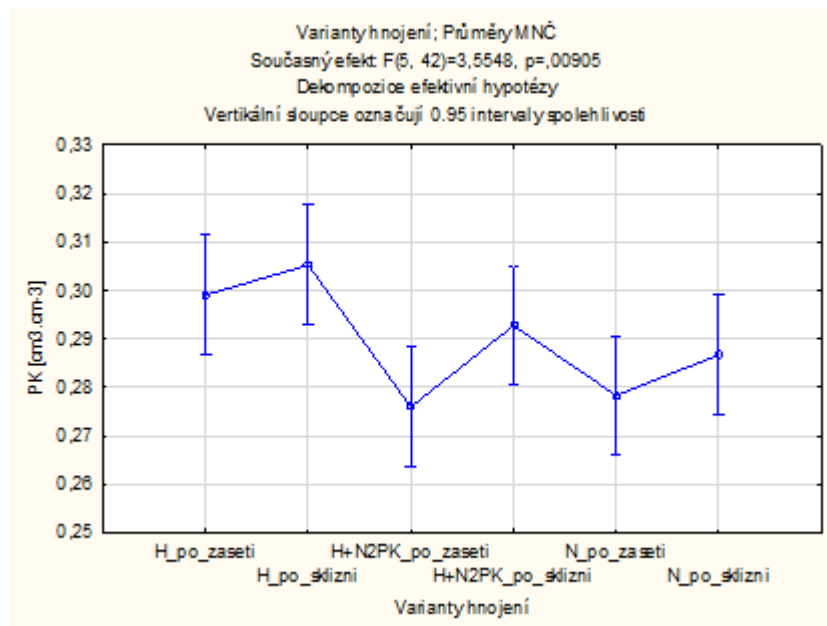
Obr. 102: Porovnání výsledků hodnot parametru n prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Stanovením hodnot polní kapacity bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,3052), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,2928) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,2867). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,2991), dále následovala varianta nehnojená (0,2783) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,2760). Grafické znázornění na Obr. 103.



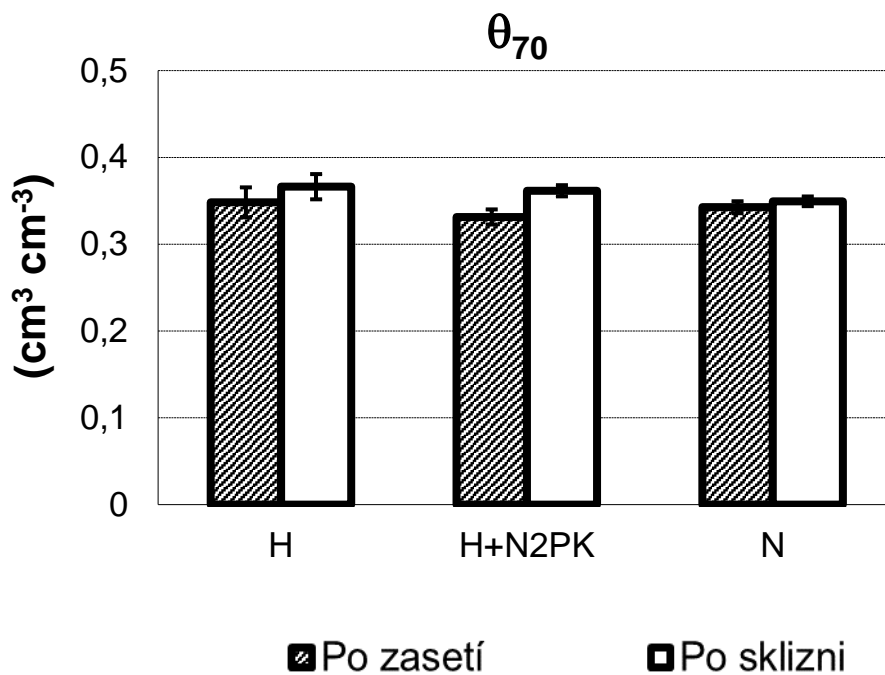
Obr. 103: Graf výsledných hodnot polní kapacity (PK) pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot polní kapacity půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00905$), jak ukazuje Obr. 104. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 46.



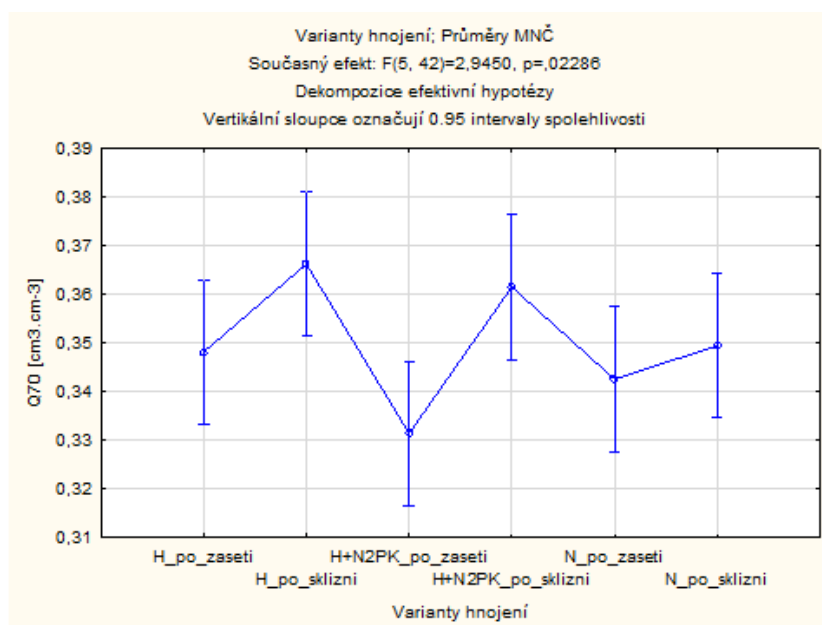
Obr. 104: Porovnání výsledků hodnot polní kapacity (PK) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Stanovením hodnot θ_{70} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,3662), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,3615) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,3494). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,3482), dále následoval varianta nehnojená (0,3426) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,3314). Grafické znázornění na Obr. 105.



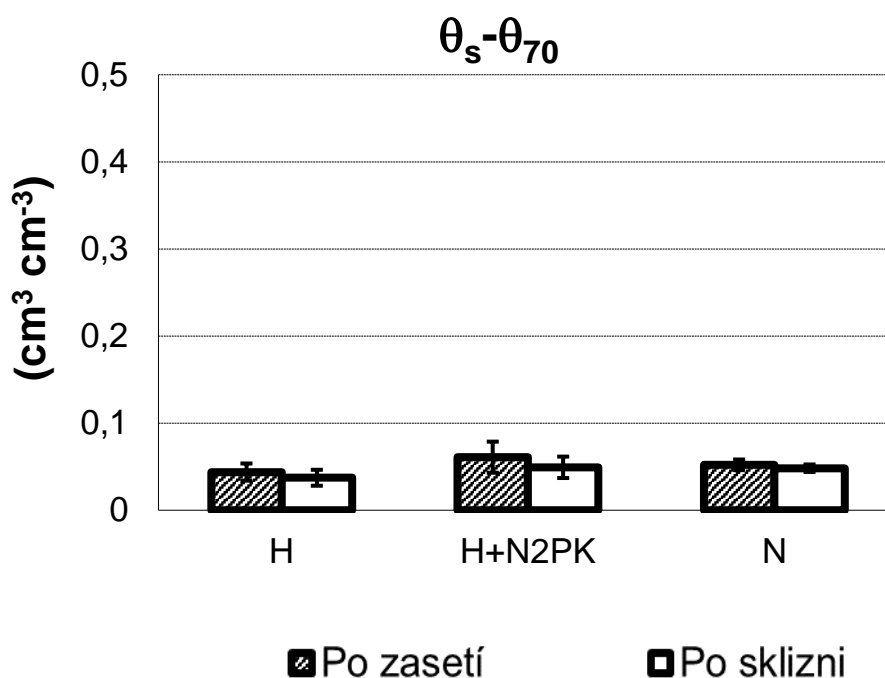
Obr. 105: Graf výsledných hodnot θ_{70} pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{70} mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,02286$), jak ukazuje Obr. 106. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 47.



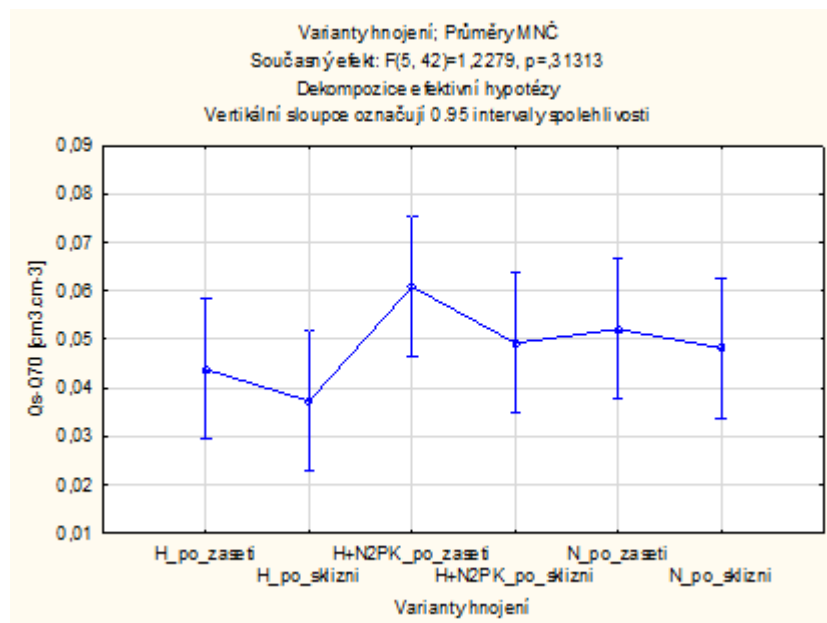
Obr. 106: Porovnání výsledků hodnot θ_{70} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Stanovením hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0609), dále následoval varianta nehnojená (0,0521) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0438). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,0493), dále následoval varianta nehnojená (0,0482) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,0373). Grafické znázornění na Obr. 107.



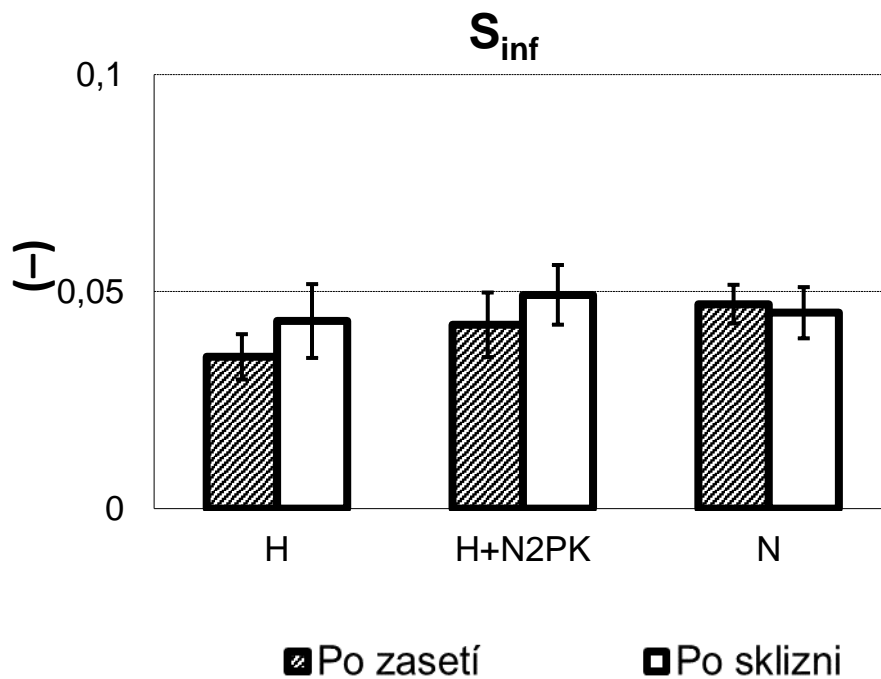
Obr. 107: Graf výsledných hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,31313$). Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 48.



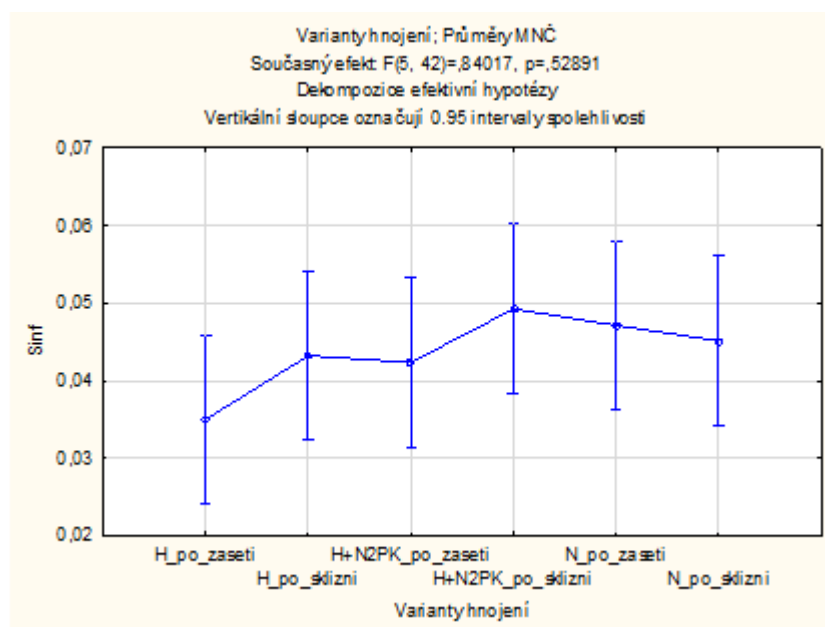
Obr. 108: Porovnání výsledků hodnot θ_s - θ_{70} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Určením hodnot sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}) bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty H+N2PK a hnojená hnojem) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0493), dále následoval varianta nehnojená (0,0451) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0432). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,0471), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,0424) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,0350). Grafické znázornění na Obr. 109.



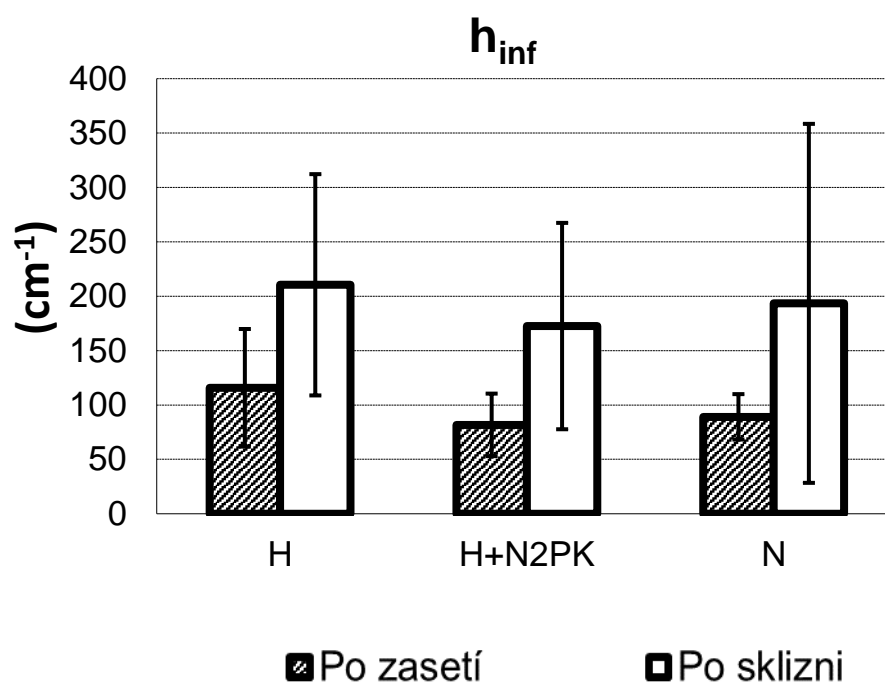
Obr. 109: Graf výsledných hodnot S_{INF} pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot S_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,52891$), jak ukazuje Obr. 110. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 49.



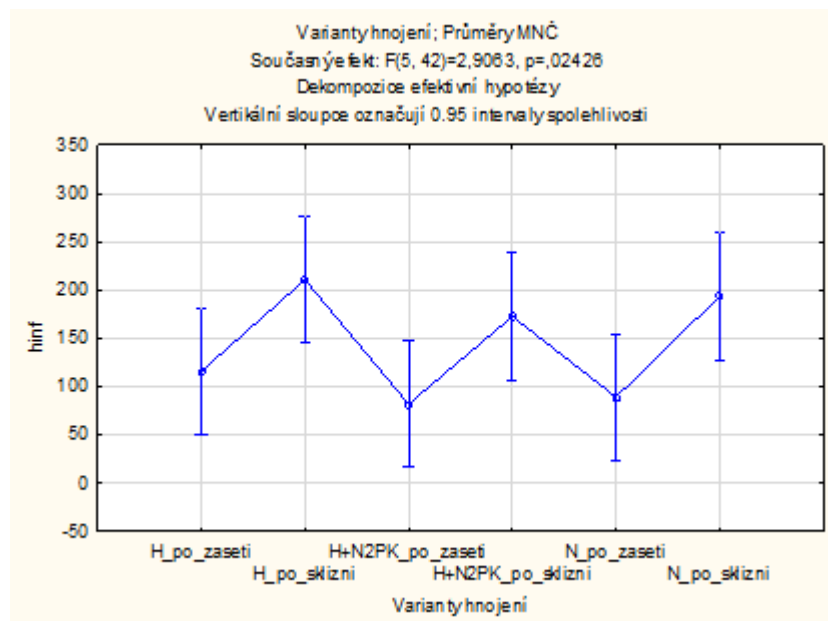
Obr. 110: Porovnání výsledků hodnot S_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Určením hodnot h_{INF} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnojené hnojem (210,51), dále následoval varianta nehnojená (193,43) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (172,55). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (115,80), dále následoval varianta nehnojená (89,12) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (81,72). Grafické znázornění na Obr. 111.



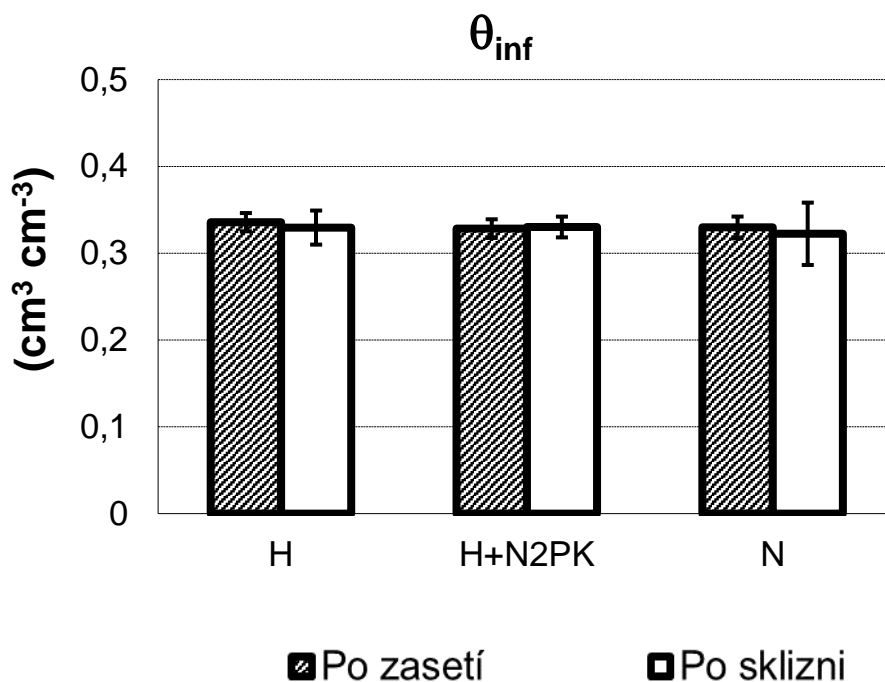
Obr. 111: Graf výsledných hodnot h_{INF} pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot h_{INF} mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,02426$), jak ukazuje Obr. 112. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 50.



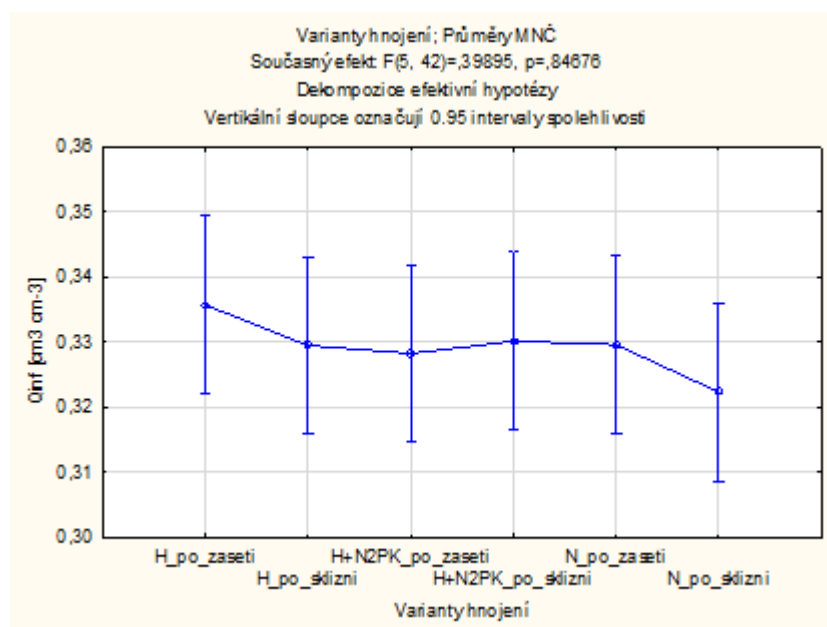
Obr. 112: Porovnání výsledků hodnot h_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Určením hodnot θ_{INF} bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnojená hnojem a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta H+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojená hnojem (0,336), dále následoval varianta nehnojená (0,330) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (0,328). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u variant hnojené hnojem a hnůj+N2PK (0,330) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,322). Grafické znázornění na Obr. 113.



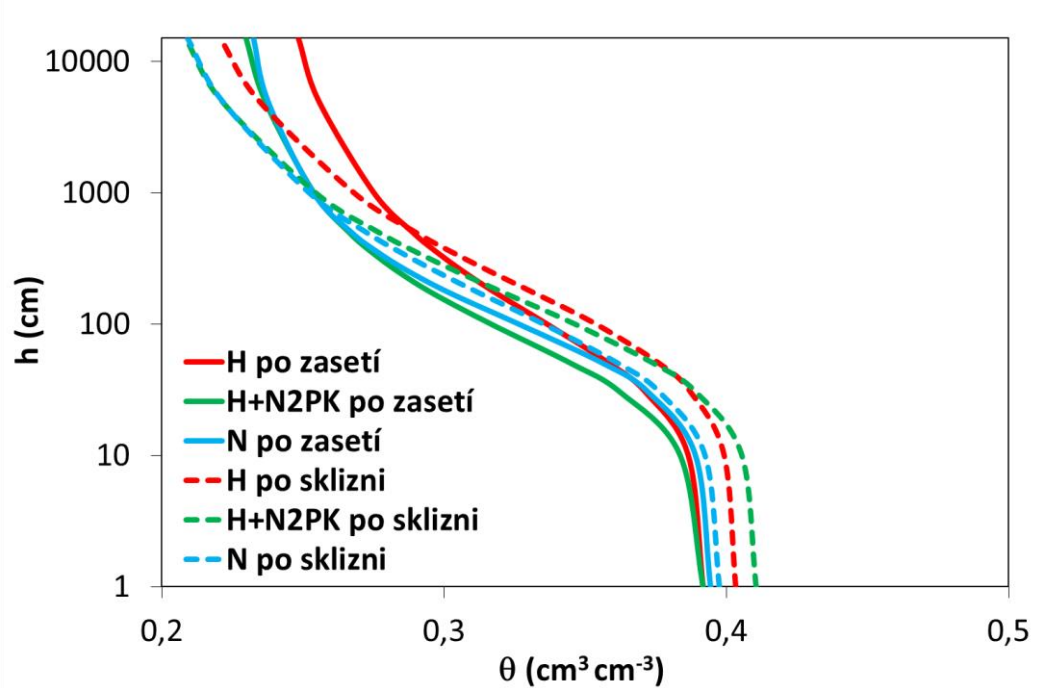
Obr. 113: Graf výsledných hodnot θ_{INF} pro lokalitu Čáslav.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,84676$), jak ukazuje Obr. 114. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 51.



Obr. 114: Porovnání výsledků hodnot θ_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Čáslav.

Retenční čáry (průměrné hodnoty) jednotlivých postupů hnojení a jejich rozdílné tvary po zasetí a po sklizni kukuřice lze vidět na Obr. 115.



Obr. 115: Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z přetlakového aparátu pro období po zasetí (plná čára) a sklizni (čárkovaná čára) kukuřice na lokalitě Čáslav.

5.3 Lukavec

V následujících podkapitolách budou popsány výsledky základních fyzikálních, hydrofyzikálních a hydraulických vlastností půd pro lokalitu Lukavec.

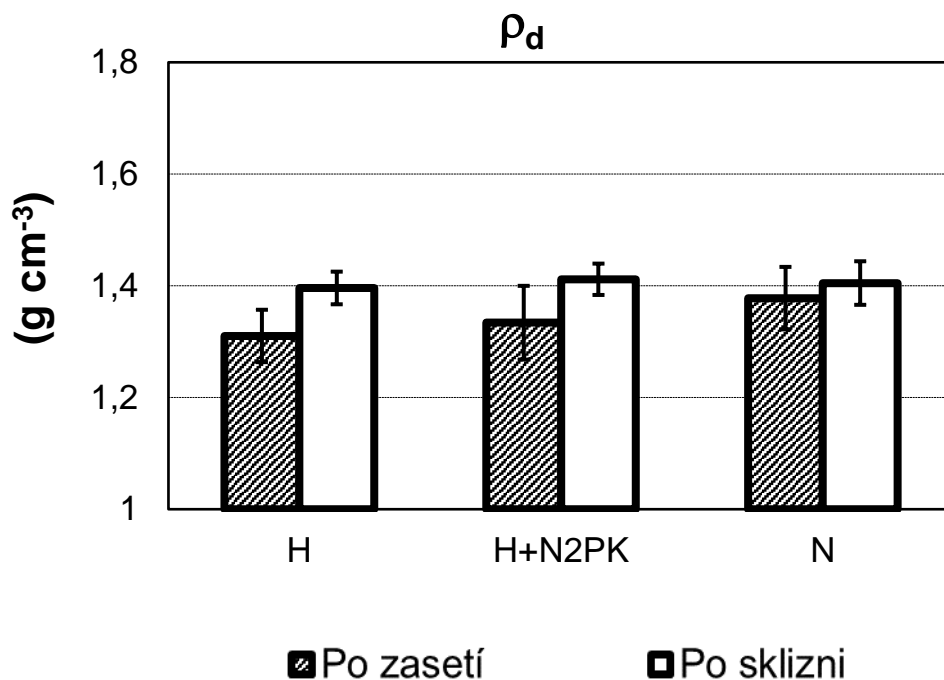
5.3.1 Základní fyzikální vlastnosti

Výsledné průměrné hodnoty objemové hmotnosti a pórovitosti a jejich směrodatné odchylky pro lokalitu Čáslav lokalitu Lukavec jsou uvedeny v Tab. 10.

Tab. 10: Výsledné hodnoty objemové hmotnosti (ρ_d) a pórovitosti (P) s jejich směrodatnými odchylkami pro lokalitu Lukavec.

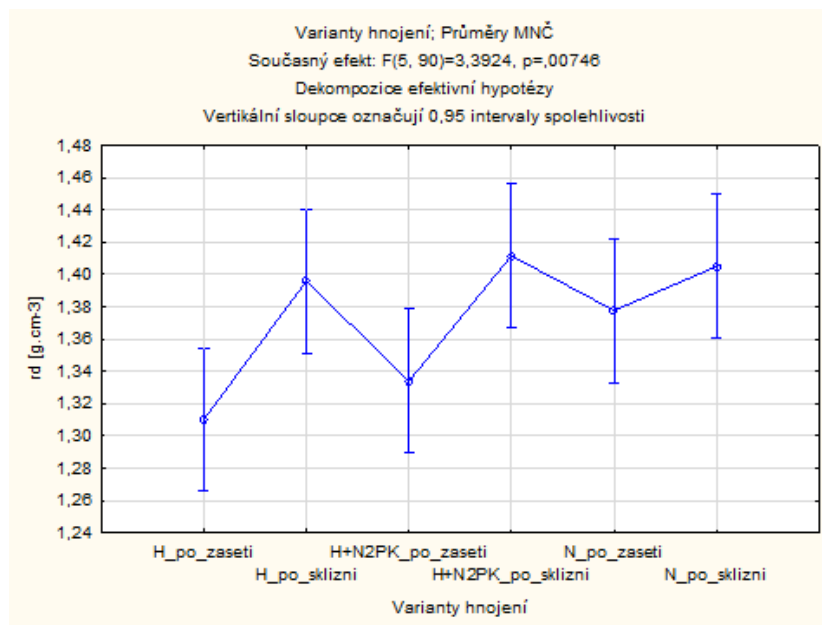
Období	Var.	ρ_d [g cm ⁻³]	P [cm ³ cm ⁻³]
Po zasetí	H	1,3101 ±0,0469	0,5056 ±0,0177
	H+N2PK	1,3339 ±0,0660	0,4966 ±0,0249
	N	1,3778 ±0,0559	0,4801 ±0,0211
Po sklizni	H	1,3960 ±0,0292	0,4732 ±0,0110
	H+N2PK	1,4116 ±0,0281	0,4673 ±0,0106
	N	1,4049 ±0,0390	0,4699 ±0,0147

Stanovením hodnot objemové hmotnosti půdy bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (1,4116), dále následovala varianta nehnojená (1,4049) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (1,3960). V období po sklizni byla naměřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (1,3778), dále následovala varianta hnůj+N2PK (1,3339) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty hnojené hnojem (1,3101). Grafické znázornění na Obr. 116.



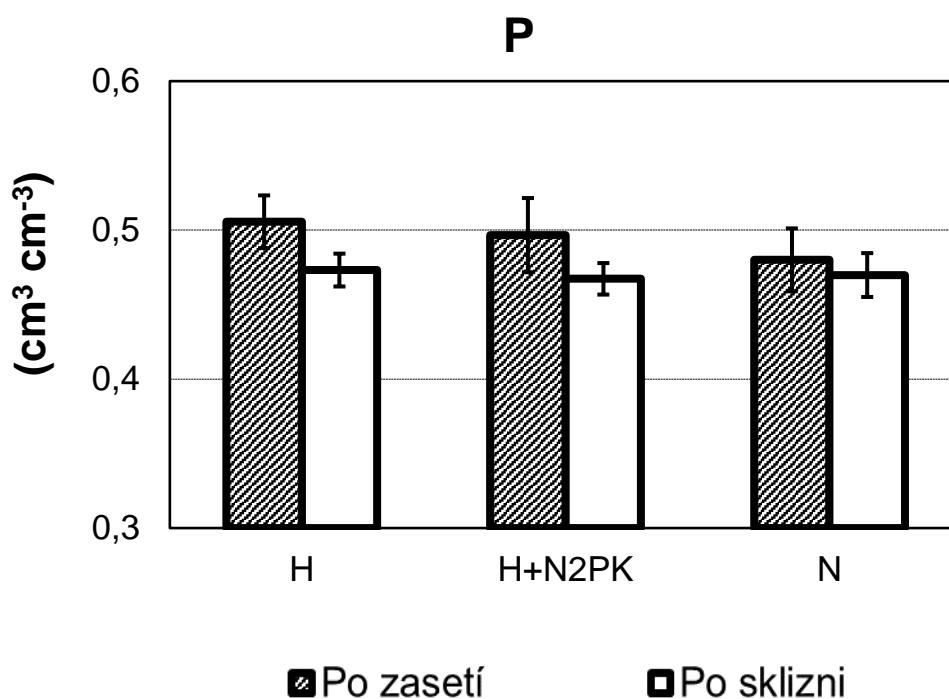
Obr. 116: Graf výsledných hodnot objemové hmotnosti půdy (ρ_d) pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot objemové hmotnosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00746$), jak ukazuje Obr. 117. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 52.



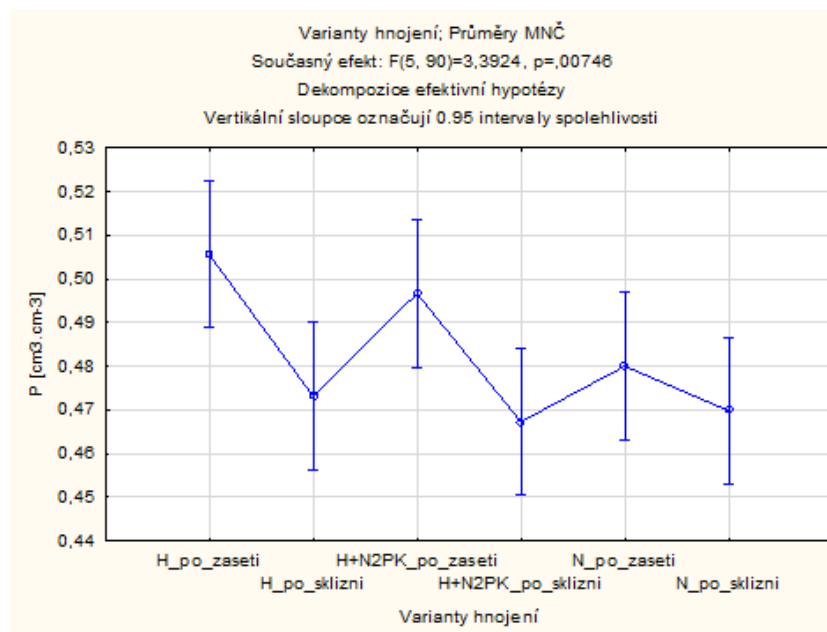
Obr. 117: Porovnání výsledků hodnot objemové hmotnosti půdy (ρ_d) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Stanovením hodnot pórovitosti půdy bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,5056), dále následovala varianta hnůj+N2PK (0,4966) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,4801). V období po sklizni byla naměřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,4732), dále následovala varianta nehnojená (0,4699) a nejnižší hodnota byla zajištěna u varianty hnůj+N2PK (0,4673). Grafické znázornění na Obr. 118.



Obr. 118: Graf výsledných hodnot pórovitosti půdy (P) pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot pórovitosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,007460$), jak ukazuje Obr. 119. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 53.



Obr. 119: Porovnání výsledků hodnot pórovitosti půdy (P) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

5.3.2 Hydrofyzikální vlastnosti

V této kapitole byly popsány výsledky hydraulických parametrů, charakteristiky popisující půdní pórový systém a parametry inflexních bodů, které byly získány z Tempských cel a z přetlakového aparátu pro lokalitu Lukavec.

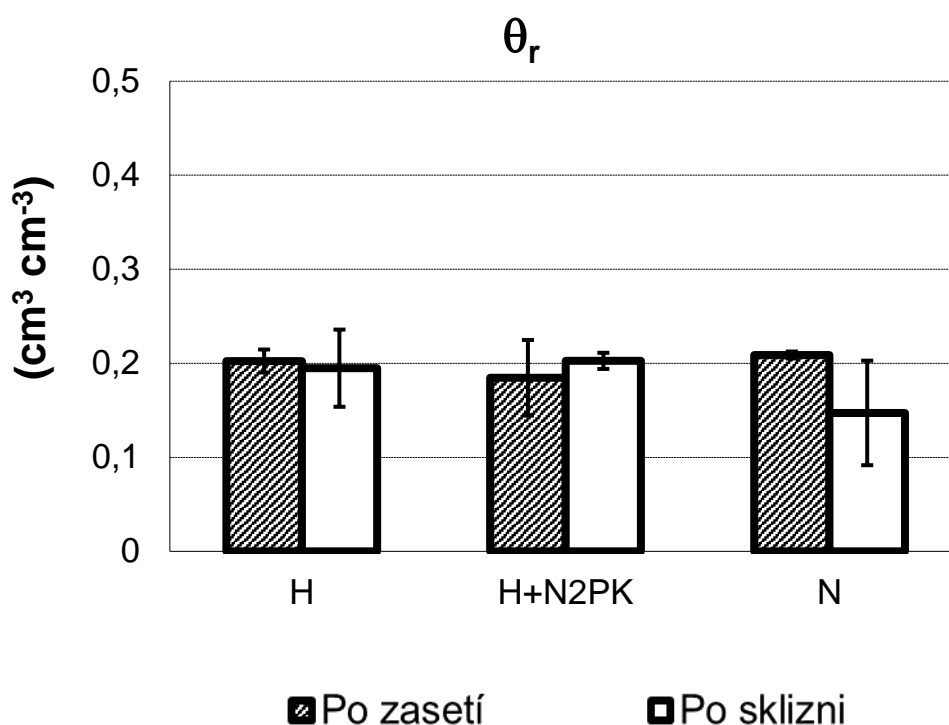
5.3.2.1 Tempké cely

Výsledné průměrné hodnoty hydraulických parametrů, charakteristik popisující půdní pórový systém a parametrů inflexních bodů a jejich směrodatné odchylky pro lokalitu Lukavec jsou uvedeny v Tab. 11.

Tab. 11: Výsledné hodnoty reziduální vlhkosti (θ_r), nasycené vlhkosti (θ_s), α , n , polní kapacity (PK), θ_70 , $\theta_s - \theta_70$, K_s , K_{smer} , S_{INF} , h_{INF} , θ_{INF} s jejich směrodatnými odchylkami pro lokalitu Lukavec získané z Tempských cel.

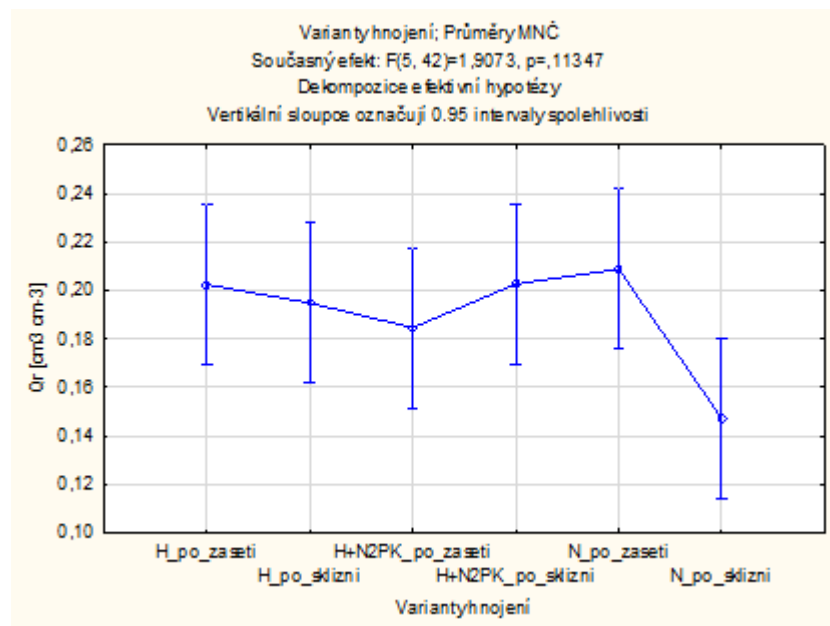
Období	Var.	θ_r [cm ³ cm ⁻³]	θ_s [cm ³ cm ⁻³]	α [cm ⁻¹]	n [-]
Po zasetí	H	0,2025 ±0,0122	0,4965 ±0,0201	0,0648 ±0,0156	1,8271 ±0,2096
	H+N2PK	0,1846 ±0,0402	0,4961 ±0,0337	0,0809 ±0,0127	1,6780 ±0,1803
	N	0,2088 ±0,0037	0,4662 ±0,0490	0,0768 ±0,0233	1,6058 ±0,1210
Po sklizni	H	0,1948 ±0,0411	0,4550 ±0,0248	0,0573 ±0,0166	1,6736 ±0,1331
	H+N2PK	0,2026 ±0,0086	0,4689 ±0,0312	0,0596 ±0,0101	1,6254 ±0,0947
	N	0,1472 ±0,0556	0,4419 ±0,0197	0,0666 ±0,0067	1,4691 ±0,2196
Období	Var.	K_s [cm .h ⁻¹]	K_{smer} [cm h ⁻¹]	PK [cm ³ cm ⁻³]	θ_70 [cm ³ cm ⁻³]
Po zasetí	H	12,7594 ±8,9522	2,6489 ±2,7075	0,2321 ±0,0087	0,2944 ±0,0162
	H+N2PK	10,2630 ±2,8242	3,9091 ±5,0392	0,2432 ±0,0054	0,2974 ±0,0038
	N	8,7344 ±7,5801	0,7801 ±0,4199	0,2496 ±0,0125	0,3026 ±0,0156
Po sklizni	H	7,8765 ±8,1325	1,6213 ±0,7740	0,2420 ±0,0233	0,2989 ±0,0171
	H+N2PK	7,7117 ±1,7522	1,4268 ±1,4241	0,2465 ±0,0099	0,3111 ±0,0204
	N	9,8144 ±3,5055	3,9295 ±6,2428	0,2402 ±0,0144	0,3021 ±0,0151
Období	Var.	S_{INF} [-]	h_{INF} [cm]	θ_{INF} [cm ³ cm ⁻³]	$\theta_s - \theta_70$ [cm ³ cm ⁻³]
Po zasetí	H	0,0973 ±0,0137	28,7444 ±13,4017	0,3770 ±0,0341	0,2021 ±0,0186
	H+N2PK	0,0877 ±0,0178	28,6937 ±19,7868	0,3801 ±0,0301	0,1987 ±0,0352
	N	0,0696 ±0,0212	27,5925 ±11,3376	0,3675 ±0,0290	0,1636 ±0,0600
Po sklizni	H	0,0759 ±0,0136	40,7936 ±26,7712	0,3547 ±0,0352	0,1561 ±0,0373
	H+N2PK	0,0728 ±0,0079	31,6568 ±6,9467	0,3658 ±0,0190	0,1578 ±0,0114
	N	0,0617 ±0,0157	49,5582 ±43,8553	0,3414 ±0,0200	0,1398 ±0,0347

Stanovením hodnot reziduální vlhkosti půdy bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty nehnojená a hnojená hnojem) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta hnůj+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojené (0,2088), dále následovala varianta hnojená hnojem (0,2025) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (0,1846). V období po sklizni byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,2026). Dále následovala varianta hnojená hnojem (0,1948) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty nehnojené (0,1472). Grafické znázornění na Obr. 120.



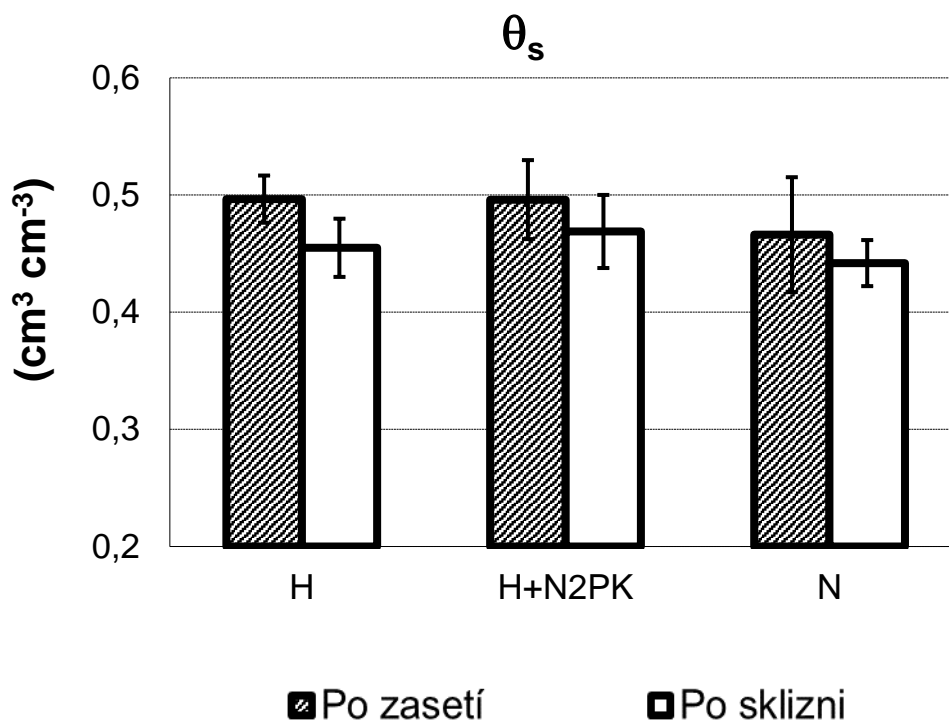
Obr. 120: Graf výsledných hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot reziduální vlhkosti půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,113466$), jak ukazuje Obr. 121. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 54.



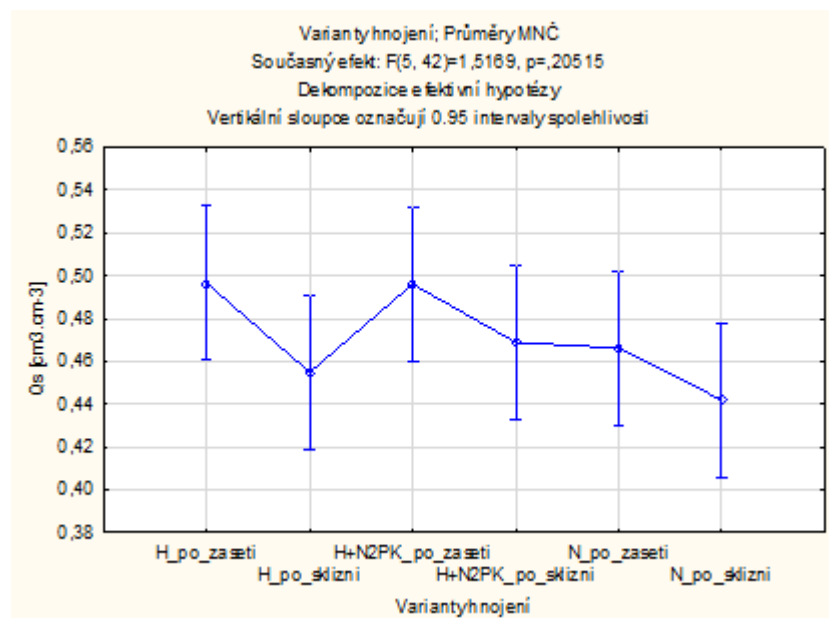
Obr. 121: Porovnání výsledků hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Stanovením hodnot nasycené vlhkosti půdy bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojená hnojem (0,4965), dále následoval varianta hnůj+N₂PK (0,4961) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,4662). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N₂PK (0,4689), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,4550) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,4419). Grafické znázornění na Obr. 122.



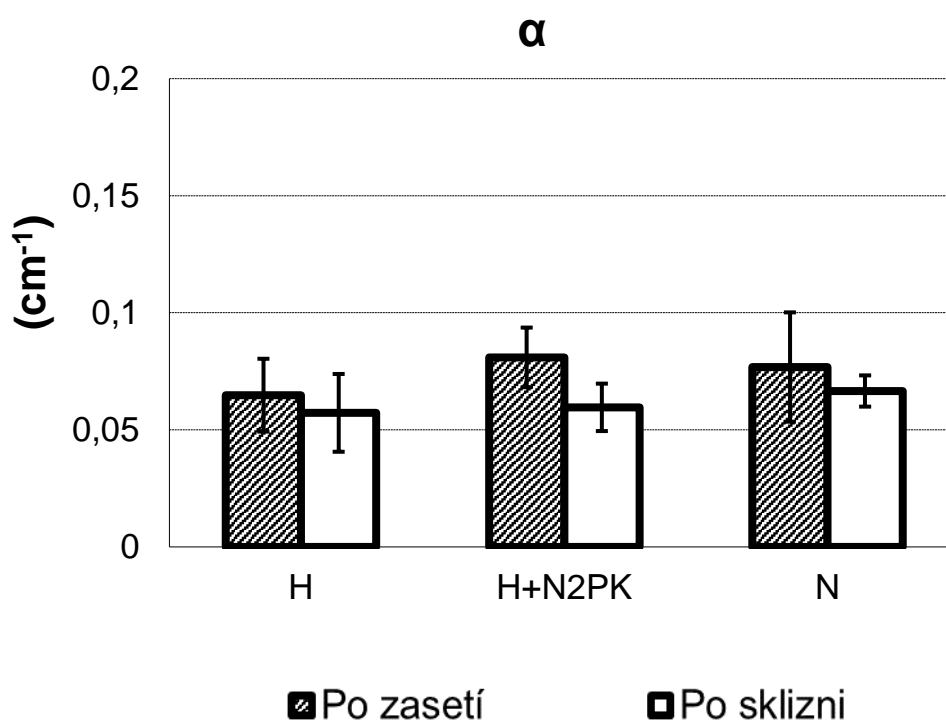
Obr. 122: Graf výsledných hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot objemové hmotnosti půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,20515$), jak ukazuje Obr. 123. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 55.



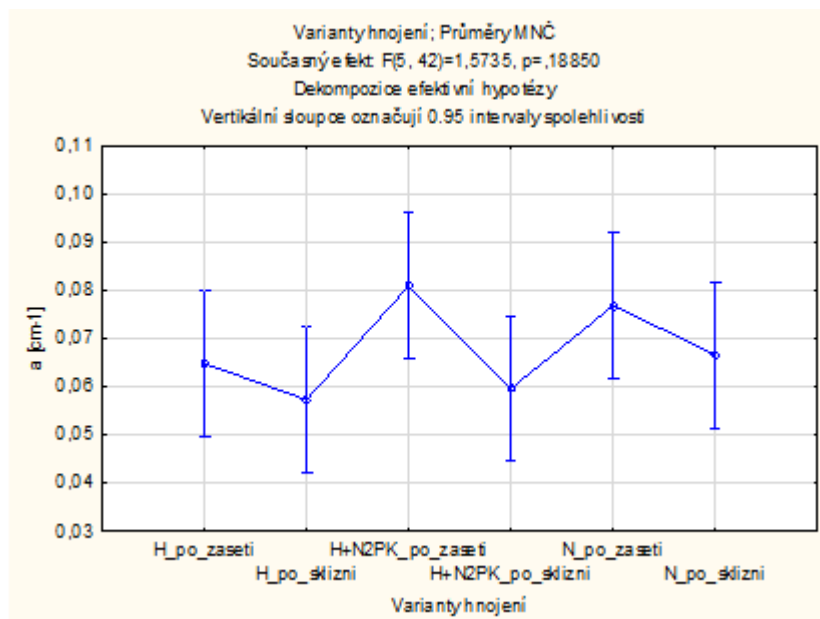
Obr. 123: Porovnání výsledků hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Optimalizací hodnot parametru α bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0809), dále následoval varianta nehnojená (0,0768) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0648). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,0666), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,0596) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,0573). Grafické znázornění na Obr. 124.



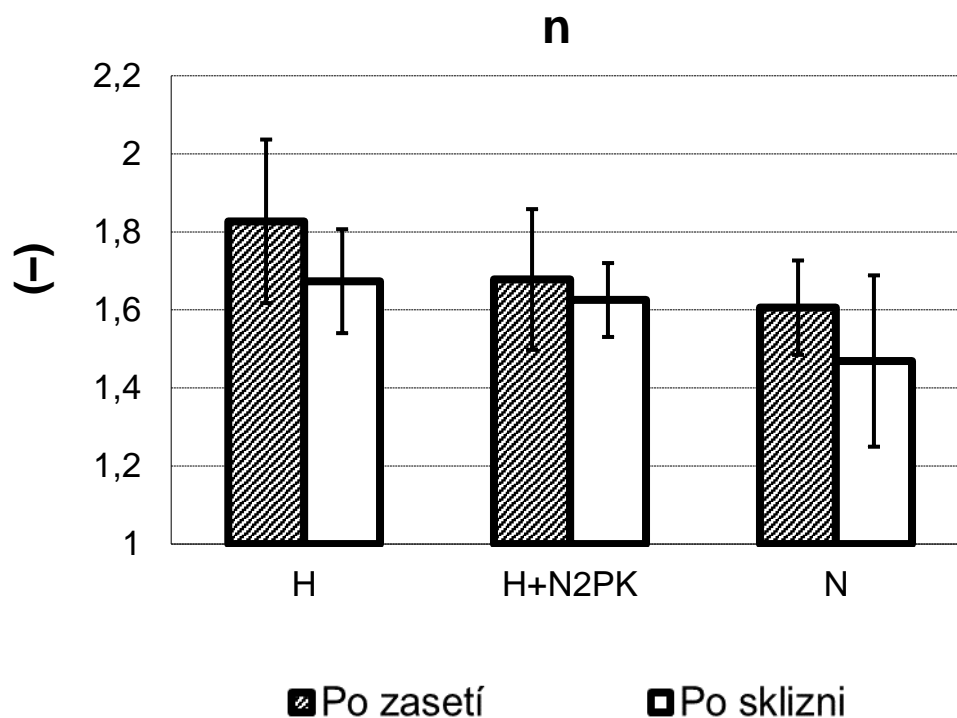
Obr. 124: Graf výsledných hodnot parametru α pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru α mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,18850$), jak ukazuje Obr. 125. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 56.



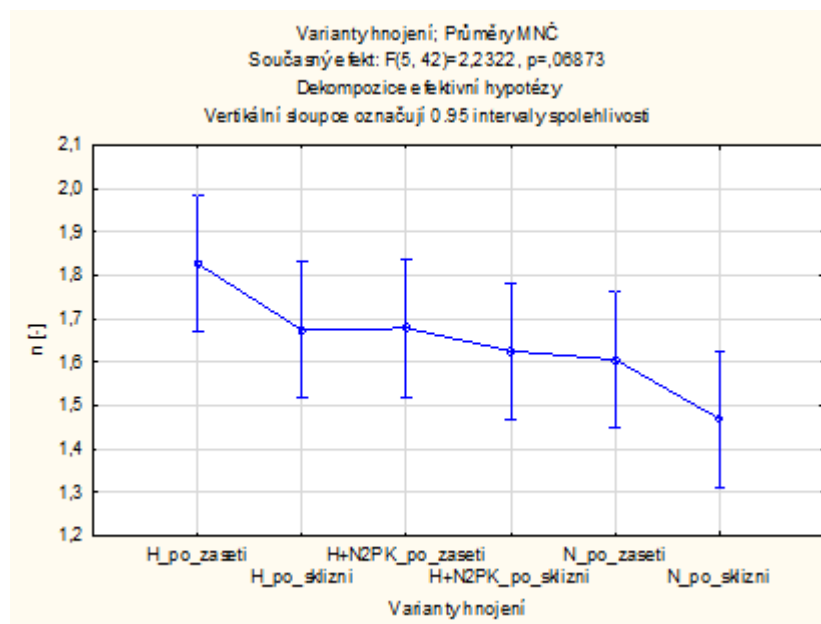
Obr. 125: Porovnání výsledků hodnot parametru a prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Optimalizací hodnot parametru n bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (1,8271), dále následovala varianta hnůj+N2PK (1,6780) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojené (1,6058). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (1,6736), dále následoval varianta hnůj+N2PK (1,6254) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (1,4691). Grafické znázornění na Obr. 126.



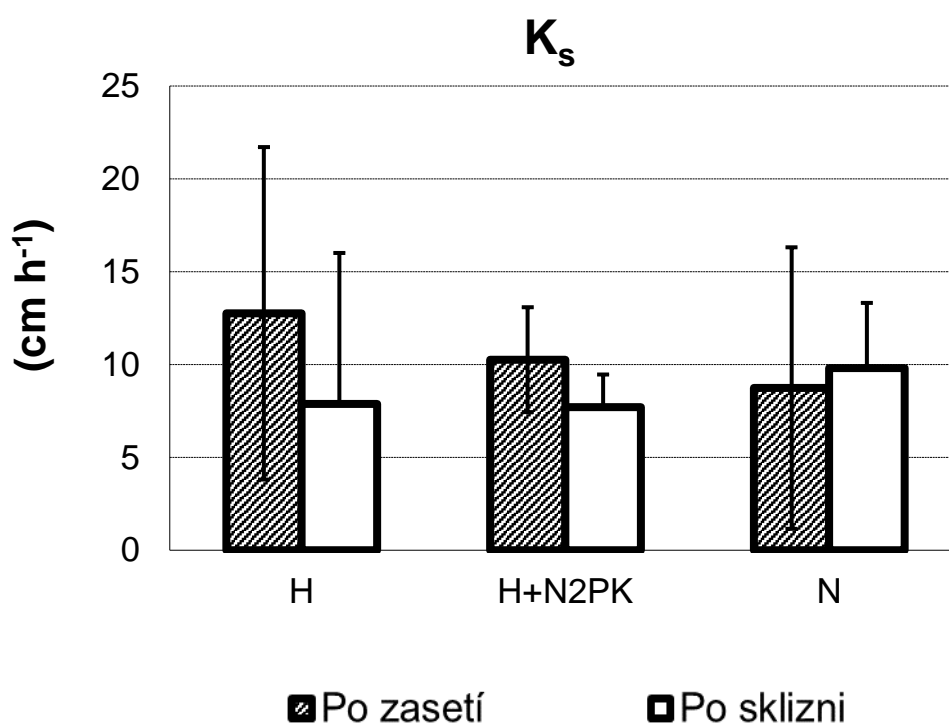
Obr. 126: Graf výsledných hodnot parametru n pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru n mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,06873$), jak ukazuje Obr. 127. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 57.



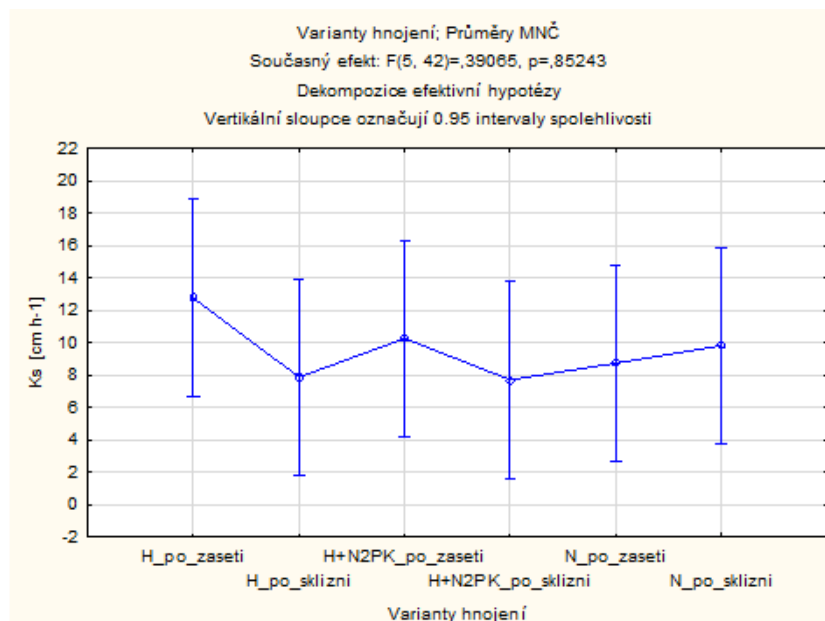
Obr. 127: Porovnání výsledků hodnot parametru n prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Optimalizací hodnot nasycené hydraulické vodivosti (K_s) bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnojená hnojem a hnůj+N2PK) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (12,7594), dále následovala varianta hnůj+N2PK (10,2630) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (8,7344). V období po sklizni byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty nehnojené (9,8144). Dále následovala varianta hnojená hnojem (7,8765) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty hnůj+N2PK (7,7117). Grafické znázornění na Obr. 128.



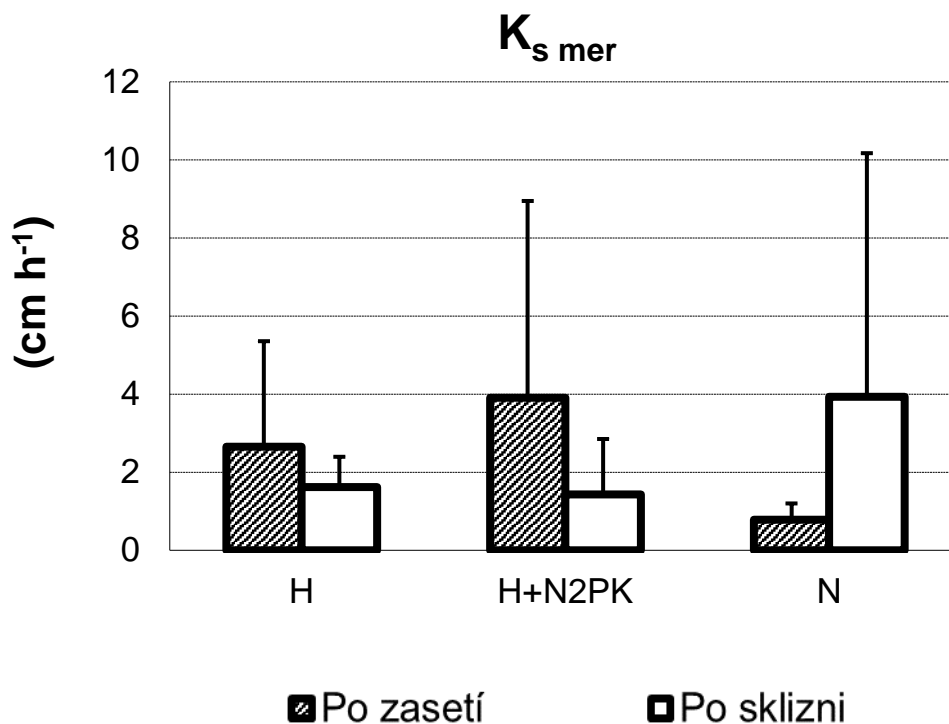
Obr. 128: Graf výsledných hodnot K_s pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot K_s mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,85243$), jak ukazuje Obr. 129. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 58.



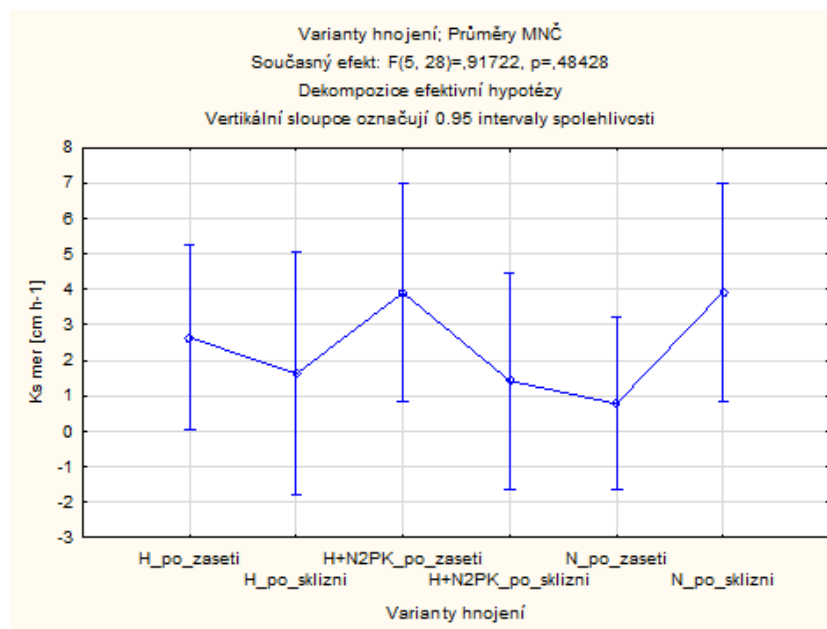
Obr. 129: Porovnání výsledků hodnot K_s prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Měřením hodnot nasycené hydraulické vodivosti (K_{smer}) bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí (varianty hnojená hnojem a hnůj+N2PK) a u jedné varianty byla vyšší hodnota naměřena v období po sklizni (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (3,9091), dále následovala varianta hnojená hnojem (2,6489) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,7801). V období po sklizni byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty nehnojené (3,9295). Dále následovala varianta hnojená hnojem (2,6489) a nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty hnůj+N2PK (0,7801). Grafické znázornění na Obr. 130.



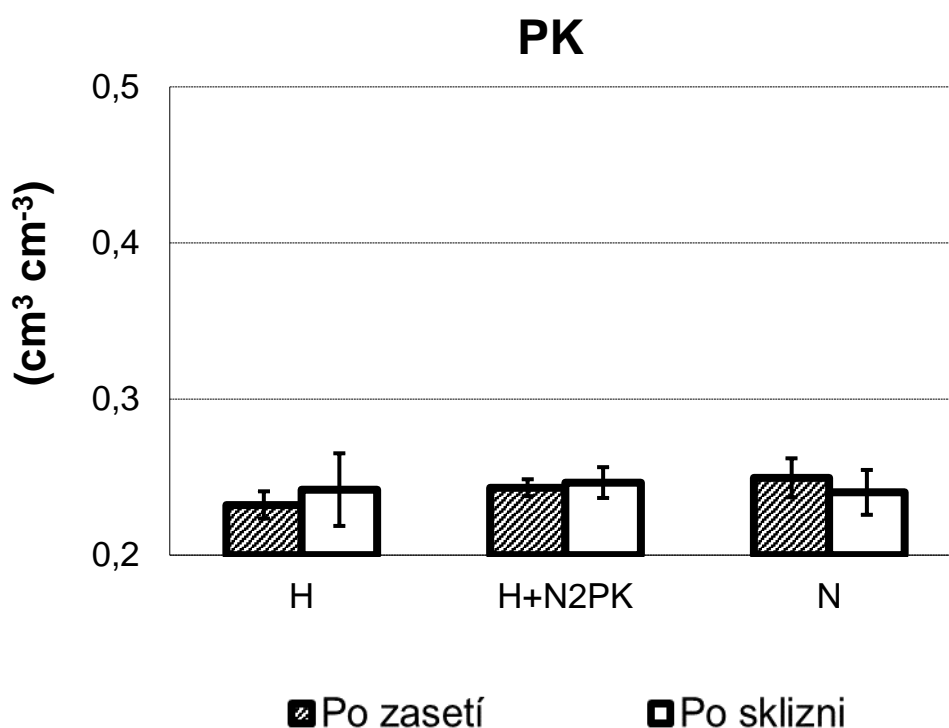
Obr. 130: Graf výsledných hodnot K_{smer} pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot K_{smer} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,48428$), jak ukazuje Obr. 131. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 59.



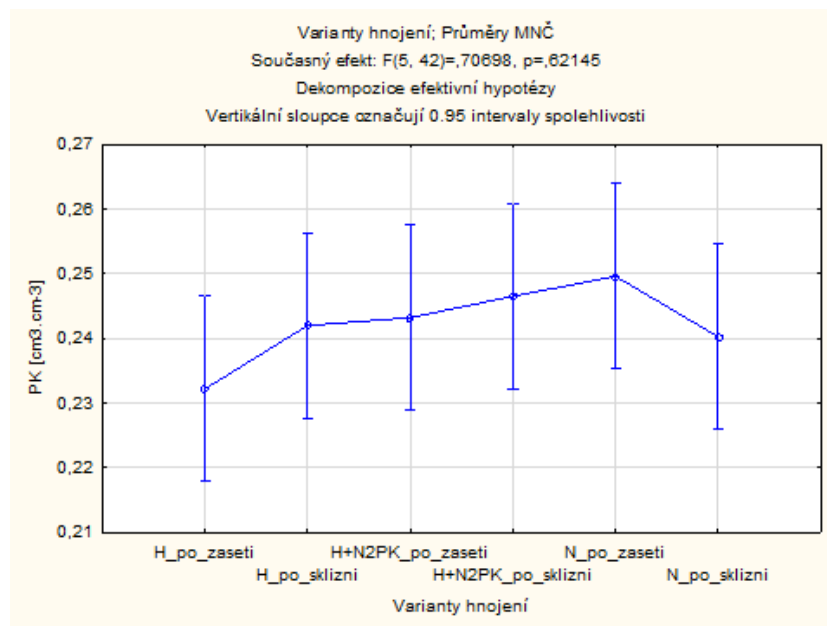
Obr. 131: Porovnání výsledků hodnot K_{smer} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Stanovením hodnot polní kapacity bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty hnojená hnojem a H+N2PK) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,2465), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,2420) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,2402). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,2496), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,2432) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,2321). Grafické znázornění na Obr. 132.



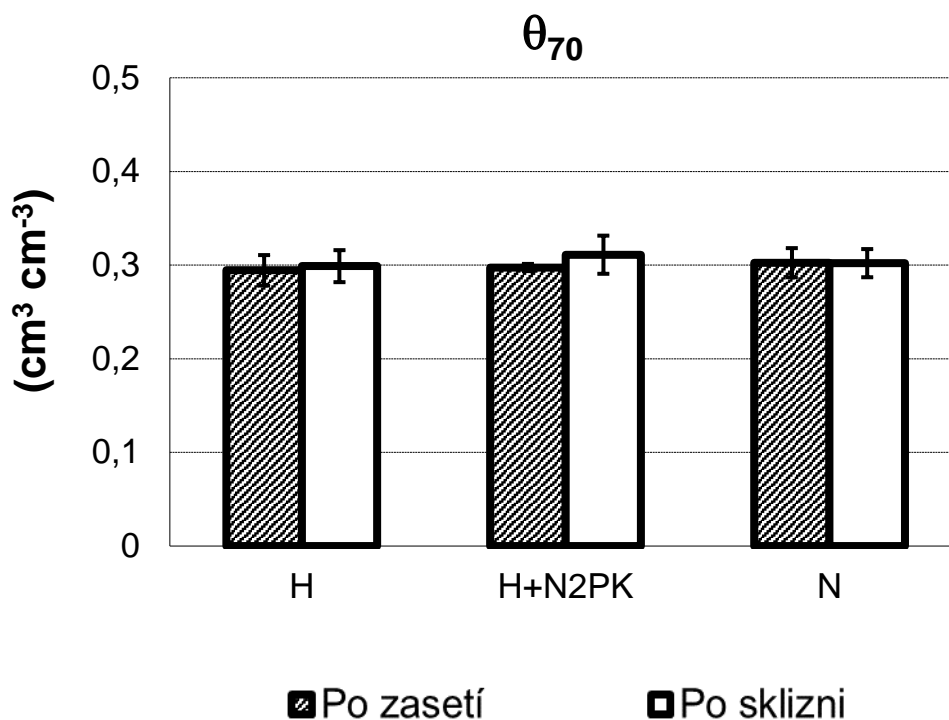
Obr. 132: Graf výsledných hodnot polní kapacity (PK) pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot polní kapacity půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,62145$), jak ukazuje Obr. 133. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 60.



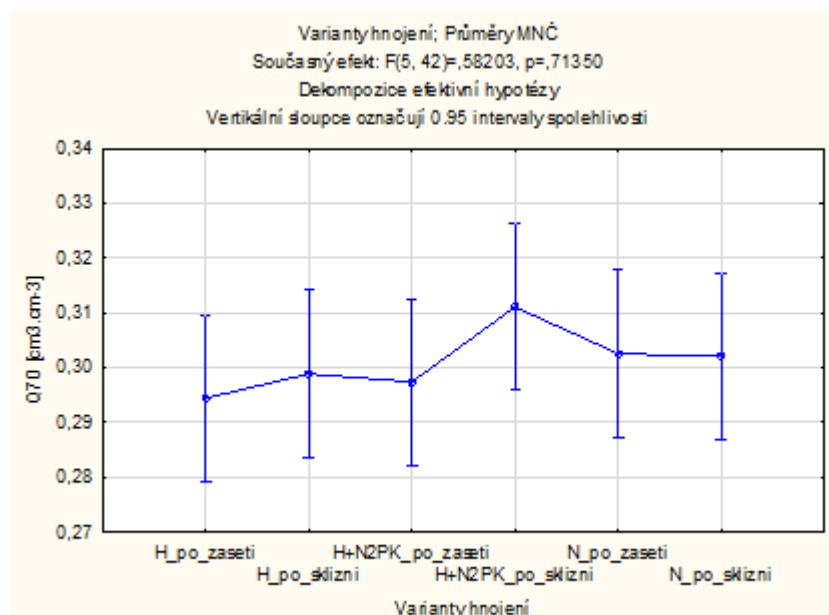
Obr. 133: Porovnání výsledků hodnot polní kapacity (PK) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Stanovením hodnot θ_{70} bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty hnojená hnojem a H+N2PK) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta nehnojená). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,3111), dále následoval varianta nehnojená (0,3021) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,2989). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojená (0,3026), dále následovala varianta hnůj+N2PK (0,2974) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,2944). Grafické znázornění na Obr. 134.



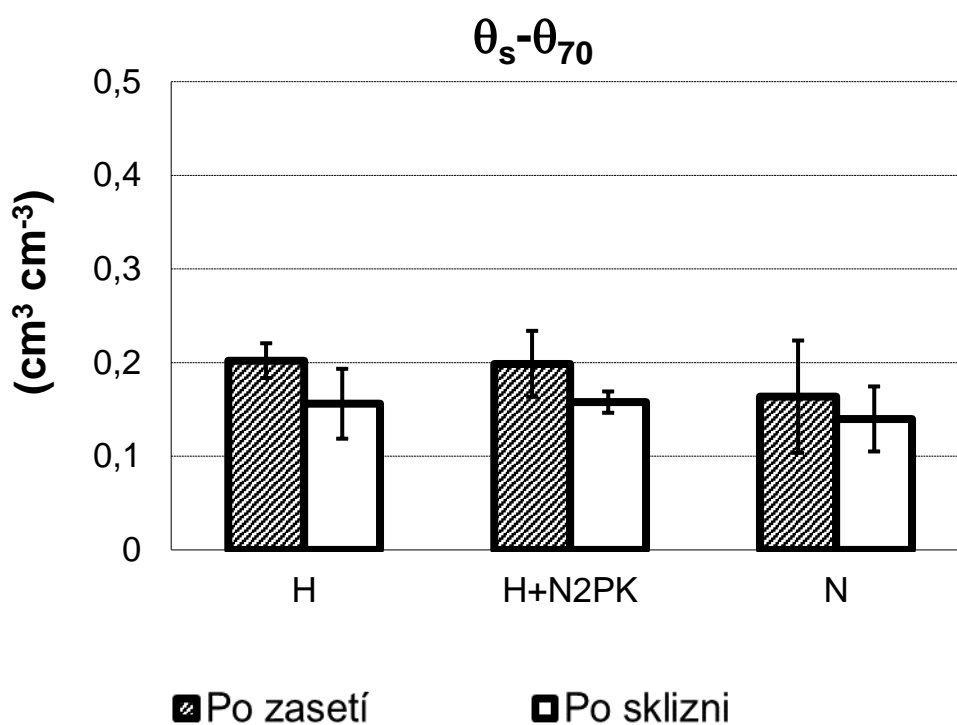
Obr. 134: Graf výsledných hodnot θ_{70} pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{70} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,71350$), jak ukazuje Obr. 135. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 61.



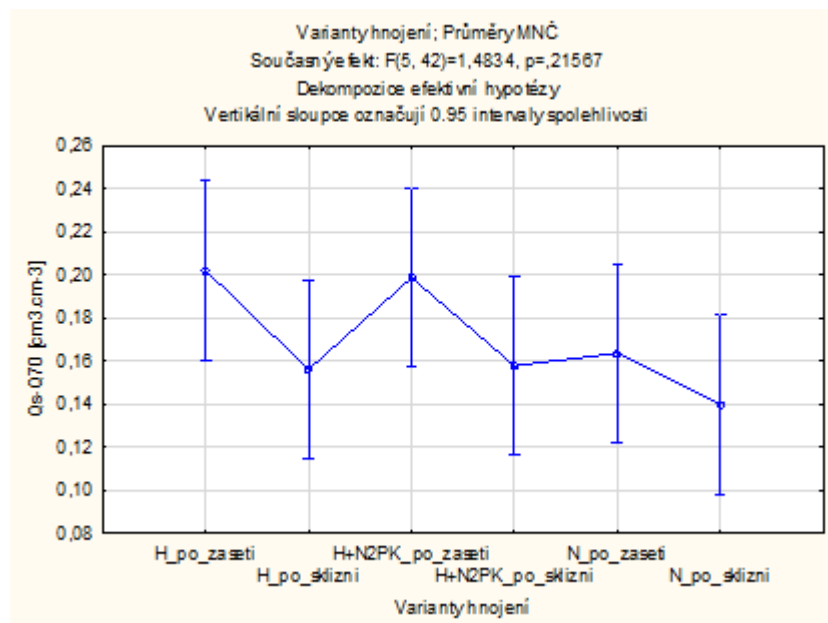
Obr. 135: Porovnání výsledků hodnot θ_{70} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Stanovením hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,2021), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,1987) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,1636). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,1578), dále následovala varianta hnojené hnojem (0,1561) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,1398). Grafické znázornění na Obr. 136.



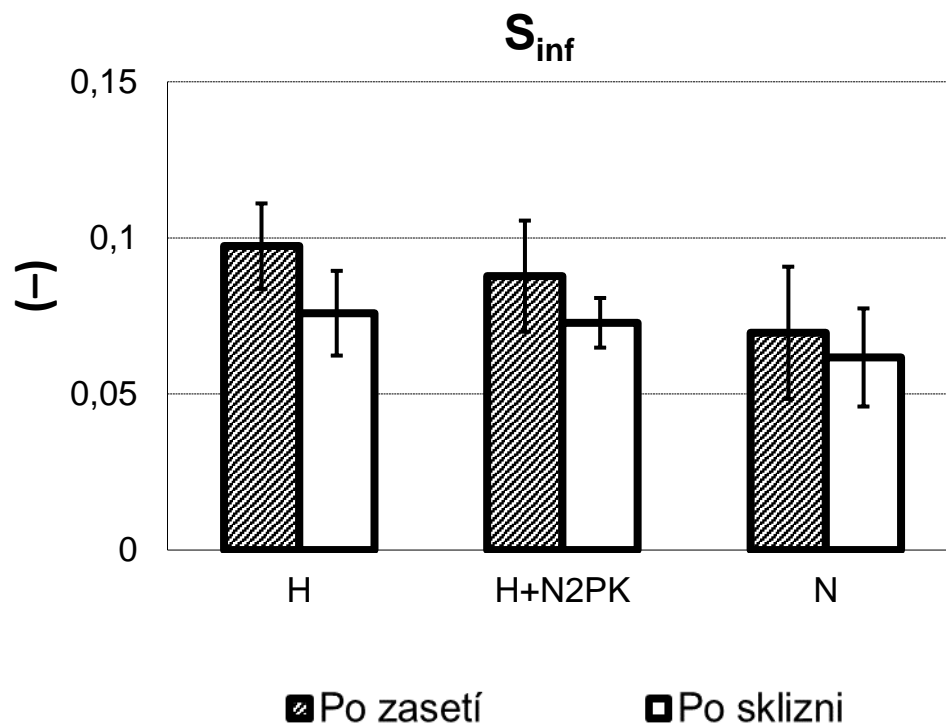
Obr. 136: Graf výsledných hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,999012$), jak ukazuje Obr. 137. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 62.



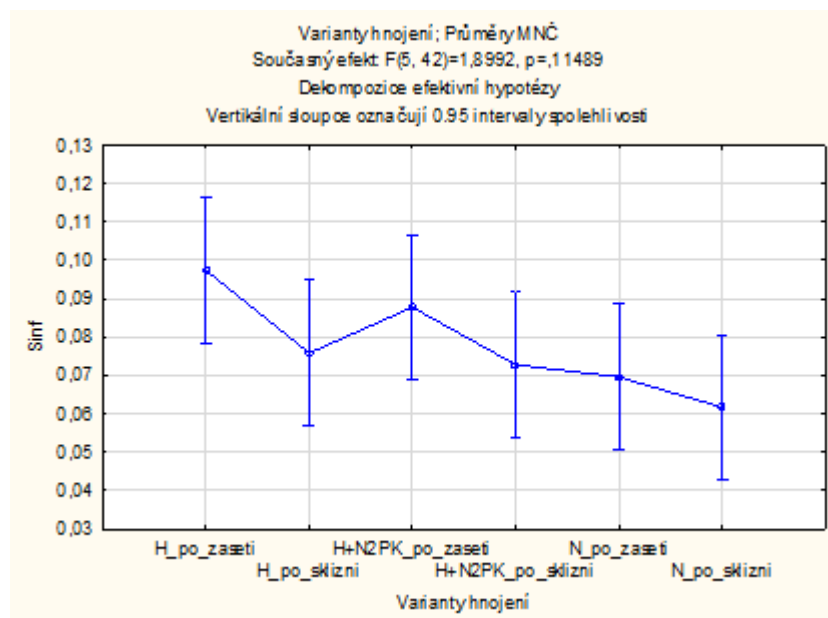
Obr. 137: Porovnání výsledků hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Určením hodnot sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}) bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,2021), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,1987) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,1636). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,1578), dále následovala varianta hnojené hnojem (0,1561) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,1398). Grafické znázornění na Obr. 138.



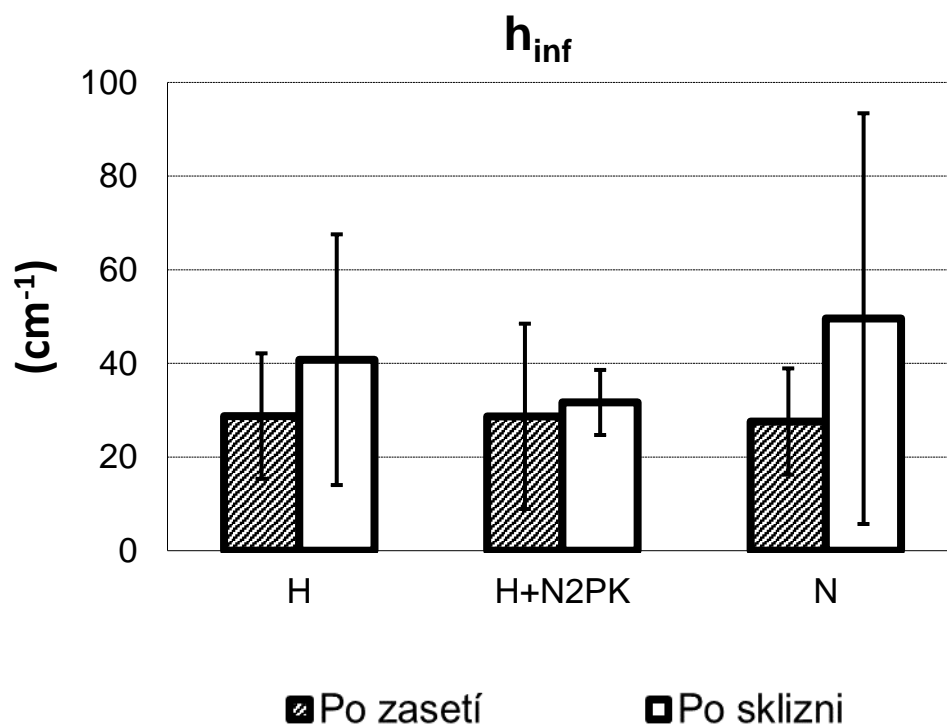
Obr. 138: Graf výsledných hodnot S_{INF} pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot S_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,11489$), jak ukazuje Obr. 139. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 63.



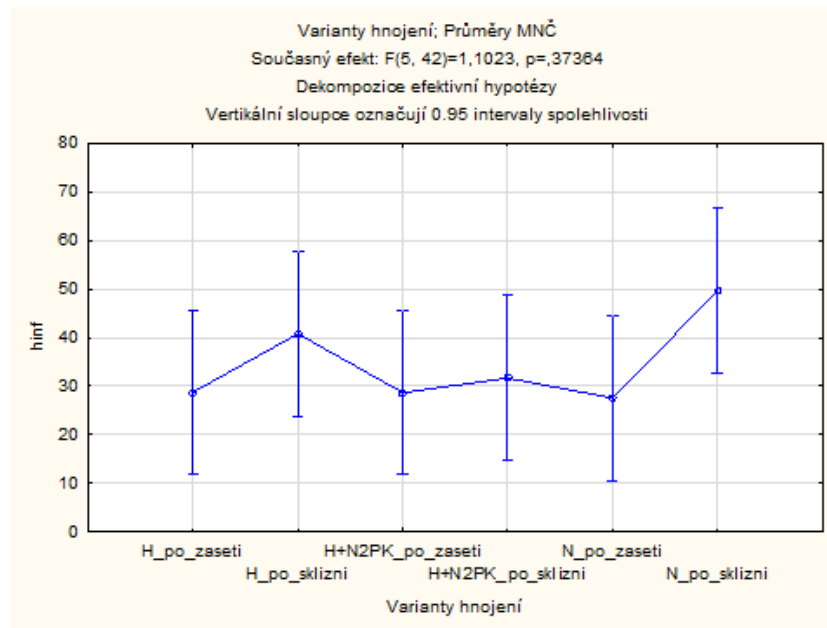
Obr. 139: Porovnání výsledků hodnot S_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Určením hodnot h_{INF} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni. Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty nehnojené (49,56), dále následoval varianta hnojená hnojem (40,79) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (31,66). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (28,74), dále následoval varianta hnůj+N2PK (28,69) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojená (27,59). Grafické znázornění na Obr. 140.



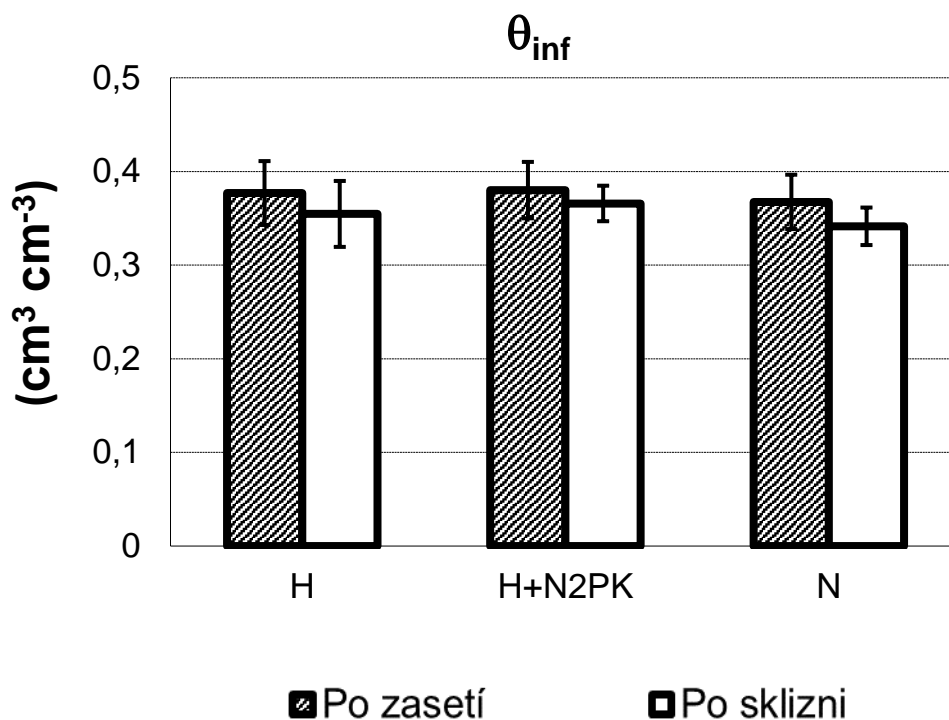
Obr. 140: Graf výsledných hodnot h_{INF} pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot h_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,37364$), jak ukazuje Obr. 141. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 64.



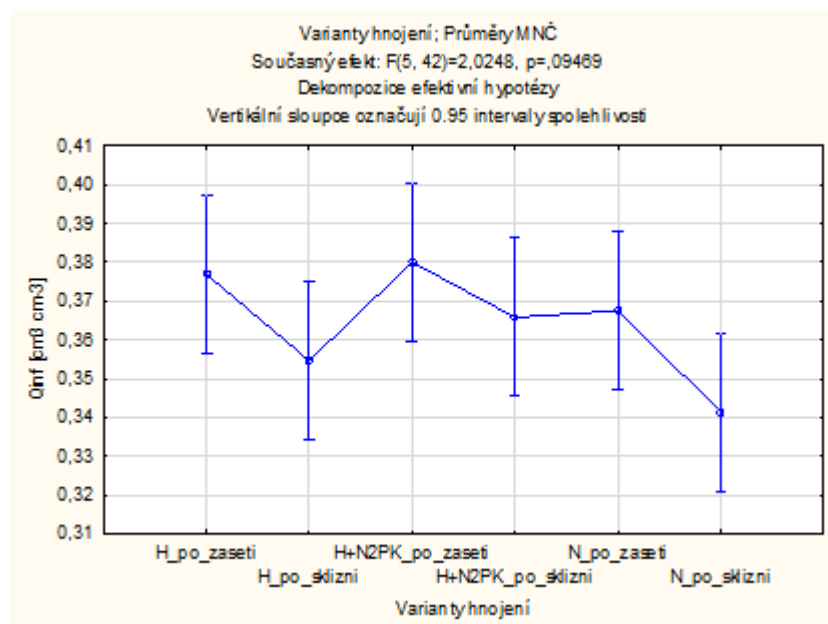
Obr. 141: Porovnání výsledků hodnot h_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Určením hodnot θ_{INF} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,380), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,377) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,367). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,366), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,355) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,341). Grafické znázornění na Obr. 142.



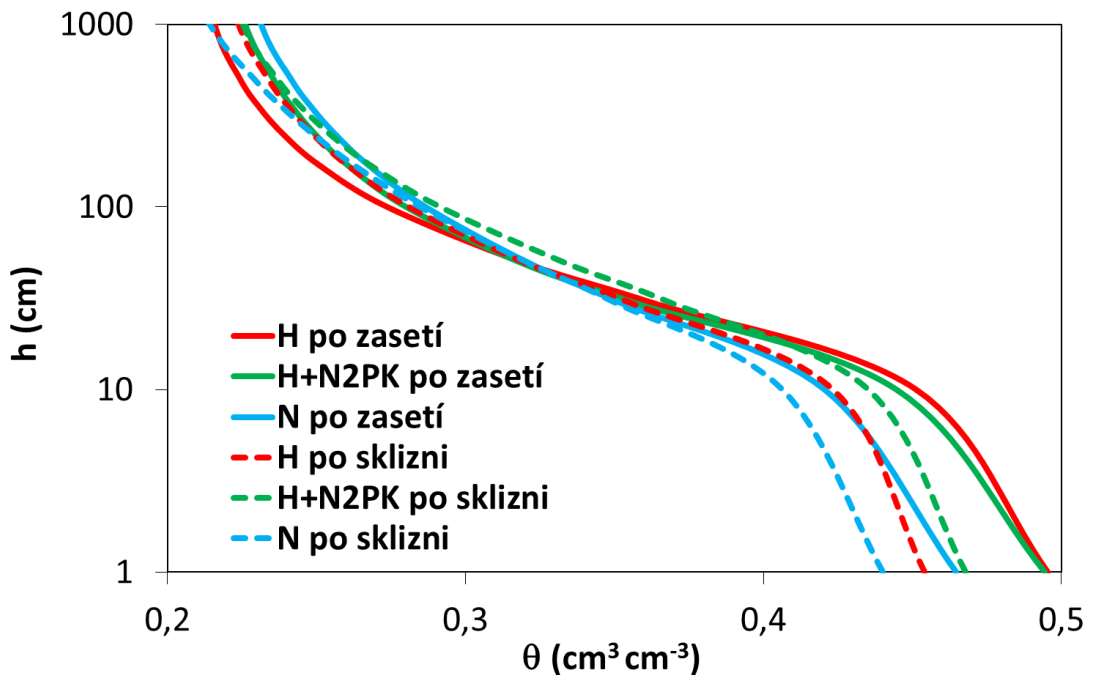
Obr. 142: Graf výsledných hodnot θ_{INF} pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,09469$), jak ukazuje Obr. 143. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 65.



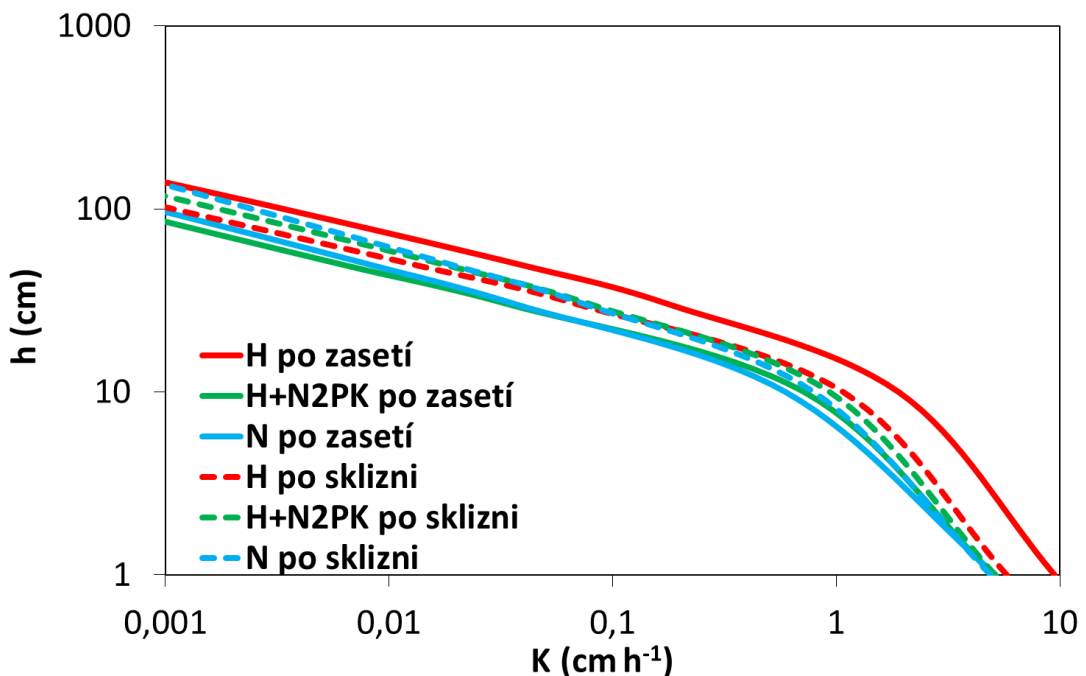
Obr. 143: Porovnání výsledků hodnot θ_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Retenční čáry (průměrné hodnoty) jednotlivých postupů hnojení a jejich rozdílné tvary po zasetí a po sklizni kukuřice lze vidět na Obr. 144.



Obr. 144: Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro období po zasetí (plná čára) a sklizni (čárkovaná čára) kukuřice na lokalitě Lukavec.

Křivky hydraulických vodivostí (průměrné hodnoty) pro jednotlivé postupy hnojení a jejich rozdílné tvary po zasetí a po sklizni kukuřice lze vidět na Obr. 145.



Obr. 145: Tvary křivek hydraulických vodivostí (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z Tempských cel pro období po zasetí (plná čára) a sklizni (čárkovaná čára) kukuřice na lokalitě Lukavec.

5.3.2.2 Přetlakový aparát

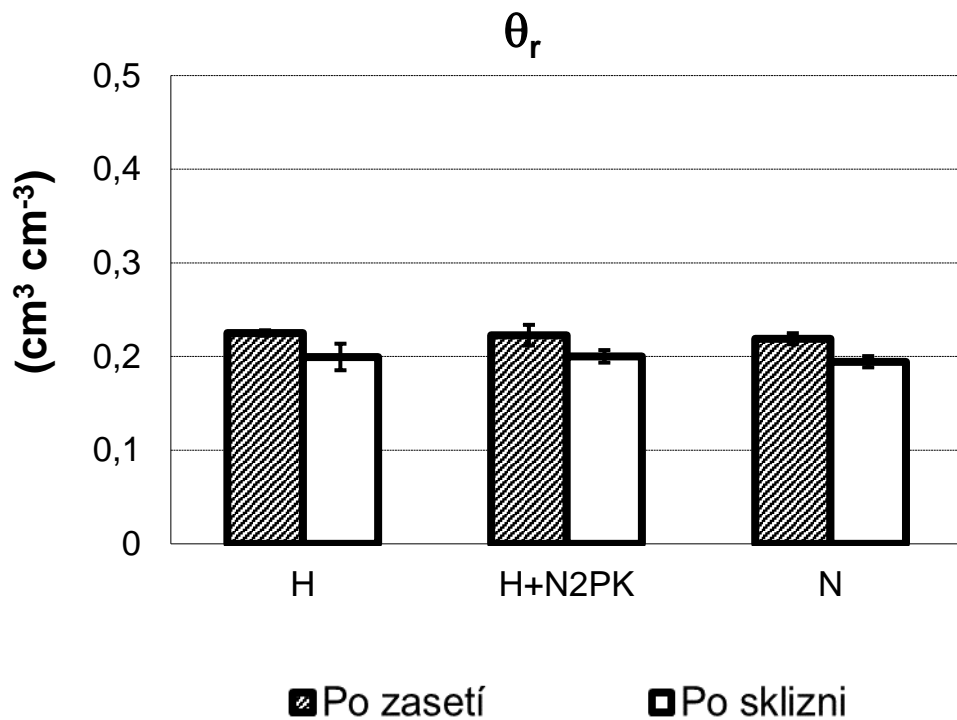
Výsledné průměrné hodnoty hydraulických parametrů, charakteristik popisující půdní pórový systém a parametrů inflexních bodů a jejich směrodatné odchylky pro lokalitu Lukavec získané z přetlakového aparátu jsou uvedeny v Tab. 12.

Tab. 12: Výsledné hodnoty reziduální vlhkosti (θ_r), nasycené vlhkosti (θ_s), α , n , polní kapacity (PK), θ_{70} , $\theta_s - \theta_{70}$, S_{INF} , h_{INF} , θ_{INF} s jejich směrodatnými odchylkami pro lokalitu Lukavec získané z přetlakového aparátu.

Období	Var.	θ_r [cm ³ cm ⁻³]	θ_s [cm ³ cm ⁻³]	α [cm ⁻¹]	n [-]
Po zasetí	H	0,2251 ±0,0029	0,4051 ±0,0088	0,0257 ±0,0068	1,6201 ±0,0478
	H+N2PK	0,2228 ±0,0110	0,4019 ±0,0103	0,0223 ±0,0034	1,6109 ±0,1358
	N	0,2190 ±0,0059	0,3964 ±0,0048	0,0220 ±0,0009	1,6651 ±0,0745
Po sklizni	H	0,1995 ±0,0142	0,3948 ±0,0044	0,0255 ±0,0009	1,4759 ±0,0881
	H+N2PK	0,2002 ±0,0067	0,3923 ±0,0028	0,0267 ±0,0042	1,4972 ±0,0405
	N	0,1944 ±0,0060	0,3872 ±0,0095	0,0258 ±0,0029	1,5181 ±0,0323
Období	Var.	PK [cm ³ cm ⁻³]	θ_{70} [cm ³ cm ⁻³]	$\theta_s - \theta_{70}$ [cm ³ cm ⁻³]	
Po zasetí	H	0,2761 ±0,0092	0,3398 ±0,0109	0,0653 ±0,0129	
	H+N2PK	0,2764 ±0,0173	0,3402 ±0,0148	0,0617 ±0,0158	
	N	0,2674 ±0,0112	0,3341 ±0,0076	0,0623 ±0,0084	
Po sklizni	H	0,2745 ±0,0101	0,3333 ±0,0041	0,0616 ±0,0052	
	H+N2PK	0,2667 ±0,0047	0,3288 ±0,0055	0,0635 ±0,0052	
	N	0,2596 ±0,0062	0,3228 ±0,0094	0,0645 ±0,0052	
Období	Var.	S_{INF} [-]	h_{INF} [cm]	θ_{INF} [cm ³ cm ⁻³]	
Po zasetí	H	0,0732 ±0,0076	53,4031 ±16,5500	0,3564 ±0,0222	
	H+N2PK	0,0682 ±0,0139	57,6341 ±20,5662	0,3565 ±0,0200	
	N	0,0603 ±0,0137	54,5149 ±9,7313	0,3472 ±0,0180	
Po sklizni	H	0,0601 ±0,0095	78,8490 ±59,5601	0,3396 ±0,0226	
	H+N2PK	0,0590 ±0,0046	57,4370 ±12,4112	0,3436 ±0,0155	
	N	0,0540 ±0,0095	66,0289 ±28,5659	0,3286 ±0,0151	

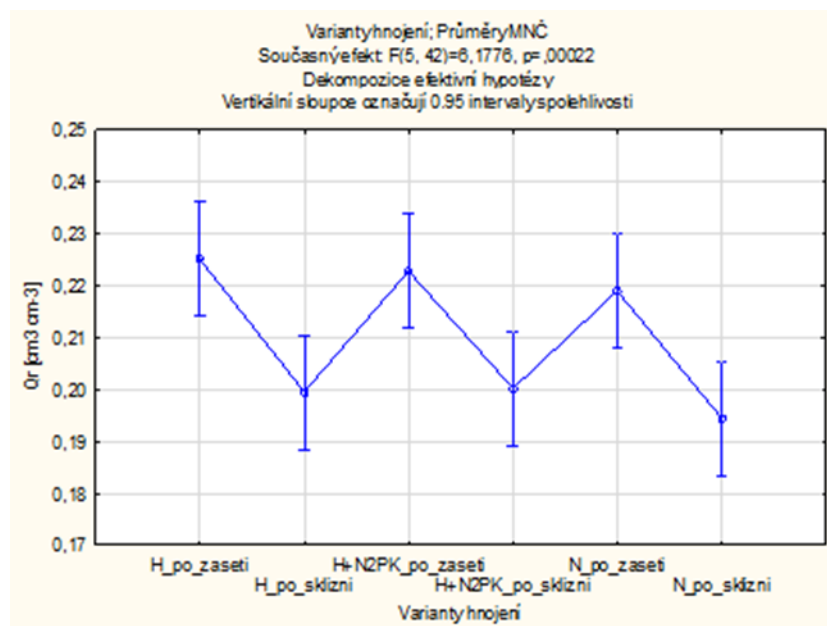
Stanovením hodnot reziduální vlhkosti bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,2251), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,2228) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,2190). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (0,2002), dále následoval varianta hnojené

hnojem (0,1995) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojená (0,1944). Grafické znázornění na Obr. 146.



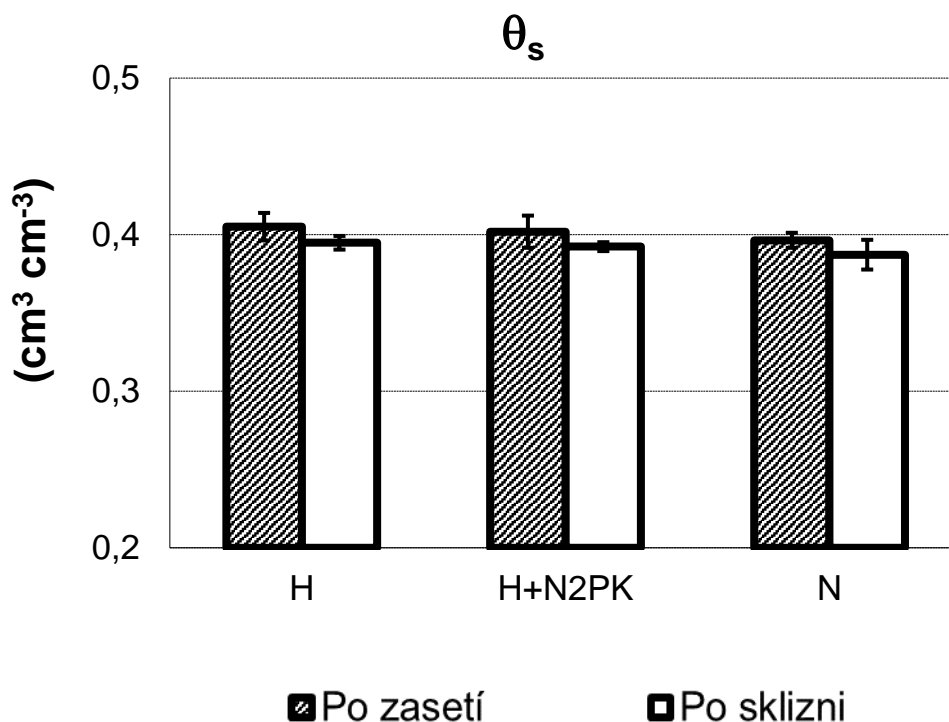
Obr. 146: Graf výsledných hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot relativní vlhkosti půdy mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00022$), jak ukazuje Obr. 147. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 66.



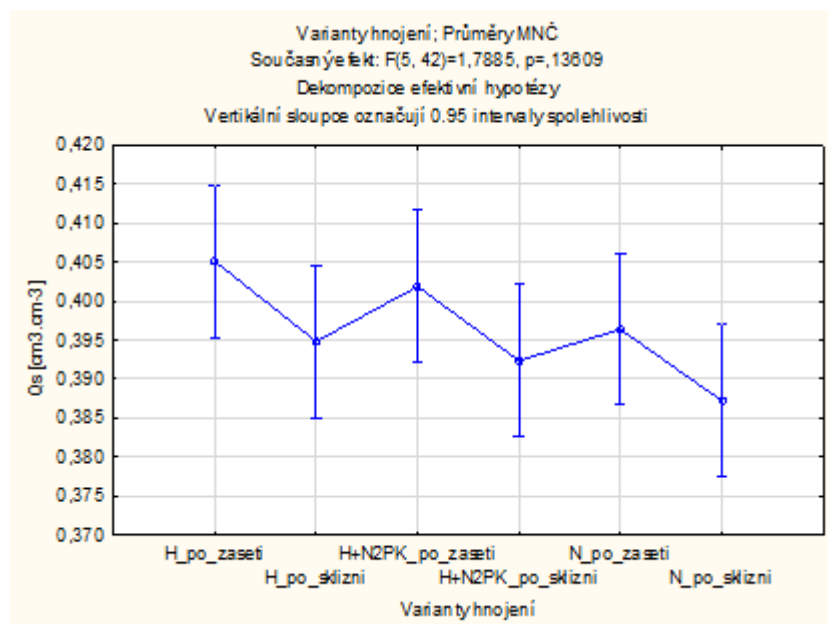
Obr. 147: Porovnání výsledků hodnot reziduální vlhkosti (θ_r) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Stanovením hodnot nasycené vlhkosti půdy bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,4051), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,4019) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,3964). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,3948), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,3923) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojená (0,3872). Grafické znázornění na Obr. 148



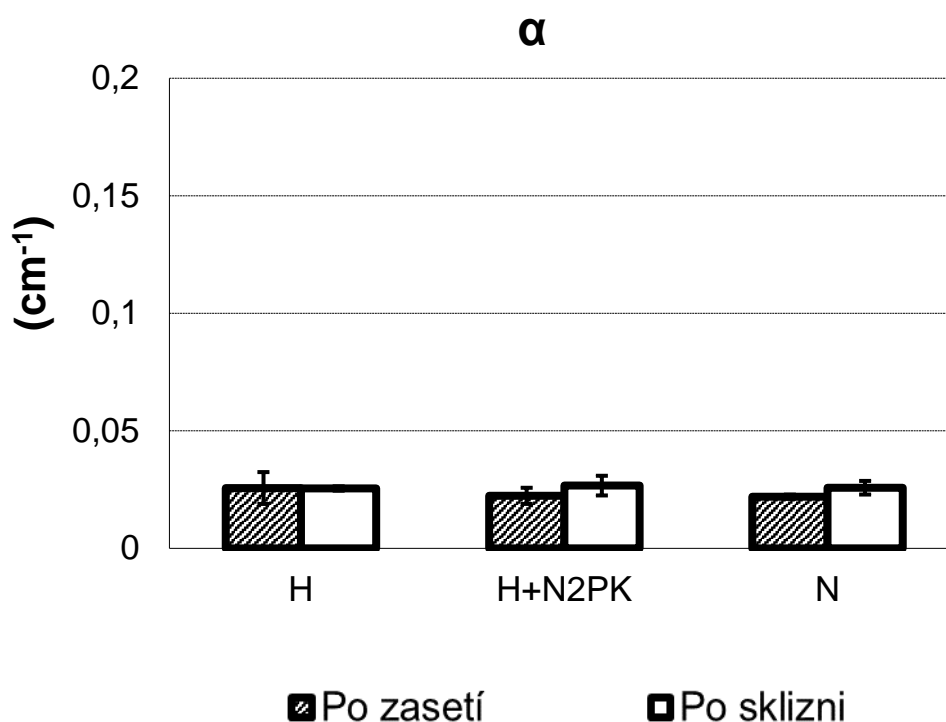
Obr. 148: Graf výsledných hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot nasycené vlhkosti půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,13609$), jak ukazuje Obr. 149. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 67.



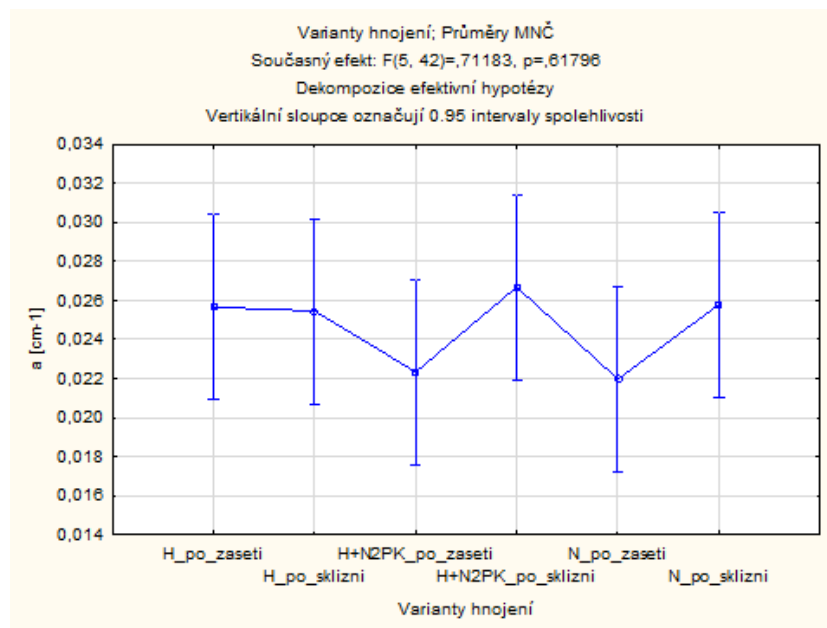
Obr. 149: Porovnání výsledků hodnot nasycené vlhkosti (θ_s) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Optimalizací hodnot parametru α bylo zjištěno že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty hnůj+N2PK a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta hnojená hnojem). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0267), dále následoval varianta nehnojená (0,0258) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0255). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,0257), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,0223) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,0220). Grafické znázornění na Obr. 150.



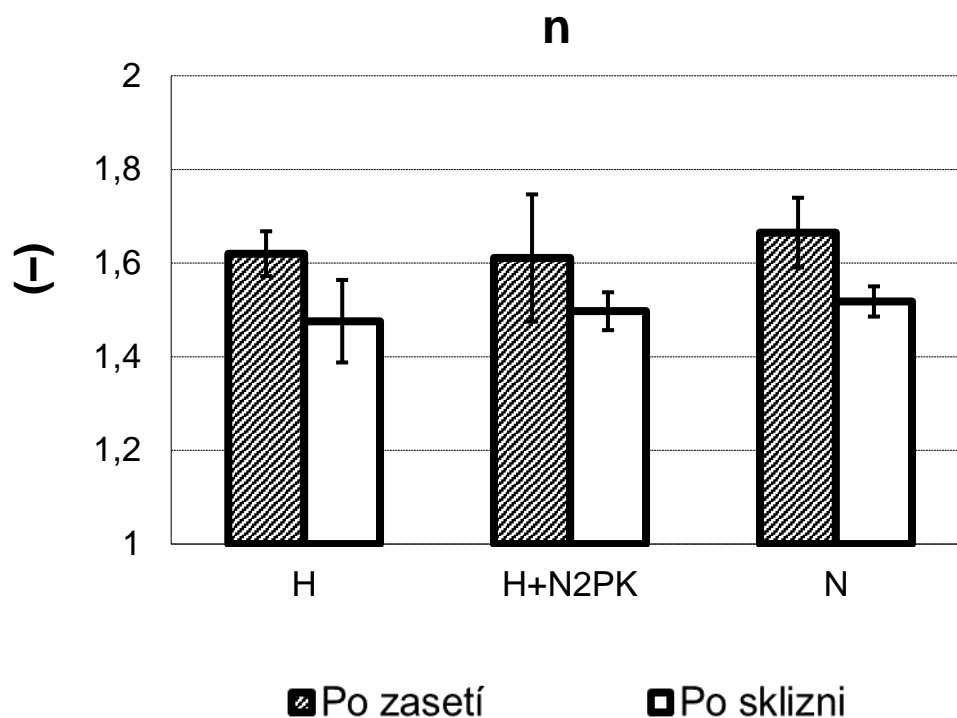
Obr. 150: Graf výsledných hodnot parametru α pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru α mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,61796$), jak ukazuje Obr. 151. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 68.



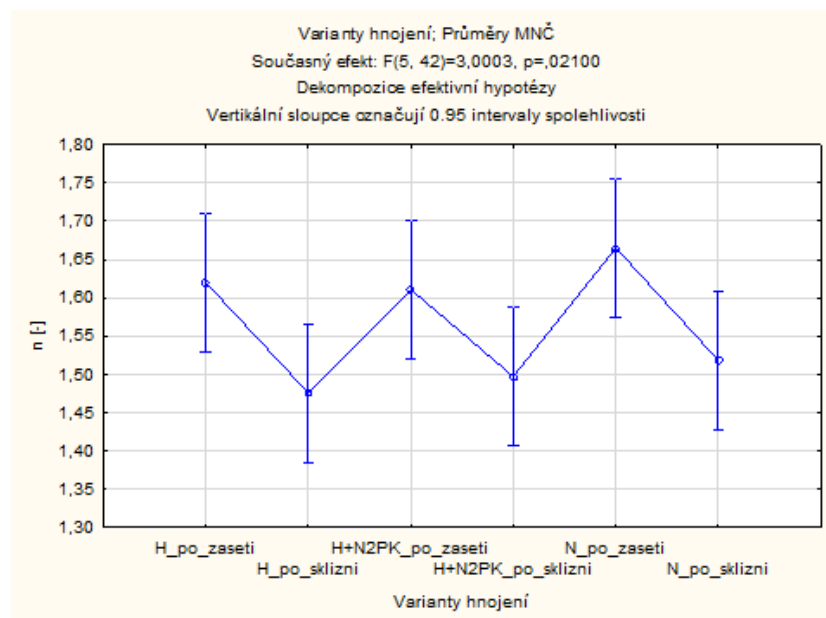
Obr. 151: Porovnání výsledků hodnot parametru α prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Optimalizací hodnot parametru n bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojené (1,6651), dále následovala varianta hnojená hnojem (1,6201) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (1,6109). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (1,5181), dále následoval varianta hnůj+N2PK (1,4972) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (1,4759). Grafické znázornění na Obr. 152.



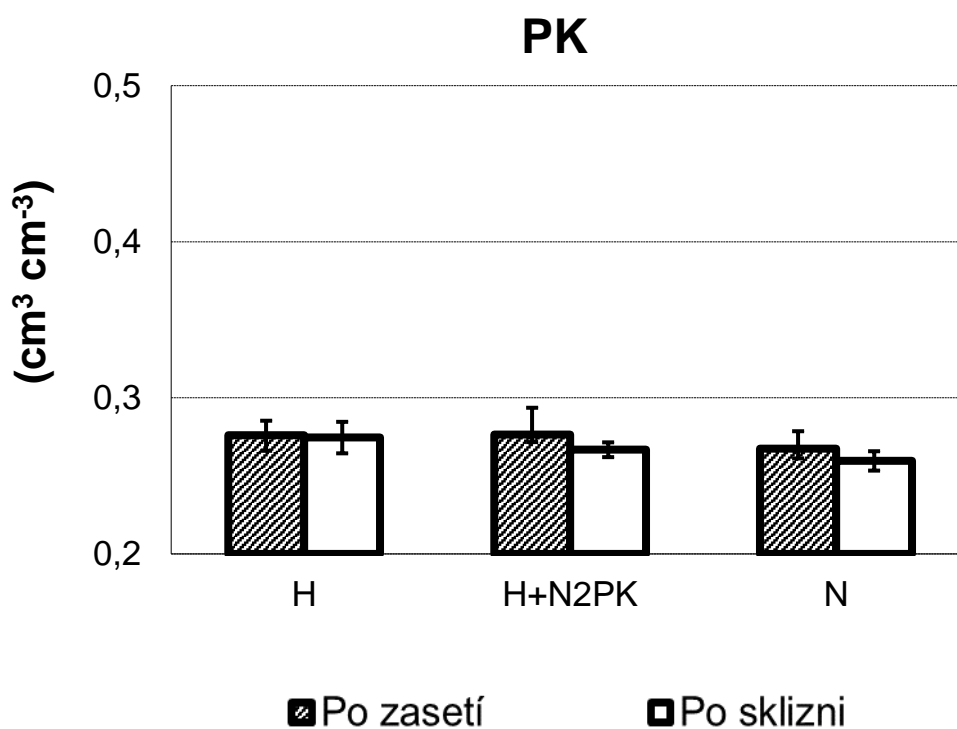
Obr. 152: Graf výsledných hodnot parametru n pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot parametru n mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,02100$). Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 69.



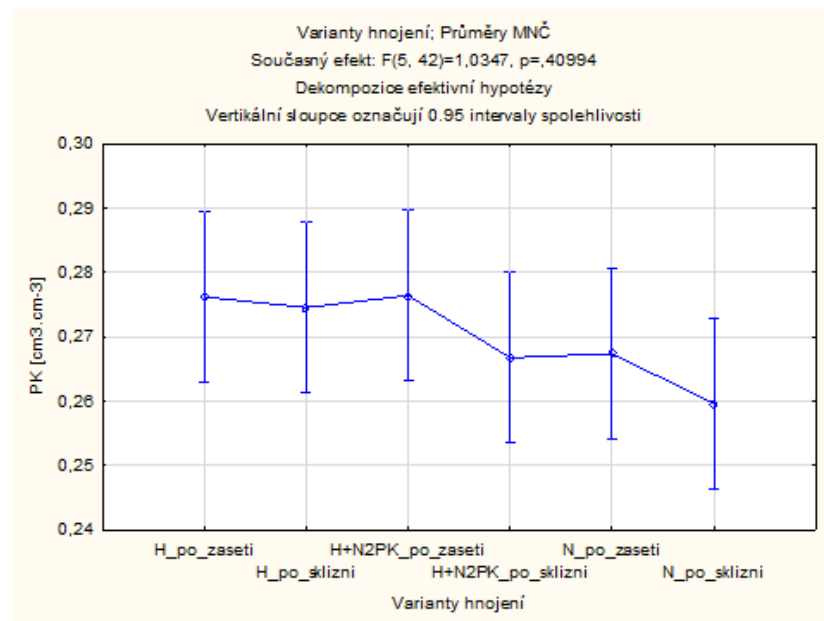
Obr. 153: Porovnání výsledků hodnot parametru n prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Stanovením hodnot polní kapacity bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,2764), dále následoval varianta hnojené hnojem (0,2761) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,2674). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,2745), dále následovala varianta hnůj+N2PK (0,2667) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,2596). Grafické znázornění na Obr. 154.



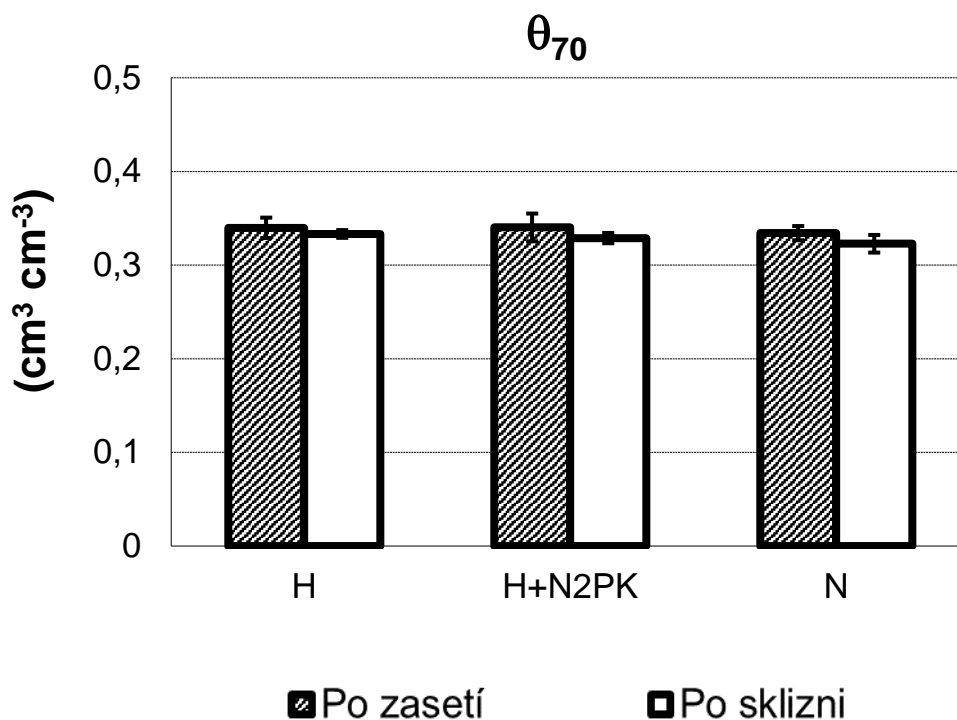
Obr. 154: Graf výsledných hodnot polní kapacity (PK) pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot polní kapacity půdy mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,40994$), jak ukazuje Obr. 155. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 70.



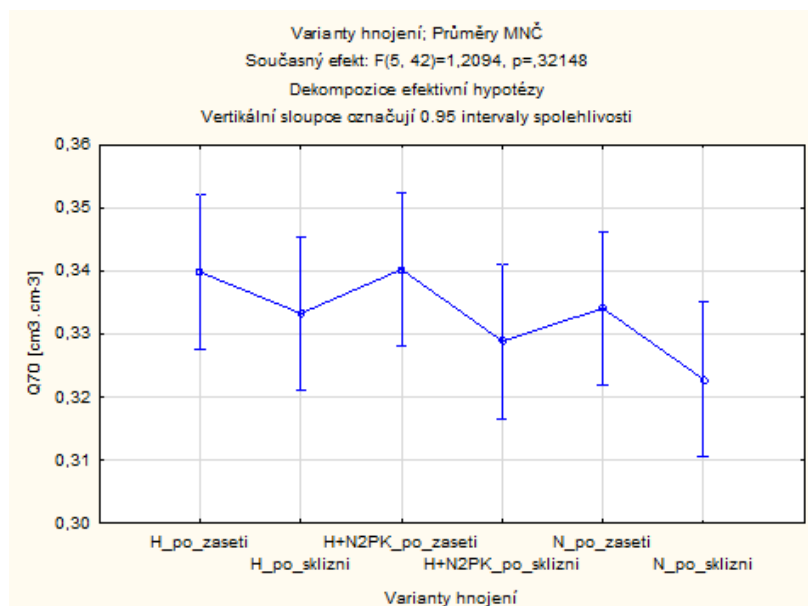
Obr. 155: Porovnání výsledků hodnot polní kapacity (PK) prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Stanovením hodnot θ_{70} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,3402), dále následoval varianta hnojené hnojem (0,3398) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,3341). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,3333), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,3288) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojená (0,3228). Grafické znázornění na Obr. 156.



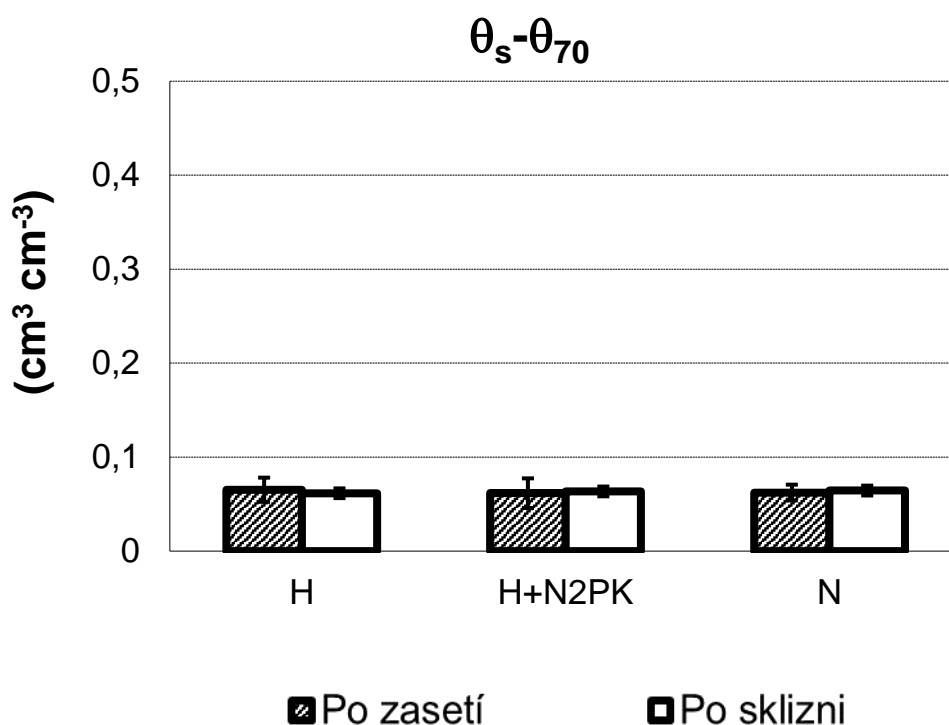
Obr. 156: Graf výsledných hodnot θ_{70} pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{70} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,32148$), jak ukazuje Obr. 157. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 71.



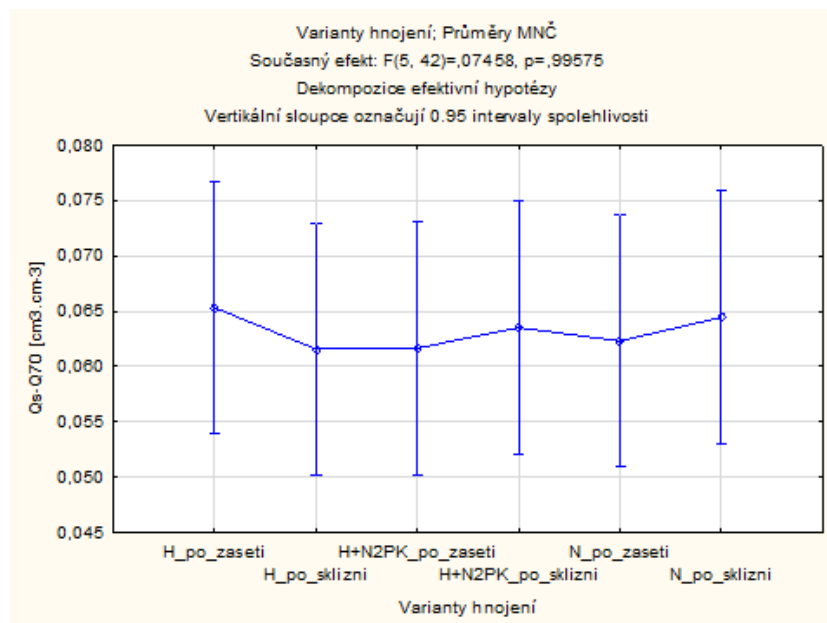
Obr. 157: Porovnání výsledků θ_{70} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Stanovením hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ bylo zjištěno že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty hnůj+N2PK a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta hnojená hnojem). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty nehnojené (0,0645), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,0635) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnojená hnojem (0,0616). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnojené hnojem (0,0653), dále následoval varianta nehnojená (0,0623) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (0,0617). Grafické znázornění na Obr. 158.



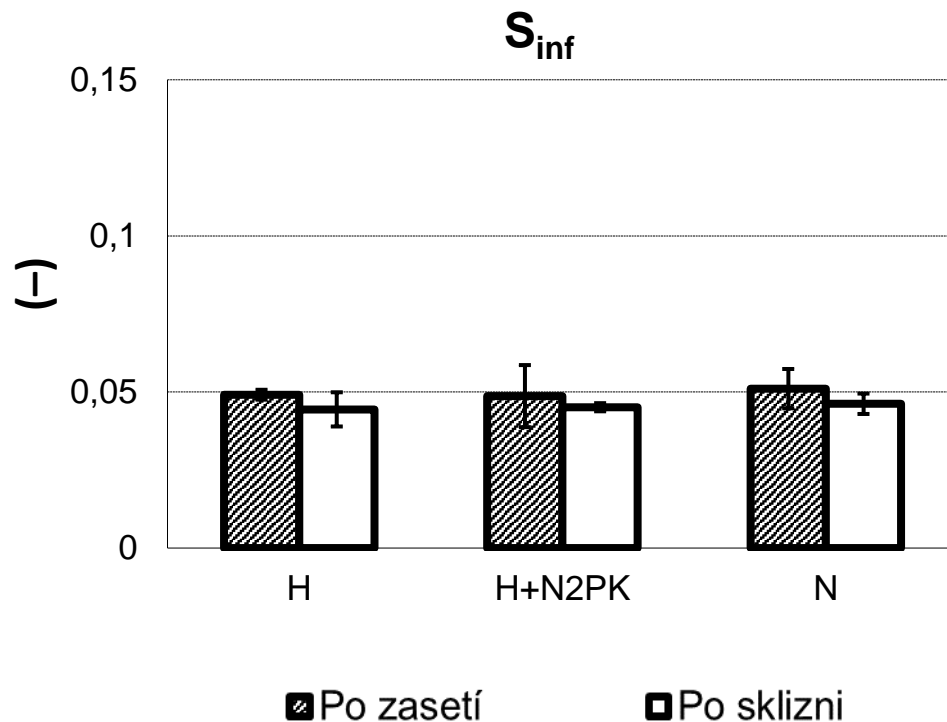
Obr. 158: Graf výsledných hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot $\theta_s - \theta_{70}$ mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,99575$), jak ukazuje Obr. 159. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 72.



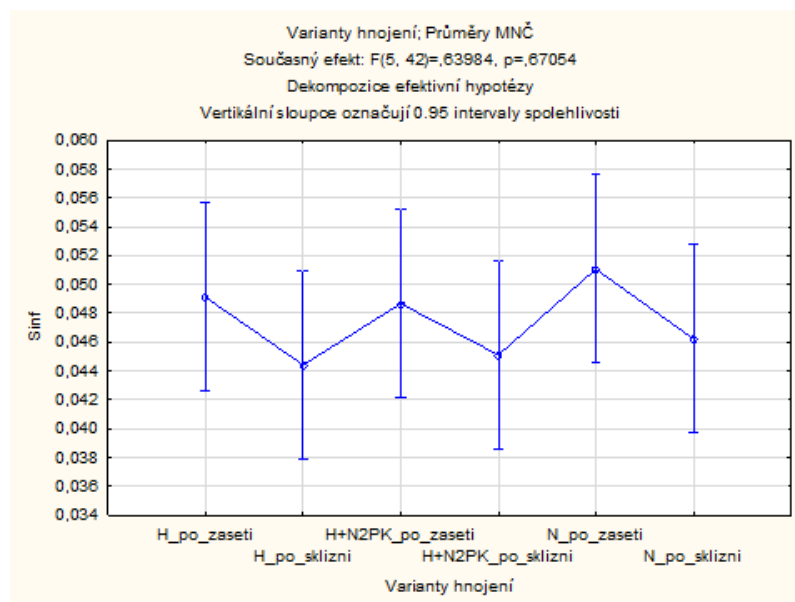
Obr. 159: Porovnání výsledků hodnot θ_s - θ_{70} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Určením hodnot sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}) bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty nehnojená (0,0511), dále následoval varianta hnojená hnojem (0,0491) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta hnůj+N2PK (0,0487). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u varianty nehnojené (0,0462), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,0451) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,0444). Grafické znázornění na Obr. 160.



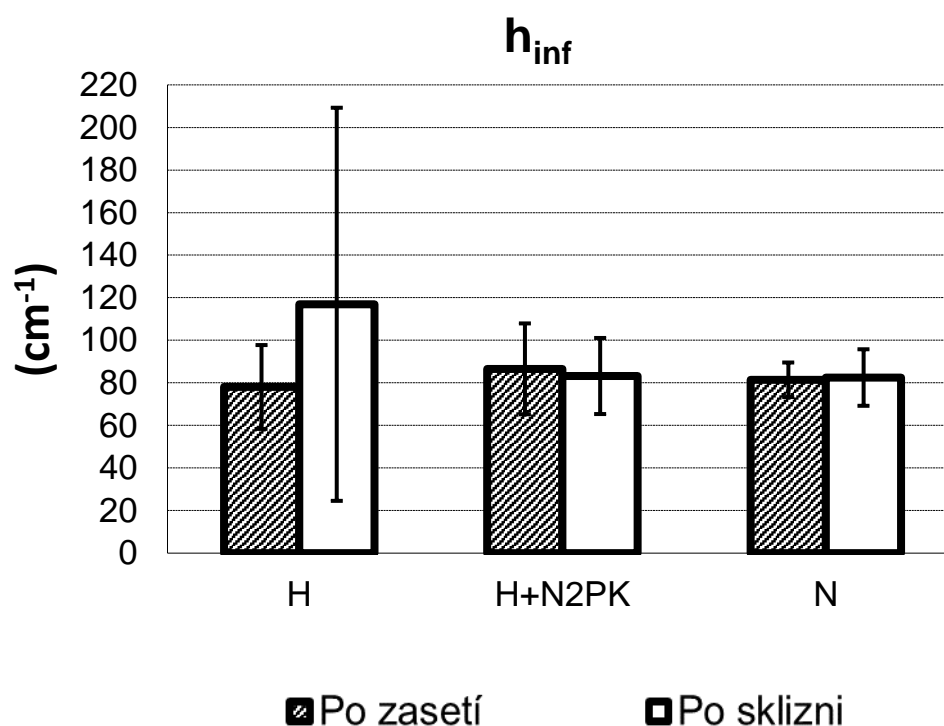
Obr. 160: Graf výsledných hodnot S_{INF} pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot S_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,99901$), jak ukazuje Obr. 161. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 73.



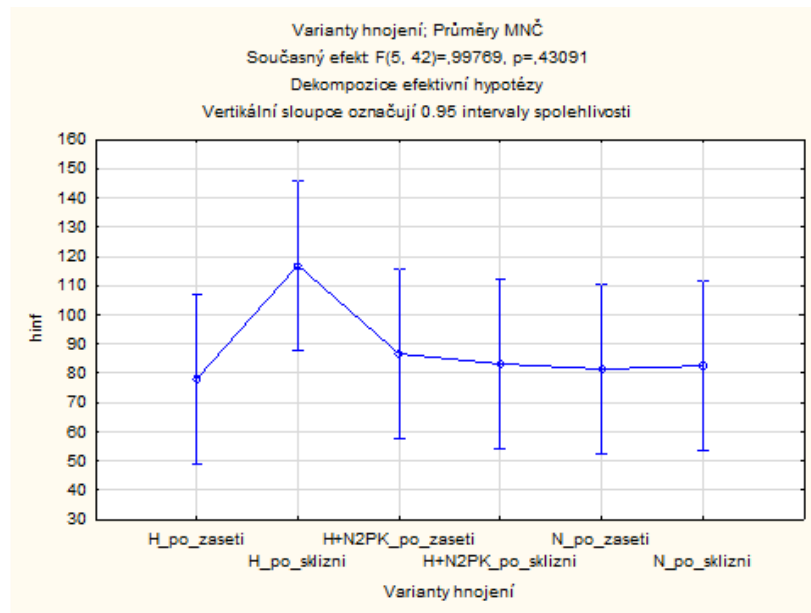
Obr. 161: Porovnání výsledků hodnot S_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Určením hodnot h_{INF} bylo zjištěno, že ve dvou variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po sklizni (varianty hnojená hnojem a nehnojená) a u jedné varianty hnojení byla vyšší hodnota naměřena v období po zasetí (varianta H+N2PK). Nejvyšší hodnota v období po sklizni byla naměřena u varianty hnojené hnojem (116,90), dále následoval varianta hnůj+N2PK (83,22) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (82,50). V období po zasetí byla měřena nejvyšší hodnota u varianty hnůj+N2PK (86,57), dále následoval varianta nehnojená (81,44) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (78,06). Grafické znázornění na Obr. 162.



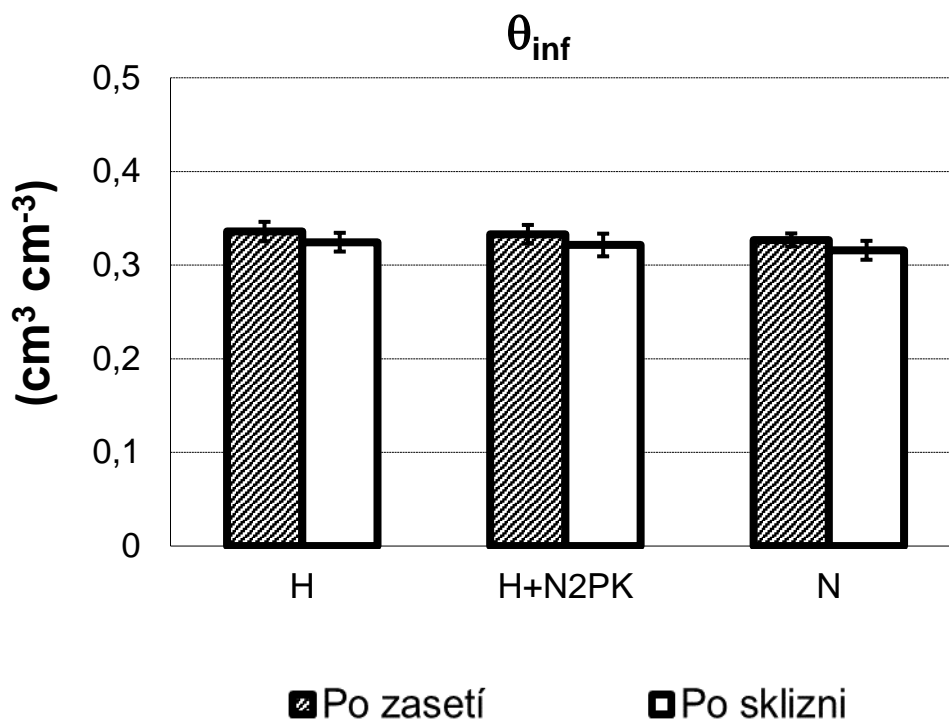
Obr. 162: Graf výsledných hodnot h_{INF} pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot h_{INF} mezi variantami hnojení nejsou statisticky významné ($p=0,43091$), jak ukazuje Obr. 163. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 74.



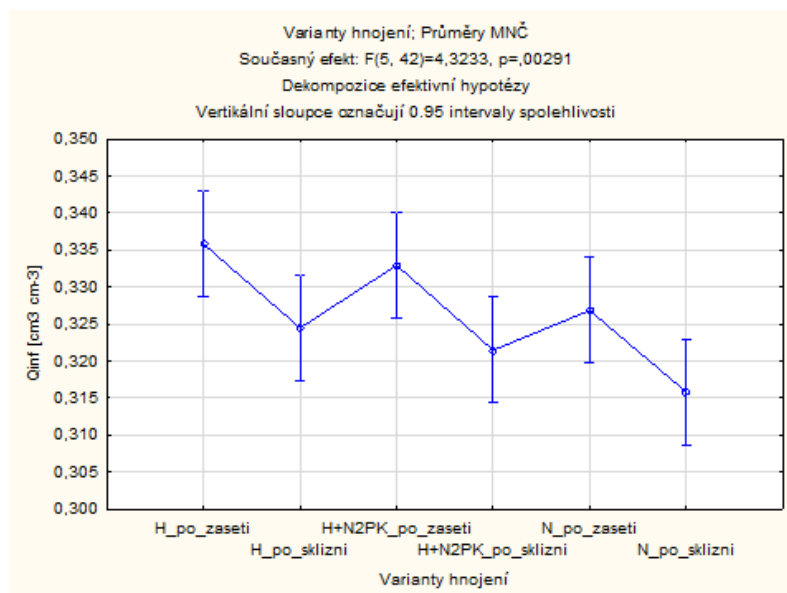
Obr. 163: Porovnání výsledků hodnot h_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Určením hodnot θ_{INF} bylo zjištěno, že ve všech třech variantách hnojení vzorky vykazovaly vyšší hodnoty v období po zasetí. Nejvyšší hodnota v období po zasetí byla naměřena u varianty hnojená hnojem (0,336), dále následoval varianta hnůj+N2PK (0,333) a nejnižší hodnoty dosáhla varianta nehnojená (0,327). V období po sklizni byla měřena nejvyšší hodnota u variant hnojené hnojem (0,324), dále následovala varianta hnůj+N2PK (0,321) a nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,316). Grafické znázornění na Obr. 164.



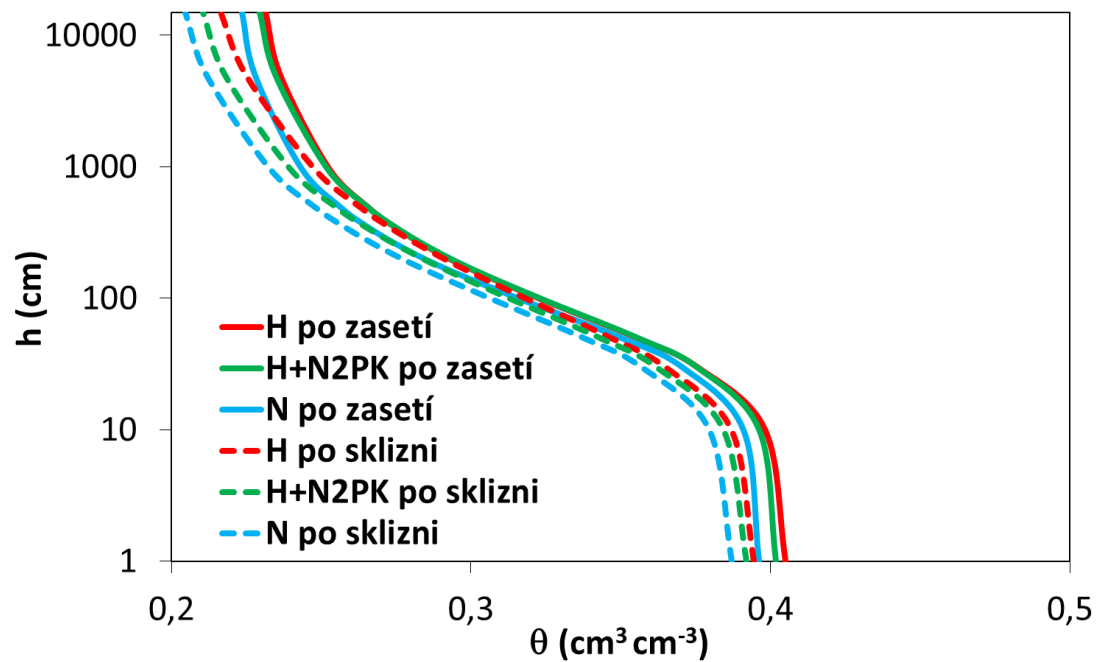
Obr. 164: Graf výsledných hodnot θ_{INF} pro lokalitu Lukavec.

Pomocí metody jednofaktorové ANOVY bylo zjištěno, že rozdíly hodnot θ_{INF} mezi variantami hnojení jsou statisticky významné ($p=0,00291$), jak ukazuje Obr. 165. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 75.



Obr. 165: Porovnání výsledků hodnot θ_{INF} prostřednictvím statistické metody jednofaktorové ANOVY pro lokalitu Lukavec.

Retenční čáry (průměrné hodnoty) jednotlivých postupů hnojení a jejich rozdílné tvary po zasetí a po sklizni kukuřice lze vidět na Obr. 166.



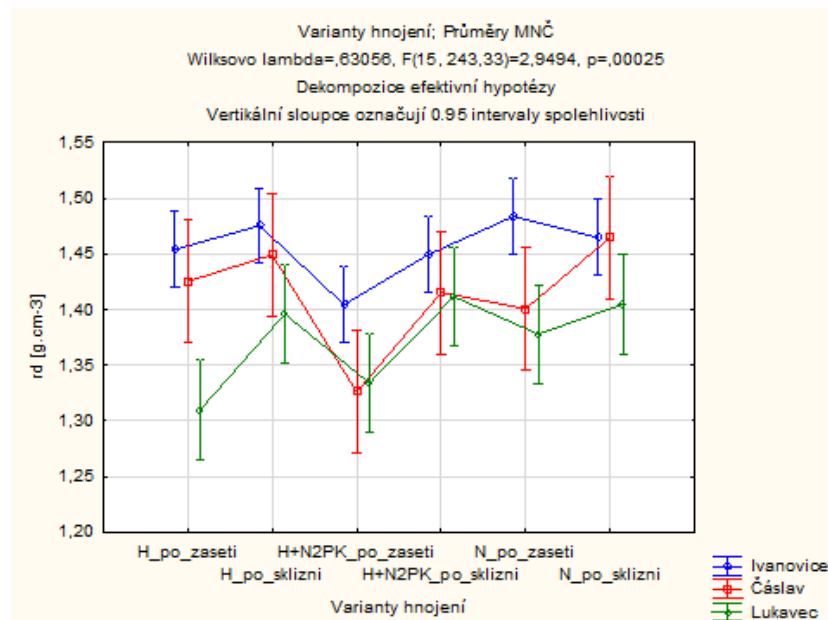
Obr. 166: Tvary retenčních čar půdní vlhkosti (průměrné hodnoty) zkoumaných variant získané z přetlakového aparátu pro období po zasetí (plná čára) a sklizni (čárkovaná čára) kukuřice na lokalitě Lukavec.

5.4 Porovnání lokalit

V této kapitole budou porovnány výsledky základních fyzikálních vlastností naměřených hodnot a dále budou porovnány získané hodnoty inflexních bodů mezi zkoumanými lokalitami.

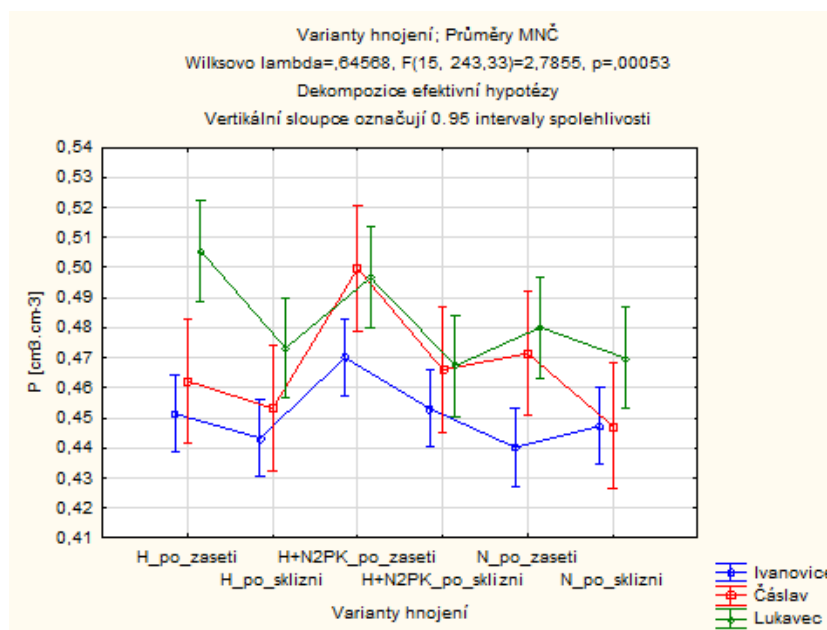
5.4.1 Základní fyzikální vlastnosti

Porovnáním výsledků hodnot objemové hmotnosti půdy všech tří lokalit bylo zjištěno, že výsledky u lokality Ivanovice dosahovaly nejvyšších hodnot, jak lze vidět na Obr. 167. Na druhé straně nejnižších výsledků dosahovala především lokalita Lukavec Nejvyšší naměřená hodnota byla u varianty nehnojené (1,4836) v období po zasetí na lokalitě Ivanovice, naopak nejnižší měřená hodnota byla u varianty hnojené hnojem (1,3101) v období po zasetí na lokalitě Lukavec. U varianty hnůj+N2PK v období po zasetí dochází na všech lokalitách k výraznému snížení hodnot. U lokality Ivanovice a Čáslav patří hodnoty této varianty k nejnižším zjištěným. Pomocí metody ANOVY při opakovaných měření bylo zjištěno, že rozdíly mezi lokalitami jsou statisticky významné ($p=0,00025$). Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 76.



Obr. 167: Porovnání výsledků hodnot objemové hmotnosti půdy (ρ_d) prostřednictvím statistické metody ANOVY při opakovaných měření pro lokality Ivanovice (modrá čára), Čáslav (červená čára) a Lukavec (zelená čára).

Porovnáním výsledků hodnot pórovitosti půdy všech tří lokalit bylo zjištěno, že ve většině případů výsledky u lokality Lukavec dosahovaly vyšších hodnot, než lokality Ivanovice a Čáslav, jak ukazuje Obr. 168. Naopak nižší výsledky byly měřeny u lokality Ivanovice v porovnání s ostatními lokalitami. Nejvyšší naměřená hodnota byla u varianty hnojené hnojem (0,5056) v období po zasetí na lokalitě Lukavec. Nejnižší naměřená hodnota byla u varianty nehnojené (0,4402) v období po zasetí na lokalitě Ivanovice. U varianty hnůj+N2PK v období po zasetí dochází na všech lokalitách k výraznému zvýšení hodnot v tomto bodě. Na lokalitách Ivanovice a Čáslav tato varianta hnojení dosáhla nejvyšších naměřených hodnot. Pomocí metody ANOVY při opakovaných měření bylo zjištěno, že rozdíly mezi lokalitami jsou statisticky významné ($p=0,00053$). Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 77.



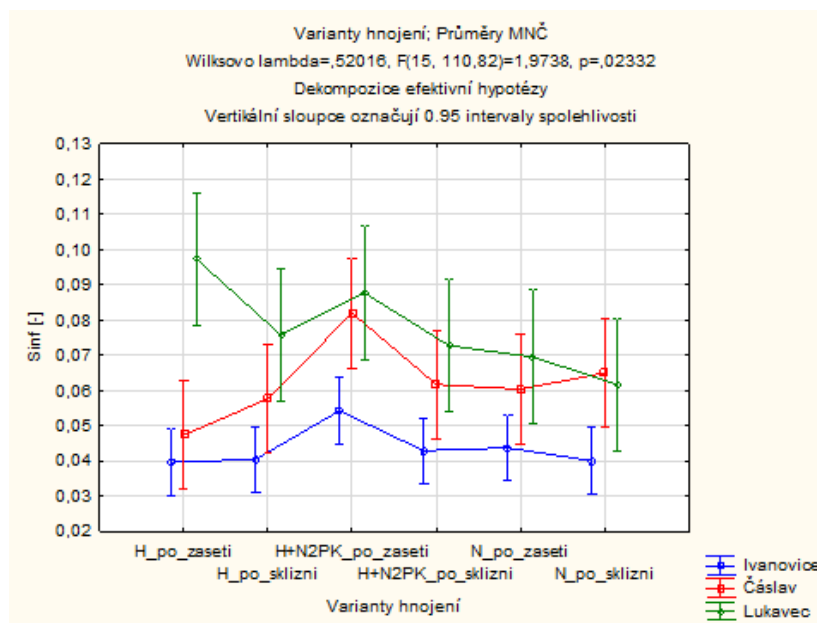
Obr. 168: Porovnání výsledků hodnot pórovitosti půdy (P) prostřednictvím statistické metody ANOVY při opakovaných měření pro lokality Ivanovice (modrá čára), Čáslav (červená čára) a Lukavec (zelená čára).

5.4.2 Inflexní body

V této kapitole budou porovnány získané výsledky mezi zkoumanými lokalitami.

5.4.2.1 Tempské cely

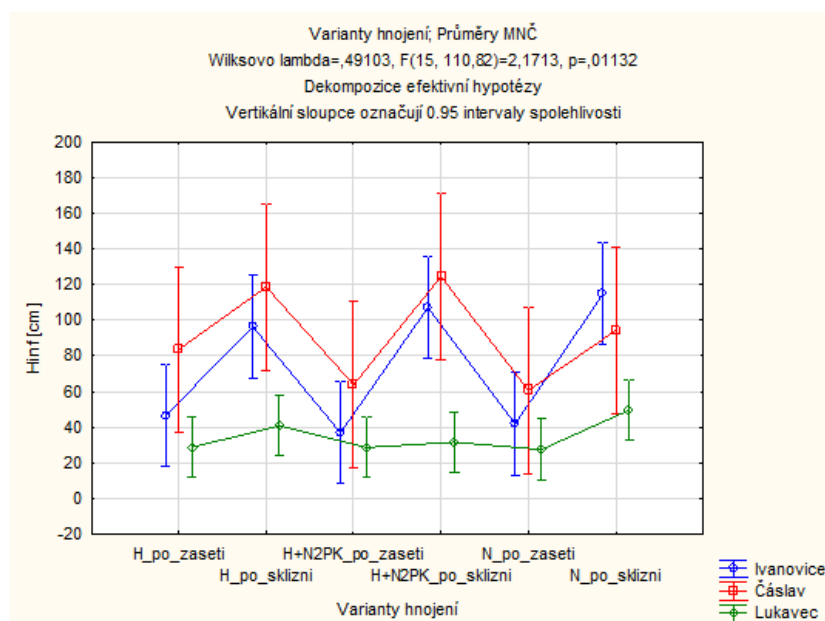
Porovnáním výsledků hodnot sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}) všech tří lokalit bylo zjištěno, že ve většině případů byly nejvyšší hodnoty stanoveny u lokality Lukavec, jak lze vidět na Obr. 169. Nejnížší výsledky byly zjištěny u lokality Ivanovice. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u varianty hnojené hnojem (0,0973) v období po zasetí na lokalitě Lukavec. Nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty hnojené hnojem (0,0397) v období po zasetí na lokalitě Ivanovice. Na Obr. 169 lze vidět, že na lokalitách Ivanovice a Čáslav je dosaženo nejvyšších hodnot u stejné varianty hnojení (hnůj+N2PK). Toto lze vidět i na lokalitě Lukavec ale zde je nejvyšší hodnotou varianta hnojená hnojem. Pomocí metody ANOVY při opakovaných měření bylo zjištěno, že rozdíly mezi lokalitami jsou statisticky významné ($p=0,02332$). Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 78.



Obr. 169: Porovnání výsledků hodnot S_{INF} prostřednictvím statistické metody ANOVY při opakovaných měření pro lokality Ivanovice (modrá čára), Čáslav (červená čára) a Lukavec (zelená čára).

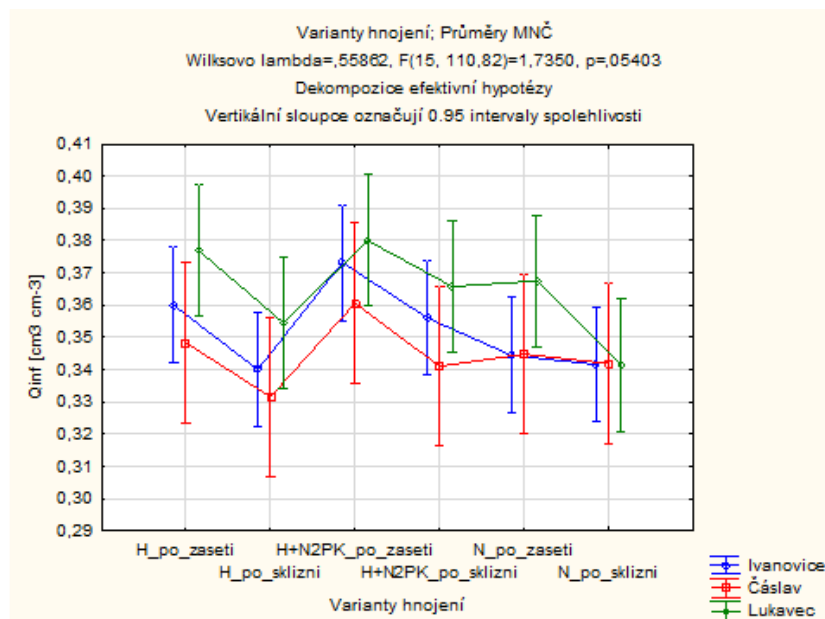
Porovnání výsledků hodnot h_{INF} všech tří lokalit bylo zjištěno, že nejvyšší hodnoty ve většině případů byly naměřeny u lokality Čáslav v porovnání s ostatními lokalitami. Nejnižší výsledky byly zjištěny u lokality Lukavec při porovnání s lokalitami Ivanovice a Čáslav. Nejvyšší hodnota byla naměřena u varianty hnůj+N2PK (124,45) v období po sklizni na lokalitě Čáslav. Nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (27,59) v období po zasetí na

lokalitě Lukavec. U lokality Ivanovice a Čáslav si lze všimnout i velkých výkyvů mezi obdobími po zasetí a po sklizni ve všech variantách hnojení. Varianty u těchto lokalit vždy dosahují vyšších hodnot v období po sklizni. Takový to výkyv lze sledovat i lokality Lukavec, ale zde není přímo tolik pozorovatelný a skoky mezi hodnotami po zasetí a po sklizni nejsou tak výrazné. Pomocí metody ANOVY při opakovaných měření bylo zjištěno, že rozdíly mezi lokalitami jsou statisticky významné. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 79.



Obr. 170: Porovnání výsledků hodnot h_{INF} prostřednictvím statistické metody ANOVY při opakovaných měření pro lokality Ivanovice (modrá čára), Čáslav (červená čára) a Lukavec (zelená čára).

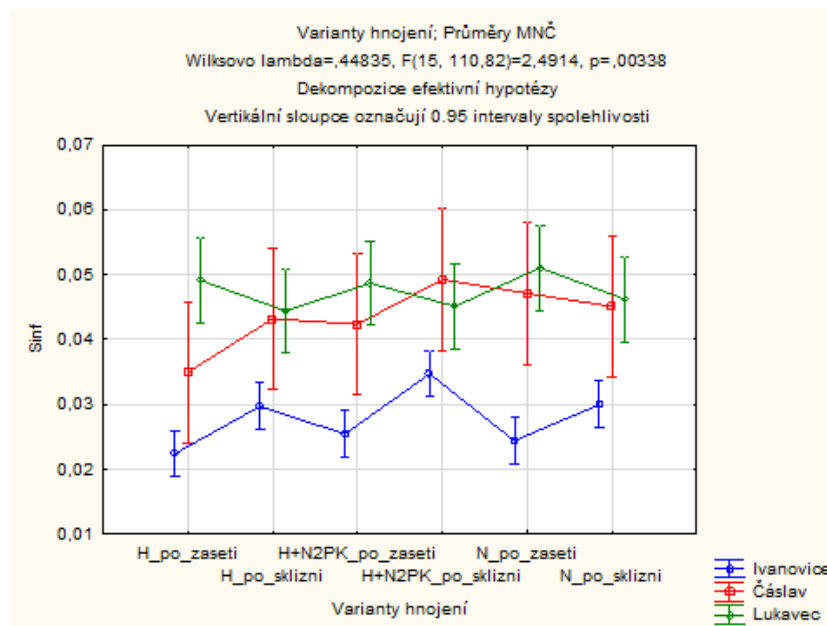
Porovnáním výsledků hodnot θ_{INF} bylo zjištěno, že výsledky u lokality Lukavec dosahovaly vyšších hodnot v porovnání s ostatními lokalitami. Naopak nižších hodnot dosahovaly hodnoty u lokality Čáslav. Nejvyšší naměřená hodnota byla zjištěna u varianty hnůj+N2PK (0,3801) v období po zasetí u lokality Lukavec. Nejnižší naměřená hodnota byla zjištěna u varianty hnojené hnojem (0,3316) po sklizni na lokalitě Čáslav. Na Obr. 171 lze také pozorovat, že na všech lokalitách dochází u varianty hnůj+N2PK ke zvýšení hodnot oproti ostatním variantám a naměřené hodnoty u daných lokalit patří k jejich maximům. Pomocí metody ANOVY při opakovaných měření bylo zjištěno, že rozdíly mezi lokalitami nejsou statisticky významné. Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 80.



Obr. 171: Porovnání výsledků hodnot θ_{INF} prostřednictvím statistické metody ANOVY při opakovaných měření pro lokality Ivanovice (modrá čára), Čáslav (červená čára) a Lukavec (zelená čára).

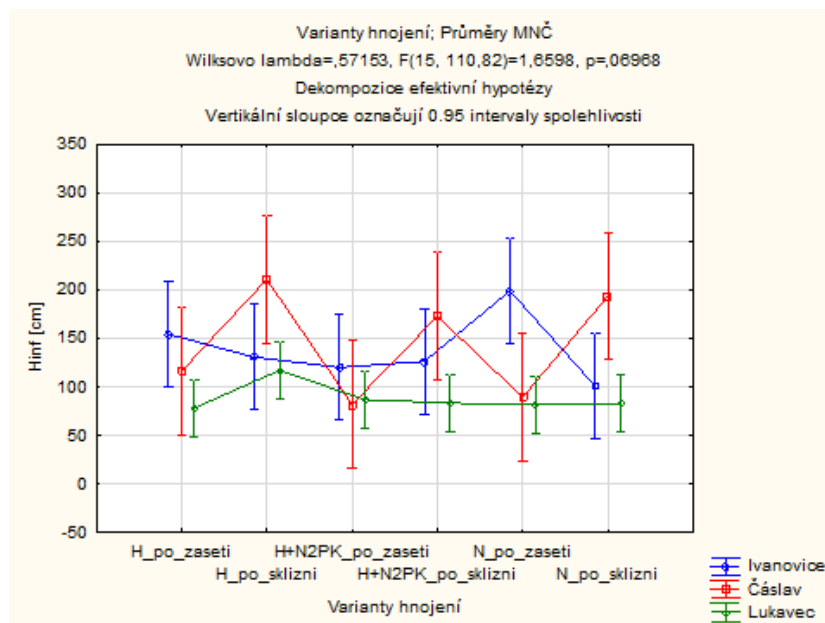
5.4.2.2 Přetlakový aparát

Porovnáním výsledků hodnot sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}) všech tří lokalit bylo zjištěno, že nejvyšších hodnot bylo ve většině případů dosaženo na lokalitě Lukavec. Nejnížší hodnoty byly naměřeny na lokalitě Ivanovice v porovnání s ostatními lokalitami, jak ukazuje Obr. 172. Nejvyšší naměřená hodnota byla u varianty nehnojené (0,0511) v období po zasetí na lokalitě Lukavec. Naopak nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (0,0224) v období po zasetí na lokalitě Ivanovice. Na obrázku si lze všimnout, že spojnice bodů hodnot u lokalit mají podobný tvar a jejich maximální hodnota je naměřena u stejné varianty hnojení (hnůj+N2PK po sklizni). U lokality Lukavec ovšem dochází u stejné varianty k poklesu a tvar spojnice bodů si není vůbec podobný se spojnicemi bodů u lokalit Ivanovice a Čáslav. Pomocí metody ANOVY při opakovaných měření bylo zjištěno, že rozdíly mezi lokalitami jsou statisticky významné ($p=0,00338$). Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 81.



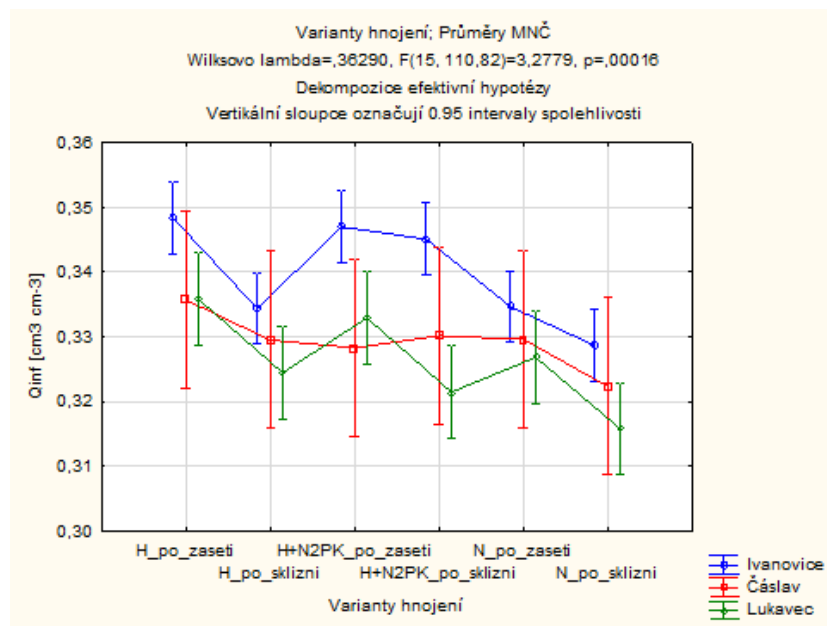
Obr. 172: Porovnání výsledků hodnot S_{INF} prostřednictvím statistické metody ANOVY při opakovaných měření pro lokality Ivanovice (modrá čára), Čáslav (červená čára) a Lukavec (zelená čára).

Porovnáním výsledků hodnot h_{INF} všech tří lokalit bylo zjištěno, že nižších výsledků bylo dosaženo u lokality Lukavec a tvar spojnice bodu je spíše rovná, jak lze pozorovat na Obr. 173. U lokality Čáslav jsou výsledky velice rozdílné a u této lokality bylo dosaženo maximálních hodnot u každé varianty hnojení v období po sklizni. Tvar spojnice bodů u lokality je spíše rovná až na bod u varianty nehnojené v období po zasetí, který je maximum u této spojnice bodů. Nejvyšší naměřená hodnota byla u varianty hnojené hnojem (210,51) v období po sklizni u lokality Čáslav. Naopak nejnižší hodnota byla naměřena u varianty hnojené hnojem (78,06) v období po zasetí na lokalitě Lukavec. Pomocí metody ANOVY při opakovaných měření bylo zjištěno, že rozdíly mezi lokalitami nejsou statisticky významné ($p=0,06968$). Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 82.



Obr. 173: Porovnání výsledků hodnot h_{INF} prostřednictvím statistické metody ANOVY při opakovaných měření pro lokality Ivanovice (modrá čára), Čáslav (červená čára) a Lukavec (zelená čára).

Porovnáním výsledků hodnot θ_{INF} všech tří lokalit bylo zjištěno, že na všech lokalitách dochází ke zvýšení hodnot u varianty hnojené hnojem v období po zasetí (pro lokalitu Ivanovice a Lukavec je tato hodnota nejvyšší naměřenou u této varianty). Podobnost byla nalezena i u varianty nehnojené. Na všech v lokalitách je v období po zasetí hodnota zvýšená a v období po sklizni dochází k poklesu hodnoty (Obr. 174). Dále byla nalezena podobnost mezi lokalitami Ivanovice a Lukavec u varianty $h_{N}+N2PK$ v období po zasetí, kde tyto získané hodnoty byly zvýšené. Nejvyšší naměřená hodnota byla u varianty hnojené hnojem (0,3484) v období po zasetí na lokalitě Ivanovice. Nejnižší hodnota byla naměřena u varianty nehnojené (0,3158) v období po sklizni na lokalitě Lukavec. Pomocí metody ANOVY při opakovaných měření bylo zjištěno, že rozdíly mezi lokalitami jsou statisticky významné ($p=0,00016$). Výsledná tabulka, která se vztahuje k statistickému šetření je v Příloha č. 83.



Obr. 174: Porovnání výsledků hodnot θ_{INF} prostřednictvím statistické metody ANOVY při opakovaných měření pro lokality Ivanovice (modrá čára), Čáslav (červená čára) a Lukavec (zelená čára).

6 DISKUZE

Hypotézou této diplomové práce bylo zjistit, zda různé způsoby hnojení mohou modifikovat hydraulické vlastnosti půd a cílem práce bylo zhodnotit vliv rozdílných vybraných způsobů hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělsky využívaných půd. Pro naplnění cíle práce byly porovnány získané výsledné hodnoty vybraných půdních vlastností ze tří studovaných lokalit (Ivanovice, Čáslav a Lukavec), kde na každé lokalitě byly použity tři způsoby hnojení – varianta hnojená hnojem, hnojená hnojem a N2PK a nehnojená varianta, která byla kontrolní. Osevní postup i dávky hnojiv byly také pro všechna stanoviště jednotné. Pěstovanou plodinou byla kukuřice setá (*Zea mays* L.). Pedologické a klimatické podmínky na vybraných lokalitách nebyly stejné. Podle dat získaných z VURV (2010) a Pokusné stanice Lukavec (nedatováno) byl učen půdní typ na lokalitě Ivanovice jako černozem modální, na lokalitě Čáslav jako šedozem modální a na lokalitě Lukavec jako kambizem modální. Na každé sledované lokalitě bylo odebráno 96 neporušených vzorků (dohromady tedy 288 vzorků). Pro stanovení hydraulických vlastností byly použity Tempské cely a přetlakový aparát.

Jak už bylo napsáno na lokalitě Ivanovice se vyskytuje půdní typ černozem a podle Tomáška (2007) tyto půdy spolu se šedozemí (lokalita Čáslav) patří mezi nejhodnotnější a nejúrodnější zemědělské půdy v České republice. Porovnáním základních fyzikálních vlastností (objemová hmotnost a pórovitost) byly zjištěny rozdíly mezi variantami hnojení na všech lokalitách. Tyto dvě charakteristiky jsou k sobě inverzí. Nízká hodnota objemové hmotnosti indikuje vysokou pórovitost a tím menší míru pedokompakce (Sáňka & et al. 2018). Porovnáním hodnot pórovitosti jsme zjistili, že na lokalitě Ivanovice a Lukavec byly vyšší hodnoty zjištěny u variant H i H+N2PK v období po zasetí na rozdíl od kontrolní. Na lokalitě Lukavec byla vyšší hodnota sledována pouze u varianty H+N2PK ve srovnání s kontrolní. Hodnoty v období po sklizni se od sebe výrazně mezi sebou nelišily na všech pozorovaných lokalitách. Při bližším zkoumání Obr. 168 lze vidět, že spojnice bodů je zvýšená u varianty H+N2PK v období po zasetí u všech sledovaných lokalit.

6.1 Tempské cely

Při porovnání charakteristik popisující detailněji pórový systém (θ_s , PK , θ_{70} , $\theta_s - \theta_{70}$), byly zjištěny významné rozdíly mezi různými režimy hnojení pouze u charakteristik PK a θ_{70} na lokalitě Čáslav, θ_{70} a $\theta_s - \theta_{70}$ na lokalitě Ivanovice. Na lokalitu Lukavec nebyly u žádné charakteristiky zaznamenány statisticky významné rozdíly mezi variantami. Porovnáním

získaných dat na lokalitě Ivanovice bylo zjištěno, že v období po zasetí byla nejvyšší naměřená hodnota u varianty H a varianta H+N2PK ve stejném období byla nižší než kontrola. V období po sklizni dosahovaly varianty podobných hodnot. Na lokalitě Ivanovice byly hodnoty charakteristiky θ_{70} v období po zasetí u variant H a H+N2PK vyšší oproti srovnávací. Na lokalitě Čáslav ve stejném období byla zjištěna vyšší hodnota pouze u varianty H vzhledem k nehnojené. V období po sklizni byla vyšší hodnota oproti kontrolní zjištěna pouze u varianty H+N2PK na lokalitě Ivanovice. Na lokalitě Čáslav ve stejném období dosáhla vyšší hodnoty varianta H ve srovnání s kontrolní. Výsledky charakteristiky θ_s - θ_{70} na lokalitě Ivanovice, ukázaly, že vyšší hodnoty v období po zasetí, kde oproti kontrole dosáhla vyššího výsledku varianta H+N2PK. V období po sklizni dosahovaly varianty podobných hodnot. Nelze tedy jednoznačně usuzovat o vlivu vybraných hnojiv na tyto charakteristiky pórového systému.

Na odebraných neporušených půdních vzorcích byly změřeny retenční čáry půdní vlhkosti (RČ) a nasycená hydraulická vodivost (K_{smer}). Výsledné RČ i křivky hydraulických vodivostí (KVV) byly získány optimalizací. Byly vyjádřeny parametry RČ nasycená (θ_s), residuální vlhkost (θ_r) a tvarové charakteristiky (α , n). Při porovnání RČ a KVV mezi lokalitami nelze dojít k jednotnému závěru. Rozdíly hodnot parametrů RČ na studovaných lokalitách byly ve většině případů statisticky nevýznamné. Rozdíly byly nalezeny pouze u parametrů θ_r a α na lokalitě Ivanovice. V případě residuální vlhkosti byly zjištěny nižší hodnoty u obou hnojených variant v porovnání s kontrolní variantou v období po zasetí. Naopak v období po sklizni byly u hnojených variant zjištěny vyšší výsledky oproti kontrolní. Hodnocením parametru α bylo zjištěno, že vyšších výsledků dosáhly hnojené varianty na rozdíl od kontrolní v období po zasetí. Opačných výsledků bylo dosaženo v období po sklizni, hnojené varianty dosáhly nižších hodnot než kontrolní.

Z výsledků vyplývá, že nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly mezi variantami hnojení na daných lokalitách v období po zasetí i po sklizni u charakteristik K_s a K_{smer} . Proto můžeme říct, že nebyl jednoznačně prokázán vliv vybraných hnojiv na tyto charakteristiky.

Z tvarů retenčních čar byly vypočteny parametry inflexních bodů – tlaková výška (h_{INF}), pro ni odpovídající objemová vlhkost (θ_{INF}) a sklon retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}). Získané hodnoty parametrů mohou být použity pro vyhodnocení fyzikální kvality půdy (Dexter 2004a, b, c, Dexter a Czyz 2007, Fér et al. 2016; Jirků et al. 2013). Vyšší hodnota parametru S_{INF} poukazuje na vyšší fyzikální kvalitu půdy. Na všech lokalitách u tohoto parametru nebyly zjištěny významné rozdíly mezi variantami hnojení. Pokud se ovšem podíváme na Obr. 169 je

možno vidět spojnicí bodů, která má maximum v bodě varianty H+N2PK v období po zasetí v případě lokalit Ivanovice a Čáslav. Na lokalitě je maximum posunuto do bodu varianty H v období po zasetí, nicméně druhá maximální hodnota je u varianty H+N2PK v období po zasetí. Tyto vyšší hodnoty u varianty H+N2PK v období po zasetí by mohly značit účinek hnojiv na fyzikální kvalitu půdy, avšak jednoznačně to potvrdit nemůžeme.

6.2 Přetlakový aparát

Při porovnání charakteristik popisující detailněji pórový systém (θ_s , PK , θ_{70} , $\theta_s - \theta_{70}$), byly nalezeny významné rozdíly všech charakteristik na lokalitě Ivanovice, na lokalitě Čáslav byly zaznamenány rozdíly pouze u charakteristik PK a θ_{70} . Na lokalitě Lukavec byly vyhodnoceny hodnoty charakteristik jako statistiky nevyznané. Oproti kontrolní variantě byly výsledky zjištěné u charakteristiky θ_s na lokalitě Ivanovice zvýšené u varianty H+N2PK i varianty H. Hodnoty polní kapacity na lokalitě Ivanovice byly zvýšené u každé varianty v období po zasetí. V tomto se ale liší hodnoty polní kapacity získané z lokality Čáslav, kde vyšší hodnoty byly v období po sklizni. Na lokalitě Ivanovice můžeme říct, že oproti kontrolní nehnojené variantě dosahovaly lepších obě hnojené varianty. Toto nemůžeme říct při porovnání výsledků na lokalitě Čáslav, kde jednoznačně vykazovala lepších výsledků varianta hnojená hnojem oproti kontrolní. Varianta H+N2PK dosáhla lepších výsledků jen v období po sklizni oproti kontrolní variantě. Z porovnání výsledků charakteristiky θ_{70} na lokalitě Čáslav lze říct, že všechny varianty dosahovaly vyšších hodnot v období po zasetí. Dále ve srovnání hnojených variant s kontrolní, jasných lepších výsledků dosáhla H varianta. Varianta H+N2PK dosáhla lepších výsledků na rozdíl od kontrolní pouze v období po zasetí. Na lokalitě Ivanovice dosáhly obě varianty hnojení vyšších hodnot vzhledem ke kontrolní nehnojené variantě pro oba termíny odběrů půdních vzorků. Významný rozdíl mezi hodnotami $\theta_s - \theta_{70}$ byl pozorován mezi variantami na lokalitě Ivanovice. Varianta H+N2PK dosahovala podobných výsledků v období po zasetí i po sklizni. Varianty H a N dosahovaly vyšších hodnot v období po sklizni naopak velmi nízkých v období po zasetí. Nejvyšší zjištěnou hodnotou byla v období po sklizni u varianty N.

Na odebraných neporušených půdních vzorcích byly změřeny retenční čáry půdní vlhkosti (RČ), a byly dále optimalizovány hydraulické parametry (nasycená (θ_s), residuální vlhkost (θ_r) a tvarové parametry (α , n)). Při porovnání RČ získaných optimalizací hodnocených lokalit můžeme dojít k odlišným závěrům na každé z nich (Obr. 64, Obr. 115 a Obr. 166). Na lokalitě Ivanovice byla vyšší variabilita RČ než a lokalitách Čáslav a Lukavec. Ze získaných parametrů

RČ byly nalezeny významné rozdíly θ_r mezi variantami na všech studovaných lokalitách, při bližším zkoumání můžeme říct, že na lokalitách Ivanovice a Lukavec byly vyšší hodnoty stanoveny u variant H i H+N2PK na rozdíl od nehnojené kontrolní varianty. Na lokalitě Čáslav v období po zasetí byla zjištěna vyšší hodnota pouze u varianty H a varianta H+N2PK byla nižší v porovnání s kontrolní. V období po zasetí na lokalitách Ivanovice a Čáslav bylo dosaženo vyšších výsledků výhradně u varianty H+N2PK. Na lokalitách Čáslav a Lukavec byly také stanoveny vyšší hodnoty v období po zasetí a na lokalitě Ivanovice byly zaznamenány vyšší hodnoty v období po zasetí pouze u variant H a N. U θ_s byly zjištěny významné rozdíly pouze na lokalitě Ivanovice. U varianty H a H+N2PK byly zjištěny vyšší hodnoty v porovnání s nehnojenou. Při porovnání parametru α byly zjištěny významné rozdíly mezi variantami pouze na lokalitě Čáslav. Velká odlišnost byla nalezena u varianty H+N2PK od kontrolní. V období po zasetí byly varianty H i H+N2PK nižší než kontrolní. Vyhodnocením parametru n byly zjištěny významné rozdíly pouze na lokalitách Ivanovice a Lukavec a výsledky těchto lokalit jsou od sebe odlišné. Na lokalitě Ivanovice dosáhla varianta H+N2PK v období po zasetí vyšší hodnoty vůči kontrolní, ovšem vyšších výsledků nedosáhla ani jedna hnojená varianta oproti kontrolní v období po zasetí. Na lokalitě Lukavec byly nejvyšší hodnoty zjištěny u kontrolní varianty pro obě období. Rozdíl byl nalezen i v tom že na lokalitě Lukavec dosáhly všechny varianty vyšších hodnot v období po zasetí. Na lokalitě Ivanovice dosáhly vyšších výsledků v období po zasetí varianty H a N, u varianty H+N2PK bylo dosaženo vyššího výsledku v období po sklizni.

Z tvarů retenčních čar byly vypočteny parametry inflexních bodů – tlaková výška (h_{INF}), pro ni odpovídající objemová vlhkost (θ_{INF}) a sklon retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}), jak už bylo popsáno výše. Vyšší hodnota parametru S_{INF} poukazuje na vyšší fyzikální kvalitu půdy. Významné rozdíly tohoto parametru byly sledovány pouze mezi variantami hnojení na lokalitě Ivanovice. Hodnoty měřené v období po zasetí neměli mezi variantami velký rozsah nicméně zvýšená hodnota v tomto období byla zaznamenána u varianty H+N2PK a výsledek varianty H byl nižší vůči nehnojené. V období po sklizni dosáhla varianta H a N velice podobného výsledku (0,0297 a 0,0300) a varianta H+N2PK dosáhla vyššího výsledku v porovnání s kontrolním stanovením. Při zkoumání Obr. 172 je možno vidět, že spojnice bodů lokalit se navzájem nekopírují, pouze lokality Ivanovice a Čáslav mají stejné maximum v bodě varianty H+N2PK a z tohoto nelze jednoznačně usuzovat o účinku různých režimů hnojení na fyzikální kvalitu půdy.

7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo zhodnotit vliv rozdílného způsobu hnojení na hydraulické vlastnosti zemědělsky využívaných půd. Pro zjištění vlivu vybraných hnojiv na půdní vlastnosti byly odebrány neporušené půdní vzorky z lokalit Ivanovice, Čáslav a Lukavec ve fázi vývoje mladé rostliny (po zasetí) a po sklizni. Tyto studované lokality mají rozdílné půdně klimatické podmínky. Na lokalitách Čáslav, Lukavec a Ivanovice na Hané, se vyskytují následující půdní typy: šedozem modální, kambizem modální a černozem modální. Na každé lokalitě byly použity tři způsoby hnojení – varianta hnojená hnojem (H), hnojená hnojem a N2PK (H+N2PK) a nehnojená varianta (N), která byla kontrolní. Osevní postup i dávky hnojiv byly pro všechna stanoviště jednotné. Pěstovanou plodinou byla kukuřice setá (*Zea mays* L.). Celkem bylo odebráno 288 neporušených vzorků ze studovaných lokalit. Na neporušených půdních vzorcích byly v laboratoři stanoveny základní fyzikální půdní vlastnosti a pomocí Tempských cel a přetlakového aparátu stanoveny hydraulické vlastnosti. Získaná data z Tempských cel (kumulativní odtok v čase, a měřené body retenčních čar) byla využita při numerickém inverzním modelování pomocí programu HYDRUS-1D, při kterém byly získány van Genuchtenovy hydraulické parametry. Pro proložení naměřených bodů retenčních čar z přetlakového aparátu pomocí rovnice van Genuchtena byl použit program RETC. Dále byly vypočteny charakteristiky popisující systém půdních pórů a parametry inflexních bodů. Získané hodnoty půdních vlastností z jednotlivých lokalit byly následně statisticky vyhodnoceny metodou ANOVA.

Při pozorování základních fyzikálních vlastností (objemové hmotnosti a pórovitosti půdy) byly zjištěny významné rozdíly mezi vybranými variantami hnojení na všech studovaných lokalitách. V případě pórovitosti půdy vyšších hodnot dosahovaly obě varianty hnojení na rozdíl od kontrolní varianty v období po zasetí na všech studovaných lokalitách (hodnoty objemové hmotnosti byly vůči pórovitosti opačné). Z toho lze usuzovat, že tyto vybrané režimy hnojení mohou ovlivňovat objemovou hmotnost i pórovitost.

Z dat získaných z Tempských cel při hodnocení charakteristik pórového systému půdy (θ_s , PK , θ_{70} , θ_5 - θ_{70}) nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly u nasycené půdní vlhkosti (θ_s) na žádné lokalitě. Při hodnocení polní kapacity (PK) byly nalezeny významné rozdíly pouze na lokalitě Čáslav, kde vyšších hodnot dosáhla varianta hnojená hnojem v období po zasetí na rozdíl od kontrolní varianty. Dále byly nalezeny rozdíly na lokalitě Čáslav a Ivanovice u charakteristiky θ_{70} . Na lokalitě Ivanovice v období po sklizni byla zjištěna vyšší

hodnota u varianty H+N2PK na rozdíl od kontrolní. Na lokalitě Čáslav ve stejném období byla vyšší hodnota zjištěna u varianty H. Na obou lokalitách v období po zasetí dosahovaly vyšších výsledků obě varianty hnojení. Rozdíly byly nalezeny i u $\theta_s - \theta_{70}$ pouze na lokalitě Ivanovice. V období po zasetí dosahovala vyšší hodnoty varianta H+N2PK na rozdíl od kontrolní. Při porovnání výsledků parametrů retenčních čar půdní vlhkosti (reziduální vlhkost (θ_r), nasycená vlhkost (θ_s) a tvarové parametry α a n) nelze jednoznačně usuzovat o vlivu vybraných hnojiv na tyto parametry. Výsledky ukázaly, že nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly mezi variantami hnojení na daných lokalitách u charakteristik K_s a K_{smer} . Proto můžeme říct, že nebyl jednoznačně prokázán vliv vybraných hnojiv na tyto charakteristiky. Při hodnocení parametru sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}), kterým se hodnotí fyzikální kvalita půdy, nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly mezi variantami hnojení na žádné studované lokalitě nelze tedy jednoznačně potvrdit vliv vybraných hnojiv na fyzikální kvalitu půdy.

Z dat získaných z přetlakového aparátu při hodnocení charakteristik pórového systému půdy (θ_s , PK , θ_{70} , $\theta_s - \theta_{70}$) bylo nalezeno několik významných rozdílů mezi variantami hnojení na lokalitě Ivanovice a Čáslav (na lokalitě Lukavec žádné). U polní kapacity (PK) na lokalitě Ivanovice v období po zasetí dosahovaly vyšší hodnoty obě varianty hnojení na rozdíl od kontrolní. Na lokalitě Čáslav ve stejném období pouze varianta H. V období po zasetí na obou lokalitách byly zjištěny vyšší hodnoty v obou hnojených variantách. Stejný rozdíl byl nalezeny i u charakteristiky θ_{70} . Při porovnání výsledků parametrů retenčních čar půdní vlhkosti byly u θ_r nalezeny rozdíly mezi variantami hnojení na všech lokalitách. Na lokalitách Ivanovice a Čáslav v období po zasetí dosahovala varianta H vyšší hodnoty než kontrolní varianta. Na lokalitě Lukavec ve stejném období dosáhly vyšší hodnot obě hnojené varianty. V období po sklizni na lokalitách Čáslav a Lukavec mezi variantami nebyly zjištěny velké rozdíly mezi hodnotami. Při hodnocení tvarového parametru n byly nalezeny významné rozdíly mezi variantami hnojení. Na obou lokalitách v období po zasetí byla nejvyšší hodnota zjištěna u kontrolní. V období po sklizni na lokalitě Ivanovice byla vyšší hodnota zjištěna u varianty H+N2PK oproti kontrolní variantě. Na lokalitě Lukavec dosáhla nejvyšších hodnot kontrolní varianta. Při hodnocení parametru sklonu retenční čáry v inflexním bodě (S_{INF}), byly nalezeny rozdíly mezi variantami hnojení na lokalitě Ivanovice. Vyšších hodnot dosáhla varianta H+N2PK v obou období odběru na rozdíl od kontrolní.

Ze získaných výsledků Tempských cel a přetlakového aparátu nelze jednoznačně rozhodnout o vlivu vybraných hnojiv na hydraulické a vybrané fyzikální vlastnosti půdy. Aby

tento vliv zkoumaných režimů hnojení byl jednoznačně prokázán doporučil bych provést širší navazující výzkum, pro který tato práce může být cenným výchozím bodem. Tento mnohem širší výzkum by měl obsahovat více lokalit se shodným půdním typem, aby byly vzájemně porovnatelné, více naměřených dat z delšího časového úseku. Tímto způsobem by bylo získáno větší množství dat pro hodnocení. Ovšem takovýto výzkum by byl velice náročný z hlediska času i prostředků na něj vynaložených.

8 LITERATURA

ADL, S. M. *Ecology of Soil Decomposition* [online]. CABI, 2003 [cit. 3.3.2020]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=295076>

AL-SHAMMARY, Ahmed Abed Gatea, Abbas Z. KOUZANI, Akif KAYNAK, Sui Yang KHOO, Michael NORTON a Will GATES. Soil Bulk Density Estimation Methods: A Review. *Pedosphere* [online]. 2018, vol. 28, iss. 4, s. 581-596 [cit.23.3.2020]. ISSN 1002-0160.

Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60034-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60034-7)

BALÍK, Jiří. *Význam rhizosféry v životním prostředí* [online]. Praha: VÚRV, 2009 [14.7.2020].

Dostupné z: <http://www.phytopsanitary.org/projekty/2009/Projekt4.pdf>

BASSOUNY, Mohamed a Jiazhou CHEN. Effect of long-term organic and mineral fertilizer on physical properties in root zone of a clayey Ultisol. *Archives of Agronomy and Soil Science* [online]. 2016, vol. 62, iss. 6, s. 819-828 [cit. 4.4.2020]. ISBN 0365-0340. Dostupné z:

<https://doi-org.ezproxy.techlib.cz/10.1080/03650340.2015.1085649>

BUOL, Stanley W., Randal J. SOUTHARD, Robert C. GRAHAM a Paul A. McDANIEL. *Soil genesis and classification*. [online] John Wiley & Sons, 2011 [cit 13.2.2019]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=1138972&query=Soil+Genesis+and+Classification#>

CÍSLEROVÁ, Milena a Tomáš VOGEL. *Transportní procesy ve vadózní zóně*. ČVUT Praha, 2008. 111 s.

CONKLIN, Alfred R. *Introduction to soil chemistry: Analysis and instrumentation* [online]. John Wiley & Sons, 2014 [cit. 1.3.2020]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=1584993>

CZARNES, S., P.D. HALLETT, A. G BENGOUGH a I.M. YOUNG. Root- and microbial-derived mucilages affect soil structure and water transport. *European Journal of Soil Science* [online]. 2000, vol. 51, s. 435-443 [cit. 14.7.2020]. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/225007955_Root-_and_microbial-derived_mucilages_affect_soil_structure_and_water_transport

ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky* [online]. Praha, 2019 [cit. 22.7.2020]. Dostupné z: https://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenka_pudniho_fondu_2019.aspx

DANE, J. H. Water retention and storage. In: *Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical methods*. USA: Soil Science Society of America, Inc., 2002. ISBN: 0-89118-841-x

DEXTER, A. R. Soil physical quality.: Part I. Theory, effect of soil texture, density and organic matter, and effect on root growth. *Geoderma* [online]. 2004a, vol. 120, iss. 3-4, s. 201–214 [cit. 16.7.2020]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.09.004>

DEXTER, A.R. Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tilth and hard-setting. *Geoderma* [online]. 2004b, vol. 120, iss. 3-4, s. 215-225 [cit. 10.4.2020]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.09.005>

DEXTER, A. R. Soil physical quality: Part III: Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. *Geoderma* [online]. 2004c, vol. 120, iss. 3-4, s. 201-214 [cit. 16.7.2020]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.09.004>

DEXTER, A. R. a E. A. CZYZ. Applications of S-theory in the study of soil physical degradation and its consequences. *Land Degradation & Development* [online]. 2007, vol. 18, iss. 4, s. 369-381 [cit.16.7.2020]. Dostupné z: <https://doi-org.ezproxy.techlib.cz/10.1002/ldr.779>

DONG, Wenyi, Xinyu ZJANG, Huimin WANG, Xiaoqin DIA, Xiaonmin SUN, Weiwen QUI a Fengting YANG. Effect of different fertilizer application on the soil fertility of paddy soils in red soil region of southern China. *PLoS One* [online]. 2012 [cit. 5.4.2020]. ISBN 1932-6203. Dostupné z: <https://doaj.org/article/83f9d3507a46421b85ed9a25ef3f1465>

FÉR, Miroslav, Radka KODEŠOVÁ, Soňa HRONÍKOVÁ a Antonín NIKODEM. The effect of 12-year ecological farming on the soil hydraulic properties and repellency index. *Biologia* [online]. 2019 [cit. 5.4.2020]. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00373-1>

GREGORY, P.J. Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science?. *European Journal of Soil Science* [online]. 2006, vol. 57, iss. 1, s. 2-12 [cit. 14.7.2020]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2005.00778.x>

HEALY, Rixhard W. a Bridget R. SCANLON. 2010. *Estimating Groundwater Recharge. Physical methods: unsaturated zone* [online]. Cambridge: Cambridge University Press [cit. 5.4.2020]. ISBN 9780521863964. Dostupné z:

<https://doi-org.ezproxy.techlib.cz/10.1017/CBO9780511780745.006>

HILLEL, Daniel. *Introduction to environmental soil physics*. [online]. Elsevier, 2003 [cit. 25.1.2019]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=297052>

HUANG, Pan Ming, Yuncong LI a Malcolm E. SUMNER. *Properties and Processes: Properties and Processes, Second Edition* [online]. CRC Press LLC, 2011 [cit. 3.3.2020]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=1449504>

HYDRUS-1D, verison 4.16.0110 [program]. J. Šimůnek, M. Sejna, M. Th. van Genuchten. Dostupné z: <https://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?hydrus-1d>

IVANOR, M. *Režimy půd* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2004 [cit. 25.2.2020]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2004/G8141/um/102910/Rezimy_pud.pdf

JIRKŮ, Veronika, Radka KODEŠOVÁ, Antonín NIKODEM, Marcela MUHLHANSELOVÁ a Anna ŽIGOVÁ. Temporal variability of structure and hydraulic properties of topsoil of three soil types. *Geoderma* [online]. 2013, vol 204-205, s. 43-58 [cit. 16.7.2020]. Dostupné z:

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.03.024>

KIRKHAM, Mary Beth. *Principles of soil and plant water relations* [online]. 1. vyd. Elsevier Science & Technology, 2004 [cit. 20.2.2020]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=294662>

KODEŠOVÁ, Radka, Antonín NIKODEM, Ondřej JAKŠÍK, Aleš KLEMENT a Miroslav FÉR. *Metodika průzkumu hydropedologických podmínek na území ovlivněném vodní erozí*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. ISBN 978-80-213-2601-9

KODEŠOVÁ, Radka, Lenka PAVLŮ, Vít KODEŠ, Anna ŽIGOVÁ a Antonín NIKODEM. Impact of spruce forest and grass vegetation cover on soil micromorphology and hydraulic properties of organic matter horizon. *Biologia* [online]. 2007 [cit. 6.4.2020]. Dostupné z:

<https://doi.org/10.2478/s11756-007-0112-6>

KODEŠOVÁ, Radka, Vít KODEŠ, Anna ŽIGOVÁ a Jiří ŠIMŮNEK. Impact of plant roots and soil organisms on soil micromorphology and hydraulic properties. *Biologia* [online]. 2006 [cit. 6.4.2020]. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/s11756-006-0185-7>

KODEŠOVÁ, Radka, Veronika JIRKŮ, Vít KODEŠ, Marcela MULHANSELOVÁ, Antonín NIKODEM, Anna ŽIGOVÁ. Soil structure and soil hydraulic properties of Haplic Luvisol used as arable land and grassland. *Soil and Tillage Research* [online]. 2011, vol. 111, iss. 2, s. 154-161 [cit. 16.7.2020]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.09.007>

KOHNKE, Helmut. *Soil physics*. 1. vyd. New Delhi: Tata Mcgraw-Hill Publishing Company, 1968. 224 s. ISBN 978-0070352995.

KOOREVAAR, P., G. MENELIK a C. DIRKSEN. *Elements of soil physics*. [online]. Elsevier, 1983 [cit. 26.1.2019]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=sISILCynxEQC&oi=fnd&pg=PP1&dq=soil+physics&ots=W9-U9hIglq&sig=bEJviHP4qw_ddTm-T_qwYodNALQ&redir_esc=y#v=onepage&q=soil%20physics&f=false

LAL, Rattan, Manoj S. SHUKLA. *Principles of Soil Physics* [online]. 1. vyd. CRC Press, 2004 [cit. 25.2.2019]. Dostupné z: <https://doi-org.infozdroje.czu.cz/10.4324/9780203021231>

LAL, Rattan. *Encyclopedia of Soil Science* [online]. 3. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2016 [cit. 5.1.2020]. Dostupné z: <https://doi.org/10.4324/9781315161860>

LOBSEY, C.R a R.A.V. ROSSEL. Sensing of soil bulk density for more accurate carbon accounting. *European Journal of Soil Science* [online]. 2016, vol. 67, iss. 4, s. 504-513 [cit. 28.3.2020]. Dostupné z: <https://doi-org.ezproxy.techlib.cz/10.1111/ejss.12355>

LUI, Weiping, Xiaoyan LUO, Faming HUANG a Mingfu FU. Prediction of soil water retention curve using Bayesian updating from limited measurement data. *Applied Mathematical Modelling* [online]. 2019, vol. 76, s. 380-395. ISSN 0307-904X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.06.028>

LUKAC, Martin, Douglas L. GODBOLD. *Soil Ecology in Northern Forests: A Belowground View of a Changing World* [online]. Cambridge: Cambridge University Press, 2011 [cit. 7.1.2020] Dostupné z: doi:10.1017/CBO9780511976100.003

LOBSEY, C.R a R.A.V. ROSSEL. Sensing of soil bulk density for more accurate carbon accounting. *European Journal of Soil Science* [online]. 2016, vol. 67, iss. 4, s. 504-513 [cit. 28.3.2020]. Dostupné z: <https://doi-org.ezproxy.techlib.cz/10.1111/ejss.12355>

MAPY.CZ. *Česká republika: základní mapa*. Měřítko neuvedeno. Dostupné z: www.mapy.cz

MARTÍN, Miguel Á., Miguel REYES a F. Javier TAGUAS. Estimating soil bulk density with information metrics of soil texture. *Geoderma* [online]. 2017, vol. 287, s. 66-70. ISSN 0016-7061. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.09.008>

MUSSO, Alessandra, Krzysztof LAMORSKI, Cezary SŁAWIŃSKI, Clemens GEITNER, Allen HUNT, Konrad GREINWALD a Markus EGLI. Evolution of soil pores and their characteristics in a siliceous and calcareous proglacial area. *CATENA* [online]. 2019, vol. 182, s. 104-154 [cit. 25.3.2020]. ISSN 0341-8162. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104154>

NAVEED, M. et al. Plant exudates may stabilize or weaken soil depending on species, origin and time. *European Journal of Soil Science* [online]. 2017, vol. 68, iss. 6, s. 806-816 [cit. 14.7.2020]. ISSN 1351-0754. Dostupné z: <https://onlinelibrary-wiley-com.ezproxy.techlib.cz/doi/full/10.1111/ejss.12487>

NOVÁK, Viliam a Hana HLAVÁČIKOVÁ. *Applied Soil Hydrology* [online]. Springer, 2018 [cit. 2.3.2020]. Dostupné z: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=5568391>

PAVLŮ, Lenka. *Základy pedologie a ochrany půdy* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012 [cit. 26.2.2020]. Dostupné z: https://katedry.czu.cz/storage/4833_Zaklady-pedologie-a-ochrany-pudy.pdf

PÉREZ-BEJARANO, A., J. MATAIX-SOLERA, R. ZORNOZA, C. GUERRERO, V. ARCENEGUI, J. MATAIX-BENEYTO a S. CONA-AMAT. Influence of plant species on physical, chemical and biological soil properties in a Mediterranean forest soil. *European Journal of Forest Research* [online]. 2010, vol. 129, iss. 1, s. 15-24 [cit. 14.7.2020]. ISSN 1612-4669. Dostupné z: <http://dx.doi.org.ezproxy.techlib.cz/10.1007/s10342-008-0246-2>

Pokusná stanice Lukavec [online]. [cit. 6.7.2020] Dostupné z: <http://www.spslukavec.cz/charakteristika-stanice>

PRABAKARAN, G. *Introduction to Soil and Agricultural Microbiology*. [online]. Global Media, 2009 [cit. 16.2.2019]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=3011375>

RAGHUNATH, Hassan Manjunath. *Hydrology: principles, analysis and design* [online]. 2. vyd. New Age International, 2006 [cit. 26.2.2020]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=330883>

RAVIV, Michael, Heinrich Lieth a J. Heinrich Lieth. *Soilless Culture: Theory and Practice* [online]. Oxford: Elsevier Science & Technology, 2007 [cit. 12.1.2020]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=328584>

RICHARDS, L. A. Capillary Conduction of Liquid Through Porous Media. *Journal of Applied* [online]. 1931, vol. 1, s. 318-333 [cit 14.7.2020]. Dostupné z:

<http://dx.doi.org/10.1063/1.1745010>

ROBINSON, Mark a Roy Charles WARD. *Hydrology: Principles and Processes* [online]. Iwa Publishing, 2017 [cit. 5.3.2020]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=4834747>

RUDA, Aleš. *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele*. [online]. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2014 [cit. 2.2.2019]. Dostupné z:

https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/skripta/klimatologie_hydrogeografie.pdf

SÁŇKA, Milan a Jan MATERNA. *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2004 [cit. 6.3.2020]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/\\$file/indikatory_el.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/$file/indikatory_el.pdf)

SÁŇKA, Milan, Radim VÁCHA, Šárka POLÁKOVÁ a Přemysl FIALA. *Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2018 [cit. 10.3.2020]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/94374EBA69112E1AC12582AA0035124E/\\$file/Kriteria%20pro%20hodnoceni%20vlastnosti%20pud.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/94374EBA69112E1AC12582AA0035124E/$file/Kriteria%20pro%20hodnoceni%20vlastnosti%20pud.pdf)

SAUER, Thomas J., Neal S. EASH, Evah ODOI, Mary C. BRATZ and Deb O'DELL. *Soil Science Simplified*. [online]. 6. vyd. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015 [cit. 15.1.2019].

Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=4036197#>

SCHOLL, P., D. LEITNER, G. KAMMERER, W. LOISKANDL, H. P. KAUL a G. BODNER. Root induced changes of effective 1D hydraulic properties in a soil column. *Planet and soil* [online]. 2014, vol. 381, s. 193-213 [cit. 17.7.2020]. Dostupné z:

<https://doi.org/10.1007/s11104-014-2121-x>

SHWETHA, P. a K. VARIJA. Retention Curve from Saturated Hydraulic Conductivity for Sandy Loam and Loamy Sand Textured Soils. *Aquatic Procedia* [online]. 2015, vol. 4, s. 1142-1149 [cit. 2.4.2020]. ISSN 2214-241X. Dostupné z:

<https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.145>

Soilmoisture Equipment Corp. *Operating instruction: Tempe Pressure Cell* [online]. Santa Barbara, CA: 1995 [cit. 16.7.2020]. Dostupné z:

https://www.soilmoisture.com/pdfs/Resource_Instructions_0898-1400_1400%20Tempe%20Pressure%20Cells.pdf

Soilmoisture Equipment Corp. *Operating instruction: 15 Bar Pressure Plate Extractor* [online]. Santa Barbara, CA: 2009 [16.7.2020]. Dostupné z:

http://www.ictinternational.com/content/uploads/2016/01/Resource_Instructions_0898-1500_1500-15-Bar-Pressure-Plate-Extractor.pdf

StatSoft, Inc.. STATISTICA (data analysis software system), version 12. 2013. Dostupné z: www.statsoft.com.

STRAWN, Daniel G., Hinrich L. BOHN a George A. O'CONNOR. *Soil chemistry*. [online]. John Wiley & Sons, 2015 [cit. 12.2.2019]. Dostupné z:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=1895512#>

ŠIMEK M. *Základy nauky o půdě 1*. Neživé složky půdy. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2003. 131 s. ISBN 80-7040-629-1.

ŠIMŮNEK, J., M. ŠEJNA, H. SAITO, M. SAKAI, M. Th. VAN GENUCHTEN. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably Saturated Media, Version 4.0, HYDRUS Software Series 3. *Dep. Environmental Sci., Univ. of California, Riverside*, 2008

- TOMÁŠEK, Milan. *Půdy České republiky*. 4. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2007.
- VALLA, Miloš, Josef KOZÁK, Jan NĚMEČEK, Svatoplík MATULA, Luboš Borůvka a Ondřej DRÁBEK. *Pedologické praktikum*. 2. vyd. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2011. ISBN 978-80-213-0914-2
- VAN BREEMEN, Nico, Peter BUURMAN. *Soil formation*. [online] Springer Science & Business Media, 2002 [cit.16.2.2019]. Dostupné z:
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=3035944>
- VAN DAM, J. C., J. N. M. STRICKER, P. DROOGERS. Inverse Method to Determine Soil Hydraulic Functions from Multistep Outflow Experiments. *Soil Science Society of America Journal* [online]. 1994, vol. 58, iss. 8, s. 647-652. Dostupné z:
<https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800030002x>
- VAN GENUCHTEN, Martinus Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal* [online]. 1980, vol. 44, s. 892-898. Dostupné z:
<https://hwbdocuments.env.nm.gov/Los%20Alamos%20National%20Labs/TA%2054/11569.pdf>
- VAN GUNECHTEN, Martinus Th., F. J. LEIJ a S. R. YATES. *The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils* [online]. California: U. S. Salinity Laboratory USDAARS, 1991 [cit. 5.4.2020]. Dostupné z:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.466.6966&rep=rep1&type=pdf>
- VOGT, Daniel John, Joel P. TILLEY, Robert L. EDMONDS a Robert Boyd HARRISON. *Soil and plant analysis for forest ecosystem characterization* [online]. De Gruyter, Inc., 2015 [cit. 25.2.2020]. Dostupné z:
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=1249986>
- Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2010 [online]. VURV. [cit. 9.1.2019]. Dostupné z:
https://www.vurv.cz/index.php?p=odbor_pokusnych_stanic&site=vyzkum
- WALL, Diane H., Richard D. BARDGETT, Valerie BEHAN-PELLETIER, Jeffrey E. HERRICK. *Soil ecology and ecosystem services*. [online]. Oxford University Press, 2012 [cit. 12.2.2019]. Dostupné z:
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=1480924>

WANG, Wei, Wei-cai CHEN, Kai-rong WANG, Xiao-li XIE, Chun-mei YIN a An-lei CHEN. Effects of Long-Term Fertilization on the Distribution of Carbon, Nitrogen and Phosphorus in Water-Stable Aggregates in Paddy Soil. *Agricultural Sciences in China* [online]. 2011, vol. 10, iss. 12, s. 1932-1940 [cit. 2.4.2020]. ISSN 1671-2927. Dostupné z:

[https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60194-6](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60194-6)

WHALLEY, W.R, B. RISELEY, P. B. LEEDS-HARRISON, N. R. A. BRID, P. K. LEECH A W. P. ADDERLEY. Structural differences between bulk and rhizosphere soil. *European Journal of Soil Science* [online]. 2005, vol. 56, iss. 3, s. 353-360 [cit. 14.7.2020] Dostupné z:

<https://doi-org.ezproxy.techlib.cz/10.1111/j.1365-2389.2004.00670.x>

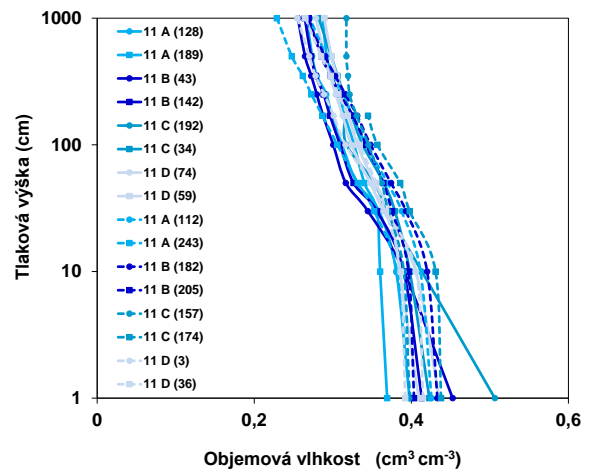
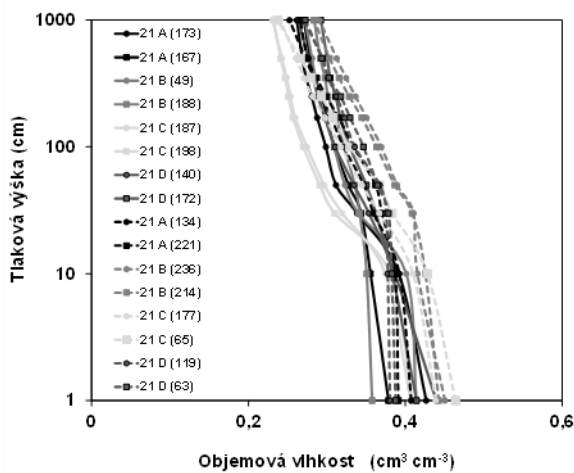
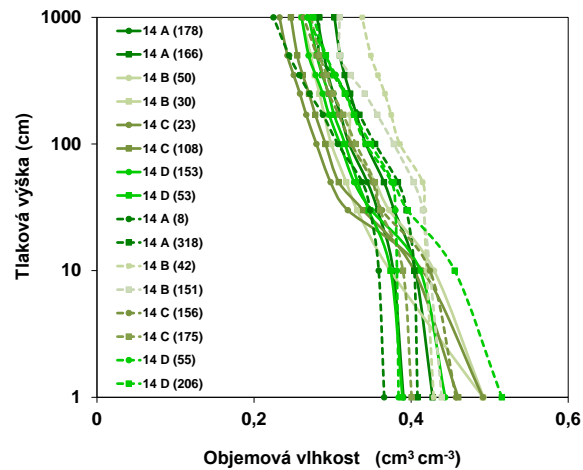
XIN, Xiulin, Jiabao ZHANG, Anning ZHU a Congzhi ZHANG. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain. *Soil and Tillage Research* [online]. 2016, vol. 156, s. 166-172 [cit. 3.4.2020]. ISSN 0167-1987. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.10.012>

YAN, Rongtao, Jocelyn L. HAYLEY a Jeffrey A. PRIEST. Modeling Water Retention Curve of Hydrate-Bearing Sediment. *International Journal of Geomechanics* [online]. 2020, vol. 20, iss. 2 [cit. 29.3.2020]. ISSN 1532-3641. Dostupné z:

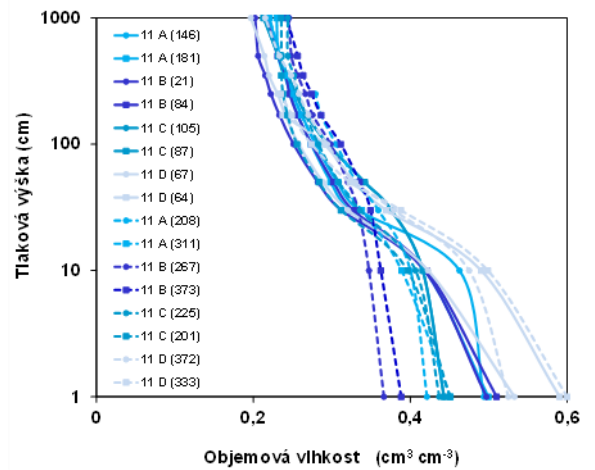
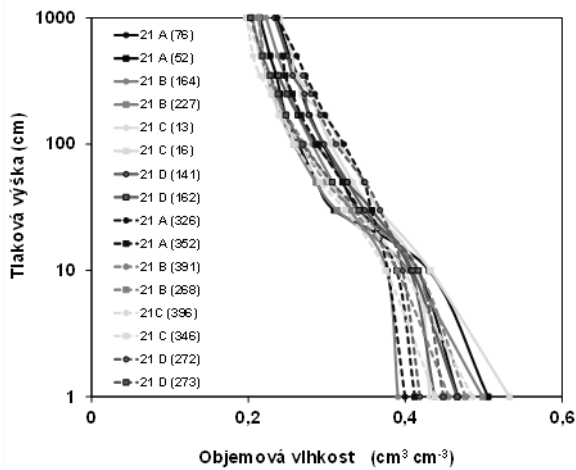
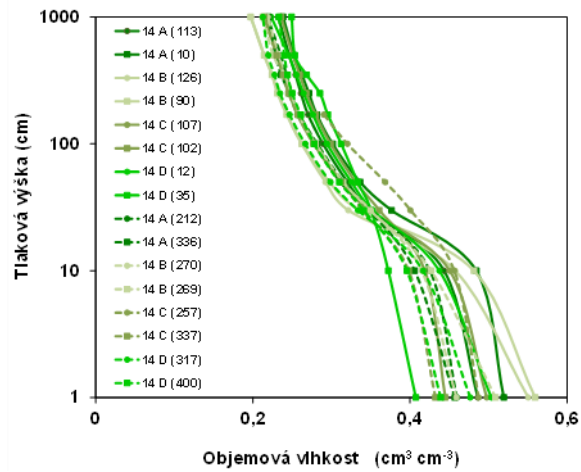
[https://doi-org.ezproxy.techlib.cz/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0001585](https://doi-org.ezproxy.techlib.cz/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0001585)

9 SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY

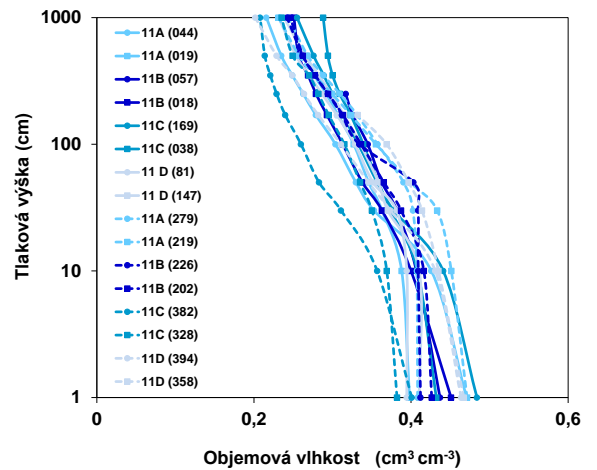
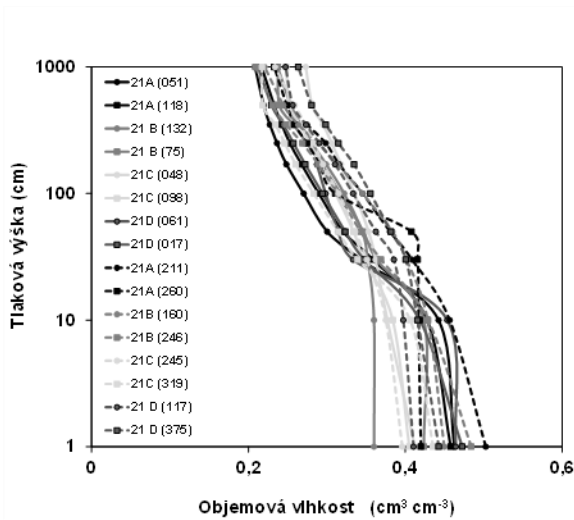
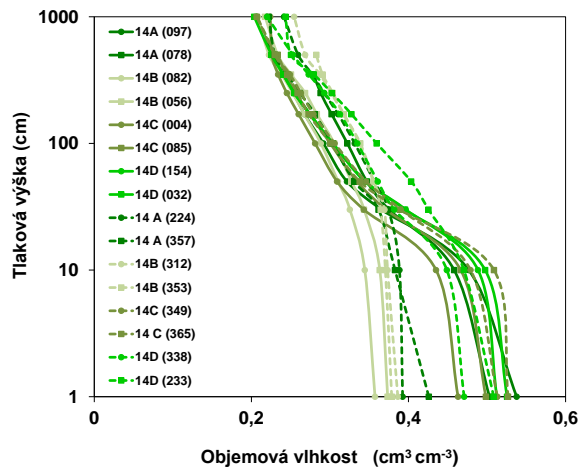
Příloha č. 1: Retenční čáry půdní vlhkosti (bilanční hodnocení) pro jednotlivé půdní vzorky odebrané po zasetí (plná čára) a po sklizni kukuřice seté (čárkovaná čára) na parcelách s různými režimy hnojení na lokalitě Ivanovice: varianta absolutně nehnojená (označená jako 21), dále varianta hnojená hnojem (označená jako 11) a varianta hnojená hnojem a N2PK (označená jako 14). Písmena A, B, C a D představují opakování. Číslo v závorce udává označení vzorku.



Příloha č. 2: Retenční čáry půdní vlhkosti (bilanční hodnocení) pro jednotlivé půdní vzorky odebrané po zasetí (plná čára) a po sklizni kukuřice seté (čárkovaná čára) na parcelách s různými režimy hnojení na lokalitě Lukavec: varianta absolutně nehnojená (označená jako 21), dále varianta hnojená hnojem (označená jako 11) a varianta hnojená hnojem a N2PK (označená jako 14). Písmena A, B, C a D představují opakování. Číslo v závorce udává označení vzorku.



Příloha č. 3: Retenční čáry půdní vlhkosti (bilanční hodnocení) pro jednotlivé půdní vzorky odebrané po zasetí (plná čára) a po sklizni kukuřice seté (čárkovaná čára) na parcelách s různými režimy hnojení na lokalitě Čáslav: varianta absolutně nehnojená (označená jako 21), dále varianta hnojená hnojem (označená jako 11) a varianta hnojená hnojem a N2PK (označená jako 14). Písmena A, B, C a D představují opakování. Číslo v závorce udává označení vzorku.



Příloha č. 4: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro objemovou hmotnost půdy lokality Ivanovice.

Jednorozměrné testy významnosti pro rd [g.cm-3] (Ivanovice hydrolimity) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	203,3116	1	203,3116	43194,64	0,000000
Varianty hnojení	0,0625	5	0,0125	2,66	0,027488
Chyba	0,4236	90	0,0047		

Příloha č. 5: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro pórovitost půdy lokality Ivanovice.

Jednorozměrné testy významnosti pro P [cm3.cm-3] (Ivanovice hydrolimity) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	19,51257	1	19,51257	29112,12	0,000000
Varianty hnojení	0,00890	5	0,00178	2,66	0,027488
Chyba	0,06032	90	0,00067		

Příloha č. 6: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro relativní vlhkost půdy lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qr [cm3 cm-3] Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	2,209591	1	2,209591	826,3839	0,000000
Varianty hnojení	0,053039	5	0,010608	3,9673	0,004894
Chyba	0,112300	42	0,002674		

Příloha č. 7: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro nasycenou vlhkost půdy lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qs [cm3.cm-3] Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	8,611407	1	8,611407	6677,956	0,000000
Varianty hnojení	0,009871	5	0,001974	1,531	0,200924
Chyba	0,054160	42	0,001290		

Příloha č. 8: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro a lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro a [cm-1] Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,130943	1	0,130943	153,6108	0,000000
Varianty hnojení	0,015331	5	0,003066	3,5971	0,008490
Chyba	0,035802	42	0,000852		

Příloha č. 9: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro n lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro n (-) (Ivanovice_3) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	104,7545	1	104,7545	2082,967	0,000000
Varianty hnojení	0,4251	5	0,0850	1,691	0,157936
Chyba	2,1122	42	0,0503		

Příloha č. 10: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Ks Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Ks [cm h-1] Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	624,0576	1	624,0576	44,25718	0,000000
Varianty hnojení	123,1429	5	24,6286	1,74662	0,145073
Chyba	592,2298	42	14,1007		

Příloha č. 11: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Ksmer lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Ksmer [cm h-1] (Ivanovice_3) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	54,4069	1	54,40694	11,52728	0,001650
Varianty hnojení	17,1593	5	3,43186	0,72711	0,607531
Chyba	174,6342	37	4,71984		

Příloha č. 12: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro polní kapacita lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro PK [cm ³ .cm ⁻³] Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	4,092185	1	4,092185	7730,625	0,000000
Varianty hnojení	0,003721	5	0,000744	1,406	0,241889
Chyba	0,022233	42	0,000529		

Příloha č. 13: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro 070 lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q70 [cm ³ .cm ⁻³] Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	5,549926	1	5,549926	11888,80	0,000000
Varianty hnojení	0,014559	5	0,002912	6,24	0,000207
Chyba	0,019606	42	0,000467		

Příloha č. 14: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro 0s-070 lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qs-Q70 [cm ³ .cm ⁻³] Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,334884	1	0,334884	206,4337	0,000000
Varianty hnojení	0,024887	5	0,004977	3,0682	0,018924
Chyba	0,068134	42	0,001622		

Příloha č. 15: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Sinf lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Sinf Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,091032	1	0,091032	528,2340	0,000000
Varianty hnojení	0,001210	5	0,000242	1,4045	0,242373
Chyba	0,007238	42	0,000172		

Příloha č. 16: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro hinf lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro hinf Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	262098,1	1	262098,1	162,4123	0,000000
Variety hnojení	51050,1	5	10210,0	6,3268	0,000184
Chyba	67778,8	42	1613,8		

Příloha č. 17: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θinf lokality Ivanovice za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qinf [cm ³ cm ⁻³] Ivanovice Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	5,967858	1	5,967858	9467,487	0,000000
Variety hnojení	0,006696	5	0,001339	2,125	0,081169
Chyba	0,026475	42	0,000630		

Příloha č. 18: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro reziduální vlhkost lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qr [cm ³ cm ⁻³] (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	2,875338	1	2,875338	7239,321	0,000000
Variety hnojení	0,013361	5	0,002672	6,728	0,000110
Chyba	0,016682	42	0,000397		

Příloha č. 19: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro nasycené vlhkosti lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qs [cm ³ .cm ⁻³] (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	7,232337	1	7,232337	86398,73	0,000000
Variety hnojení	0,002561	5	0,000512	6,12	0,000242
Chyba	0,003516	42	0,000084		

Příloha č. 20: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro a lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro a [cm-1] (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	0,028050	1	0,028050	167,8085	0,000000
Variety hnojení	0,000696	5	0,000139	0,8329	0,533764
Chyba	0,007020	42	0,000167		

Příloha č. 21: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro n lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro n (-) (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	93,13177	1	93,13177	7080,696	0,000000
Variety hnojení	0,19523	5	0,03905	2,969	0,022044
Chyba	0,55242	42	0,01315		

Příloha č. 22: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro polní kapacitu lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro PK [cm3.cm-3] (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	4,716662	1	4,716662	20264,40	0,000000
Variety hnojení	0,005989	5	0,001198	5,15	0,000903
Chyba	0,009776	42	0,000233		

Příloha č. 23: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro 070 lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Q70 [cm3.cm-3] (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	5,994907	1	5,994907	34297,75	0,000000
Variety hnojení	0,003433	5	0,000687	3,93	0,005189
Chyba	0,007341	42	0,000175		

Příloha č. 24: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θ_s - θ_{70} lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qs-Q70 [cm ³ .cm-3] (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,058009	1	0,058009	357,2098	0,000000
Varianty hnojení	0,001994	5	0,000399	2,4554	0,048651
Chyba	0,006821	42	0,000162		

Příloha č. 25: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Sinf lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Sinf (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,037067	1	0,037067	1480,449	0,000000
Varianty hnojení	0,000816	5	0,000163	6,520	0,000143
Chyba	0,001052	42	0,000025		

Příloha č. 26: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro hinf lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro hinf (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	917622,9	1	917622,9	158,3910	0,000000
Varianty hnojení	46946,3	5	9389,3	1,6207	0,175580
Chyba	243322,9	42	5793,4		

Příloha č. 27: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θ_{inf} lokality Ivanovice za použití způsobu měření tlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qinf [cm ³ cm-3] (Ivanovice_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	5,539211	1	5,539211	91411,93	0,000000
Varianty hnojení	0,002673	5	0,000535	8,82	0,000009
Chyba	0,002545	42	0,000061		

Příloha č. 28: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro objemovou hmotnost půdy lokality Čáslav.

Jednorozměrné testy významnosti pro rd [g.cm-3] (Čáslav hydrolimity) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	191,8134	1	191,8134	15610,02	0,000000
Varianty hnojení	0,1902	5	0,0380	3,10	0,012646
Chyba	1,1059	90	0,0123		

Příloha č. 29: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro pórovitost půdy lokality Čáslav.

Jednorozměrné testy významnosti pro P [cm ³ .cm ⁻³] (Čáslav hydrolimity) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	20,90014	1	20,90014	11944,43	0,000000
Variety hnojení	0,02708	5	0,00542	3,10	0,012646
Chyba	0,15748	90	0,00175		

Příloha č. 30: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro reziduální vlhkost lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qr [cm ³ cm ⁻³] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1,074699	1	1,074699	166,3146	0,000000
Variety hnojení	0,052171	5	0,010434	1,6148	0,177155
Chyba	0,271397	42	0,006462		

Příloha č. 31: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro nasycenou vlhkost lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qs [cm ³ .cm ⁻³] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	9,435871	1	9,435871	4144,061	0,000000
Variety hnojení	0,009937	5	0,001987	0,873	0,507492
Chyba	0,095632	42	0,002277		

Příloha č. 32: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro a lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro a [cm ⁻¹] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,087754	1	0,087754	205,2180	0,000000
Variety hnojení	0,001511	5	0,000302	0,7069	0,621541
Chyba	0,017960	42	0,000428		

Příloha č. 33: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro n lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro n [-] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	109,6007	1	109,6007	817,9980	0,000000
Variety hnojení	0,6332	5	0,1266	0,9452	0,462037
Chyba	5,6274	42	0,1340		

Příloha č. 34: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Ks lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Ks [cm h-1] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	723,5419	1	723,5419	55,14848	0,000000
Variety hnojení	84,5389	5	16,9078	1,28871	0,286933
Chyba	551,0353	42	13,1199		

Příloha č. 35: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Ksmer lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Ks mer [cm h-1] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	93,3663	1	93,36630	25,56697	0,000014
Variety hnojení	21,6972	5	4,33945	1,18829	0,334821
Chyba	127,8142	35	3,65183		

Příloha č. 36: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro polní kapacity lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro PK [cm ³ .cm ⁻³] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	3,407418	1	3,407418	7455,836	0,000000
Variety hnojení	0,005813	5	0,001163	2,544	0,042432
Chyba	0,019195	42	0,000457		

Příloha č. 37: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θ_{70} lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q70 [cm ³ .cm ⁻³] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	5,426251	1	5,426251	9869,037	0,000000
Variety hnojení	0,009489	5	0,001898	3,452	0,010566
Chyba	0,023093	42	0,000550		

Příloha č. 38: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro $\theta_{s-\theta_{70}}$ lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qs-Q70 [cm ³ .cm ⁻³] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	0,551091	1	0,551091	199,1920	0,000000
Variety hnojení	0,029235	5	0,005847	2,1134	0,082592
Chyba	0,116199	42	0,002767		

Příloha č. 39: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Sinf lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Sinf (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	0,186835	1	0,186835	395,3592	0,000000
Variety hnojení	0,005136	5	0,001027	2,1736	0,075258
Chyba	0,019848	42	0,000473		

Příloha č. 40: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro hinf lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro hinf (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	396477,7	1	396477,7	93,24098	0,000000
Variety hnojení	28880,6	5	5776,1	1,35839	0,259310
Chyba	178591,7	42	4252,2		

Příloha č. 41: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θ_{inf} lokality Čáslav za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q_{inf} [cm ³ cm ⁻³] (Čáslav_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	5,703968	1	5,703968	4713,949	0,000000
Varianty hnojení	0,003676	5	0,000735	0,608	0,694483
Chyba	0,050821	42	0,001210		

Příloha č. 42: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro reziduální vlhkost půdy lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q_r [cm ³ cm ⁻³] (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1,985892	1	1,985892	1971,952	0,000000
Varianty hnojení	0,023863	5	0,004773	4,739	0,001601
Chyba	0,042297	42	0,001007		

Příloha č. 43: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro nasycené vlhkosti půdy lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q_s [cm ³ cm ⁻³] (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	7,622365	1	7,622365	8836,716	0,000000
Varianty hnojení	0,002176	5	0,000435	0,505	0,771077
Chyba	0,036228	42	0,000863		

Příloha č. 44: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro a lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro a [cm ⁻¹] (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,023565	1	0,023565	231,7416	0,000000
Varianty hnojení	0,001963	5	0,000393	3,8605	0,005732
Chyba	0,004271	42	0,000102		

Příloha č. 45: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro n lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro n [-] (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	104,4593	1	104,4593	3329,768	0,000000
Varianty hnojení	0,2564	5	0,0513	1,635	0,171907
Chyba	1,3176	42	0,0314		

Příloha č. 46: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro polní kapacitu lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro PK [cm ³ .cm ⁻³] (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	4,027725	1	4,027725	13462,07	0,000000
Varianty hnojení	0,005318	5	0,001064	3,55	0,009046
Chyba	0,012566	42	0,000299		

Příloha č. 47: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θ70 lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q70 [cm ³ .cm ⁻³] (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	5,876239	1	5,876239	13496,18	0,000000
Varianty hnojení	0,006411	5	0,001282	2,95	0,022855
Chyba	0,018287	42	0,000435		

Příloha č. 48: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θs-θ70 lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qs-Q70 [cm ³ .cm ⁻³] (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,113412	1	0,113412	275,9751	0,000000
Varianty hnojení	0,002523	5	0,000505	1,2279	0,313134
Chyba	0,017260	42	0,000411		

Příloha č. 49: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Sinf lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Sinf (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,091561	1	0,091561	391,6668	0,000000
Variety hnojení	0,000982	5	0,000196	0,8402	0,528913
Chyba	0,009818	42	0,000234		

Příloha č. 50: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro hinf lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro hinf (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	993310,9	1	993310,9	117,4065	0,000000
Variety hnojení	122942,4	5	24588,5	2,9063	0,024256
Chyba	355338,6	42	8460,4		

Příloha č. 51: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θinf lokality Čáslav za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Qinf [cm ³ cm ⁻³] (Čáslav_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	5,204853	1	5,204853	14182,34	0,000000
Variety hnojení	0,000732	5	0,000146	0,40	0,846756
Chyba	0,015414	42	0,000367		

Příloha č. 52: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro objemové hmotnosti půdy lokality Lukavec.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro rd [g.cm ⁻³] (Lukavec hydrolimity) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	180,8120	1	180,8120	22442,54	0,000000
Variety hnojení	0,1367	5	0,0273	3,39	0,007460
Chyba	0,7251	90	0,0081		

Příloha č. 53: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro pórovitost půdy lokality Lukavec.

Jednorozměrné testy významnosti pro P [cm ³ .cm ⁻³] (Lukavec hydrolimity) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	22,31388	1	22,31388	19449,63	0,000000
Varianty hnojení	0,01946	5	0,00389	3,39	0,007460
Chyba	0,10325	90	0,00115		

Příloha č. 54: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro reziduální vlhkost půdy lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qr [cm ³ cm ⁻³] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1,734469	1	1,734469	810,7179	0,000000
Varianty hnojení	0,020403	5	0,004081	1,9073	0,113466
Chyba	0,089856	42	0,002139		

Příloha č. 55: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro nasycenou vlhkost půdy lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qs [cm ³ .cm ⁻³] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	10,63768	1	10,63768	4181,313	0,000000
Varianty hnojení	0,01930	5	0,00386	1,517	0,205149
Chyba	0,10685	42	0,00254		

Příloha č. 56: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro a lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro a [cm ⁻¹] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,219824	1	0,219824	487,8935	0,000000
Varianty hnojení	0,003545	5	0,000709	1,5735	0,188502
Chyba	0,018923	42	0,000451		

Příloha č. 57: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro n lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro n [-] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	130,1239	1	130,1239	2672,525	0,000000
Variety hnojení	0,5434	5	0,1087	2,232	0,068729
Chyba	2,0450	42	0,0487		

Příloha č. 58: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Ks lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Ks [cm h-1] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	4356,262	1	4356,262	60,02085	0,000000
Variety hnojení	141,765	5	28,353	0,39065	0,852428
Chyba	3048,324	42	72,579		

Příloha č. 59: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Ks mer lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Ks mer [cm h-1] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	183,3318	1	183,3318	16,42166	0,000365
Variety hnojení	51,1994	5	10,2399	0,91722	0,484281
Chyba	312,5928	28	11,1640		

Příloha č. 60: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro polní kapacitu lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro PK [cm ³ .cm ⁻³] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	2,817103	1	2,817103	6962,431	0,000000
Variety hnojení	0,001430	5	0,000286	0,707	0,621454
Chyba	0,016994	42	0,000405		

Příloha č. 61: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θ_{70} lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q70 [cm ³ .cm ⁻³] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	4,351088	1	4,351088	9563,865	0,000000
Varianty hnojení	0,001324	5	0,000265	0,582	0,713497
Chyba	0,019108	42	0,000455		

Příloha č. 62: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θ_{s-70} lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Qs-Q70 [cm ³ .cm ⁻³] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	1,382081	1	1,382081	407,7254	0,000000
Varianty hnojení	0,025141	5	0,005028	1,4834	0,215673
Chyba	0,142369	42	0,003390		

Příloha č. 63: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Sinf lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Sinf (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	0,288354	1	0,288354	409,4874	0,000000
Varianty hnojení	0,006687	5	0,001337	1,8992	0,114889
Chyba	0,029576	42	0,000704		

Příloha č. 64: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro hinf lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro hinf (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	57153,60	1	57153,60	101,2195	0,000000
Varianty hnojení	3111,98	5	622,40	1,1023	0,373641
Chyba	23715,31	42	564,65		

Příloha č. 65: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θ_{inf} lokality Lukavec za použití způsobu měření Tempských cel.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q_{inf} [cm ³ cm ⁻³] (Lukavec_TC) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	6,373856	1	6,373856	7779,913	0,000000
Varianty hnojení	0,008294	5	0,001659	2,025	0,094694
Chyba	0,034409	42	0,000819		

Příloha č. 66: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro reziduální vlhkost půdy lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q_r [cm ³ cm ⁻³] (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	2,120266	1	2,120266	8882,878	0,000000
Varianty hnojení	0,007373	5	0,001475	6,178	0,000224
Chyba	0,010025	42	0,000239		

Příloha č. 67: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro nasycenou vlhkost půdy lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Q_s [cm ³ cm ⁻³] (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	7,538545	1	7,538545	40334,73	0,000000
Varianty hnojení	0,001671	5	0,000334	1,79	0,136091
Chyba	0,007850	42	0,000187		

Příloha č. 68: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro a lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Jednorozměrné testy významnosti pro a [cm ⁻¹] (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,029169	1	0,029169	659,2572	0,000000
Varianty hnojení	0,000157	5	0,000031	0,7118	0,617961
Chyba	0,001858	42	0,000044		

Příloha č. 69: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro n lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro n [-] (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	117,4945	1	117,4945	7372,290	0,000000
Varianty hnojení	0,2391	5	0,0478	3,000	0,020996
Chyba	0,6694	42	0,0159		

Příloha č. 70: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro polní kapacitu lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro PK [cm ³ .cm ⁻³] (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	3,502351	1	3,502351	10061,82	0,000000
Varianty hnojení	0,001801	5	0,000360	1,03	0,409944
Chyba	0,014619	42	0,000348		

Příloha č. 71: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θ70 lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Q70 [cm ³ .cm ⁻³] (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	5,327949	1	5,327949	18172,30	0,000000
Varianty hnojení	0,001773	5	0,000355	1,21	0,321480
Chyba	0,012314	42	0,000293		

Příloha č. 72: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θs-θ70 lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Qs-Q70 [cm ³ .cm ⁻³] (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	0,191324	1	0,191324	748,7765	0,000000
Varianty hnojení	0,000095	5	0,000019	0,0746	0,995750
Chyba	0,010732	42	0,000256		

Příloha č. 73: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro Sinf lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Sinf (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	0,107999	1	0,107999	1289,825	0,000000
Varianty hnojení	0,000268	5	0,000054	0,640	0,670539
Chyba	0,003517	42	0,000084		

Příloha č. 74: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro hinf lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro hinf (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	372691,0	1	372691,0	225,1043	0,000000
Varianty hnojení	8259,1	5	1651,8	0,9977	0,430914
Chyba	69536,7	42	1655,6		

Příloha č. 75: Tabulka výsledného statistického šetření za pomoci metody jednofaktorové ANOVY pro θinf lokality Lukavec za použití způsobu měření přetlakového aparátu.

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Qinf [cm ³ cm ⁻³] (Lukavec_HR) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	5,108205	1	5,108205	50744,98	0,000000
Varianty hnojení	0,002176	5	0,000435	4,32	0,002907
Chyba	0,004228	42	0,000101		

Příloha č. 76: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA při opakovaných měření pro objemovou hmotnost půdy pro porovnání lokalit mezi sebou.

Efekt	Vícerozměrné testy významnosti. rd [g.cm ⁻³] Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
	Test	Hodnota	F	Efekt SV	Chyba SV	p
Abs. člen	Wilksův	0,001094	26784,9€	3	88,0000	0,000000
Varianty hnojení	Wilksův	0,630558	2,95	15	243,330€	0,000249

Příloha č. 77: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA při opakovaných měření pro pórovitost půdy pro porovnání lokalit mezi sebou.

Efekt	Vícerozměrné testy významnosti. P [cm ³ .cm ⁻³] Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
	Test	Hodnota	F	Efekt SV	Chyba SV	p
Abs. člen	Wilksův	0,001600	18298,83	3	88,0000	0,000000
Varianty hnojení	Wilksův	0,645677	2,79	15	243,330€	0,00052€

Příloha č. 78: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA při opakovaných měření pro Sinf měřenou metodou Tempských cel pro porovnání lokalit mezi sebou.

Vícerozměrné testy významnosti. Sinf [-] Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy						
Efekt	Test	Hodnota	F	Efekt SV	Chyba SV	p
Abs. člen	Wilksův	0,020072	650,9462	3	40,0000	0,000000
Varianty hnojení	Wilksův	0,520158	1,9738	15	110,8238	0,023321

Příloha č. 79: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA při opakovaných měření pro Hinf měřenou metodou Tempských cel pro porovnání lokalit mezi sebou.

Vícerozměrné testy významnosti. Hinf [cm] Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy						
Efekt	Test	Hodnota	F	Efekt SV	Chyba SV	p
Abs. člen	Wilksův	0,108177	109,9215	3	40,0000	0,000000
Varianty hnojení	Wilksův	0,491031	2,1713	15	110,8238	0,011317

Příloha č. 80: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA při opakovaných měření pro Qinf měřenou metodou Tempských cel pro porovnání lokalit mezi sebou.

Vícerozměrné testy významnosti. Qinf [cm ³ cm ⁻³] Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy						
Efekt	Test	Hodnota	F	Efekt SV	Chyba SV	p
Abs. člen	Wilksův	0,001317	10112,08	3	40,0000	0,000000
Varianty hnojení	Wilksův	0,558621	1,73	15	110,8238	0,054027

Příloha č. 81: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA při opakovaných měření pro Sinf měřenou metodou přetlakového aparátu pro porovnání lokalit mezi sebou.

Vícerozměrné testy významnosti. Sinf Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy						
Efekt	Test	Hodnota	F	Efekt SV	Chyba SV	p
Abs. člen	Wilksův	0,011806	1116,018	3	40,0000	0,000000
Varianty hnojení	Wilksův	0,448349	2,491	15	110,8238	0,003379

Příloha č. 82: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA při opakovaných měření pro Hinf měřenou metodou přetlakového aparátu pro porovnání lokalit mezi sebou.

Vícerozměrné testy významnosti. Hinf [cm] Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy						
Efekt	Test	Hodnota	F	Efekt SV	Chyba SV	p
Abs. člen	Wilksův	0,090009	134,8000	3	40,0000	0,000000
Varianty hnojení	Wilksův	0,571528	1,6598	15	110,8238	0,069676

Příloha č. 83: Tabulka výsledného statického šetření za pomoci metody ANOVA při opakovaných měření pro θ_{inf} měřenou metodou přetlakového aparátu pro porovnání lokalit mezi sebou.

Efekt	Vícerozměrné testy významnosti. Q_{inf} [cm ³ cm ⁻³] Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
	Test	Hodnota	F	Efekt SV	Chyba SV	p
Abs. člen	Wilksův	0,000312	42780,63	3	40,0000	0,000000
Varianty hnojení	Wilksův	0,362898	3,28	15	110,8238	0,000159

