

**Česká Zemědělská univerzita**

**Fakulta životního prostředí**

obor: Vodní hospodářství

---

Bakalářská práce

**Vliv sucha na zemědělské výnosy ve  
vybraném regionu povodí řeky  
Moravy**

Zpracoval: Jakub Morávek

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Bašta Petr

Praha 2013

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petra Bašty a označil jsem veškeré použité prameny a literaturu.

Praha 13. 4. 2013

**Abstrakt:**

Bakalářská práce Vliv sucha na zemědělské výnosy ve vybraném regionu povodí řeky Moravy se zabývá dopady sucha, jeho hodnocením pomocí indexů sucha a jeho charakteristikou. Cílem práce bylo posoudit vliv agronomického sucha na hektarové výnosy zemědělských plodin za období od roku 1991 až do roku 2012. Práce byla řešena pro oblast Olomouckého kraje.

V této práci bylo použito hodnocení sucha pomocí P-T indexů a byl posouzen jejich vliv na výnosy zemědělských plodin. Po shrnutí všech výsledků bylo nutné konstatovat, že závislost sucha na výnosy zemědělských plodin za sledované období pro vybrané plodiny, se nepodařilo věrohodně dokázat.

Přínosem této práce je zhodnocení vlivu agronomického sucha na hektarové výnosy zemědělských plodin a upřesnění zda má či nemá tento klimatologický jev vliv na výnosy zemědělských plodin.

**Klíčová slova:**

Sucho - indexy sucha - Olomoucký kraj-zemědělské výnosy –  
Agronomické sucho

**Abstrakt:**

This thesis Impact of drought on crop yields in region of the Morava River Basin examines the influence of drought, its evaluation using indices of drought and its characteristics. The aim of the study is to assess the effect of agronomic drought on crop yields per hectare for the period from 1991 to 2012. The work has been addressed in the area of the Olomouc Region.

In this work drought was evaluated by PT index and it's impact on crop yields was asses. The effect of drought on crop yields was not proved clearly.

The contribution of this work is to assess the effect of agronomic drought on crop yields per hectare and clarify whether this phenomenon has a climatologic impact on crop yields.

**Keywords:**

Drought - Index of drought - Olomouc Region-agricultural income – agronomic drought

## OBSAH

1	ÚVOD .....	7
1.1	Cíle práce .....	8
2	LITERÁRNÍ REŠERŽE .....	9
2.1	Definice sucha .....	9
2.2	Meteorologické sucho .....	10
2.3	Hydrologické sucho .....	11
2.4	Agronomické sucho .....	11
2.4.1	Vláhové požadavky rostlin.....	12
2.4.2	Fenologické fáze.....	14
2.5	Socio-ekonomické sucho .....	14
2.6	Hodnocení sucha.....	15
2.6.1	Hodnocení dle Plochy .....	15
2.6.2	Hodnocení dle času .....	15
2.7	Příčiny a dopady sucha .....	16
2.7.1	Ekonomické dopady.....	16
2.7.2	Dopady na společnost .....	17
2.7.3	Dopady na životní prostředí a krajinu .....	17
3	INDEXY SUCHA.....	18
3.1	Langův dešťový faktor.....	18
3.2	Průměrná vláhová jistota podle Mináře .....	19
3.3	Končekův index zavlažení .....	21
3.4	Palmerův Index sucha .....	22
3.5	Z-index .....	23
3.6	P-E index.....	24

3.7	P–T index .....	24
3.8	Součinitel povrchového odtoku .....	25
4	METODIKA .....	26
4.1	Data .....	26
4.1.1	Hydrometeorologická data .....	26
4.1.2	Výnosy zemědělských plodin .....	27
4.2	Charakteristika zájmového území .....	28
4.3	P-T index .....	29
4.3.1	Metoda 10% kvantilu P-T indexů .....	30
4.4	P-index .....	30
4.5	Součinitel odtoku .....	30
4.6	Korelace vybraných indexu agronomického sucha .....	31
4.6.1	P-Value .....	32
5	VÝSLEDKY .....	33
5.1	Výsledky P-T indexu .....	33
5.1.1	Statistické charakteristiky P-T indexů .....	33
5.2	Výsledky součinitel odtoku .....	34
5.3	Výsledky korelačního koeficientu vybraných indexů sucha .....	34
6	DISKUZE .....	44
7	ZÁVĚR .....	45
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	46
8.1	Internetové zdroje .....	47

# 1 ÚVOD

Přírodní jevy byly, jsou a budou vždy úzce svázány s životem organismů na naší planetě. Mezi nejzávažnější projevy počasí vždy patřily extrémní hodnoty meteorologických jevů a s nimi spojené projevy jako je například sucho.

Sucho (nedostatek vody) je jev, na kterém závisí existence většiny organismů na této planetě. Sucha se objevovala již historicky a jejich vliv na organismy na této planetě neustále roste. Je to dáno hlavně rostoucí populací lidí a její závislosti na potravinách. Pro organismy je voda nezbytnou součástí života. Na vodě je závislá úroda zemědělských plodin, pastva pro zvířata a zároveň je voda základním stavebním kamenem organismů.

Závislost na vodě byla lidem vždy patrná. Jak se populace rozvíjely, objevovaly se postupně další provázanosti organismů s vodou. Postupně se voda začala využívat více a více a byla stavěna vodní díla pro zajištění potřebné závlahy.

Voda byla používána pro pohánění vodních mlýnů nebo pil, byly stavěny vodní kanály pro splavnost materiálu. Z toho vyplývá, že při suchu (nedostatku vody) trpěly ztrátou nejen hospodářské oblasti, ale také průmysl a doprava.

V moderní době s rozvojem techniky se sucha začala určovat a měřit pomocí takzvaných indexů sucha, která nám vymezují stupně sucha v daných oblastech v závislosti na různých hydrometeorologických faktorech (např. srážkových úhrnech, teplotě, evapotranspiraci). Dále se sucha určují pomocí, strojově počítaných matematických modelů a dalšími moderními prostředky.

Tato práce by měla sloužit jako příspěvek k již dříve řešeným pracím na téma problematiky sucha a jeho vyhodnocování a zároveň by měla sloužit jako inspirace pro budoucí práce zabývající se problematikou sucha.

## **1.1 Cíle práce**

Práce na téma Vliv sucha na zemědělské výnosy ve vybraném regionu povodí řeky Moravy by měla sloužit jako příspěvek k již dříve řešeným problematikám sucha.

Úkolem práce je vyhodnocení hydrologických a meteorologických dat a výpočet vybraných indexů sucha. Dále zjištění výnosů vybraných zemědělských plodin a posouzení vlivu sucha na hektarové výnosy vybraných zemědělských plodin za období od roku 1991 až do roku 2012.



## 2 LITERÁRNÍ REŠERŽE

### 2.1 Definice sucha

National Drought Mitigation Center v Lincolnu (NDMC) definuje sucho jako normální, opakující se projev klimatu, který má souvislost s jeho kolísáním (fluktací). Spousta lidí se domnívá, že se jedná o vzácný, náhodný jev, což je však chybný výklad. Sucho se jako přechodná anomálie klimatu může vyskytovat ve všech klimatických zónách (srážkových režimech) a liší se tak od aridity, kterou považujeme za trvalý znak klimatu.

(Rožnovský, 2002)

Žádná univerzální a definice sucha neexistuje. Uvádí se více než 150 publikovaných definic sucha. Rozlišujeme definice meteorologického, agronomického, hydrologického a socioekonomického sucha.

(Wilhite, 1985)

Podle Wilhite si lze sucho vysvětlit jako úbytek srážek vzhledem k předpokládané výšce srážek, která se vyskytuje v průběhu sezóny nebo delší části roku. Normálem rozumíme dlouhodobou rovnováhu mezi evapotranspirací a srážkami pro určitou lokalitu. Jedná se o meteorologické pojetí sucha.

(Wilhite, 1991)

Pokud množství půdní vláhly nevyhovuje potřebám rostlin, hovoříme o agronomickém suchu. Agronomické sucho je tedy vztažené zejména k nedostatku vody v půdě. Nastává po meteorologickém suchu, ale před hydrologickým suchem. Prvním sektor hospodářství, který je zasažen suchem představuje zemědělství. Následkem agronomického sucha je snížením výnosů nebo snížením tržní ceny produktu z důvodů poškození suchem nebo kombinací obou těchto ztrát.

(Rožnovský, 2002)

Dle Bidwella je agronomické sucho v porovnání s hydrologickým suchem daleko více vázáno na specifické charakteristiky různých zemědělských pozemků. Je lokálně velice proměnlivé a v porovnání se suchem hydrologickým je specifické pro pěstovanou zemědělskou plodinu. Proto je vhodné provádět pozorování projevů agronomického sucha a následné výpočty pro menší územní celky.

(Bidwell, 1973)

## 2.2 Meteorologické sucho

Je definované nejčastěji časovými a prostorovými srážkovými poměry, např. výskytem suchého nebo vyprahlého období. Kromě množství a intenzity spadlých srážek vztažených k dlouhodobým srážkovým normálům pro dané místo a roční dobu, stanovili mnozí autoři různé definice.

Dle Rožnovského závisí i na dalších meteorologických prvcích, a to hlavně na výparu, teplotě vzduchu, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu aj., pomocí klimatologických indexů.

(Rožnovský, 2012)

Dle National Drought Mitigation Center je meteorologické sucho obvykle definováno na základě stupně sucha a doby trvání suchého období. Definice meteorologického sucha musí být uvažována v závislosti pro daný region. Specifické podmínky, které vedou k nedostatkům srážek, se liší region od regionu. Například, některé definice meteorologického sucha identifikují období sucha na základě počtu dní se srážkovým úhrnem nižším než nastavené hodnoty. Toto opatření je vhodné pouze pro regiony, které se vyznačují celoročním srážkovým režimem, jako je tropický deštný prales nebo vlhké subtropické klima. Místa, jako je Brazílie, New Orleans, Louisiana (USA) slouží jako příklad.

(<http://drought.unl.edu/DroughtBasics/TypesofDrought.aspx>)

## 2.3 Hydrologické sucho

Je sucho definované pro povrchové toky určitým počtem za sebou jdoucích dní týdnů, měsíců i roků s výskytem relativně velmi nízkých průtoků vzhledem k dlouhodobým měsíčním či ročním normálům. Často se vlivem retardačních účinků vyskytuje i v době, kdy již meteorologické sucho dávno odeznělo. Naopak při výskytu meteorologického sucha se ještě vůbec nemusí projevat (Rožnovský, 2012)

Hydrologické sucho se kromě dlouhodobého poklesu průtoků v povrchových tocích projevuje také poklesem hladin podzemních vod, poklesem hladin v jezerech, mokřadech a ve vodních nádržích. (GUSEV Y. et NOVÁK V., 2007)

## 2.4 Agronomické sucho

Je nedostatek vody v půdě, ovlivněný předchozím nebo ještě nadále trvajícím výskytem meteorologického sucha.

Definice je velmi obšírně diskutovaným problémem, který předpokládá podrobnější znalosti z hydropedologie, rostlinné fyziologie, zemědělské ekonomiky apod.

(Rožnovský, 2012)

Dle National Drought Mitigation Center agronomické sucho zkoumá různé charakteristiky meteorologických nebo hydrologických such a jejich dopady na zemědělství, se zaměřením na nedostatek srážek, rozdíly mezi skutečným a potenciálním výparem, deficitu půdní vody a snížení hladiny podzemních vod.

Rostlinná poptávka po vodě závisí na převládajících klimatických podmínkách, biologických vlastnostech konkrétního druhu, jeho fázi růstu, a fyzikální a biologické vlastnosti půdy. Dobrá definice zemědělského sucha by měla být schopna vysvětlit proměnnou citlivost plodin v různých fázích vývoje.

Deficit vlhkosti ornice při pěstování může bránit klíčení, což vede k nízké rostlinné populaci na hektar a snížení konečného výnosu. Pokud je vlhkost ornice dostatečná pro raný růst, nemusí mít nedostatek vlhkosti v podloží v raném stadiu vliv na konečný výnos a to za předpokladu, že srážky vyhovují vláhovým potřebám rostlin nebo pokud vlhkost ornice roste v průběhu sezony.

(<http://drought.unl.edu/DroughtBasics/TypesofDrought.aspx>)

## 2.4.1 Vláhové požadavky rostlin

Základním prvkem pro stavbu organické hmoty a také transportním médiem živin pro rostliny je voda. Pokud mají rostliny nedostatek vody, nastává takzvaný vodní stres. Projevuje se snížením růstu a snížením množstevních a jakostních výnosů. Při mimořádném vodním stresu rostlina vadne a usychá.

(Taiz et Zeiger, 2002)

Dle (Jůvy 1946) se vodní stres projevuje poklesem buněčného napětí v těle rostliny, kde neprobíhá dokonalý rozvod živin a asimilačních zplodin v rostlinných částech a znemožňují se transpirační pochody v rostlině

Odolnost rostlin vůči vodnímu stresu je různá. Záleží na původu rostlin i míře jejich šlechtění pro podmínky daných lokalit. Vegetace je většinou v místě původu adaptována na střídání suchých a vlhkých období a je blízká klimaxovému stádiu.

(Burnash et Ferral 1973)

V průběhu vegetačního období je přirozené, že rostliny nejsou plně nasycené vodou, ale jsou v určitém stupni deficitu. Na vývoji a produkci rostliny se tento deficit neprojevuje, pokud nemá delší dobu trvání nebo nedosahuje vyšších hodnot. Při vyšším stupni deficitu se zvyšuje stres rostlin a projevuje se vadnutím. Při dalším zvyšování deficitu se naruší běžně životní pochody v rostlině a dochází k poklesu až zastavení fotosyntézy a rostliny začínají usychat a hynout

(Derco et al. 1975)

Dle (Derco et al. 1975) jsou vegetační období a fenologické fáze pro plodiny pěstované v jedné lokalitě různé a proto jsou i reakce na období sucha pro tyto plodiny v různých částech roku odlišné.

U všech kulturních rostlin začíná spotřeba vody od vývojové fáze klíčení a zvyšuje se až do fáze kvetení. Je to způsobeno především tím, že až do fáze kvetení se zvětšuje transpirační a asimilační plocha nadzemní části rostliny. Po ukončení fáze kvetení se potřeba vody snižuje ve fázi voskové zralosti je potřeba vody minimální. V tomto vývojovém období rostliny zpravidla odumírají. V tabulce č. 1 jsou uvedeny vláhové potřeby pro vybrané plodiny za dané měsíce.

(Kuklík V., 1985)

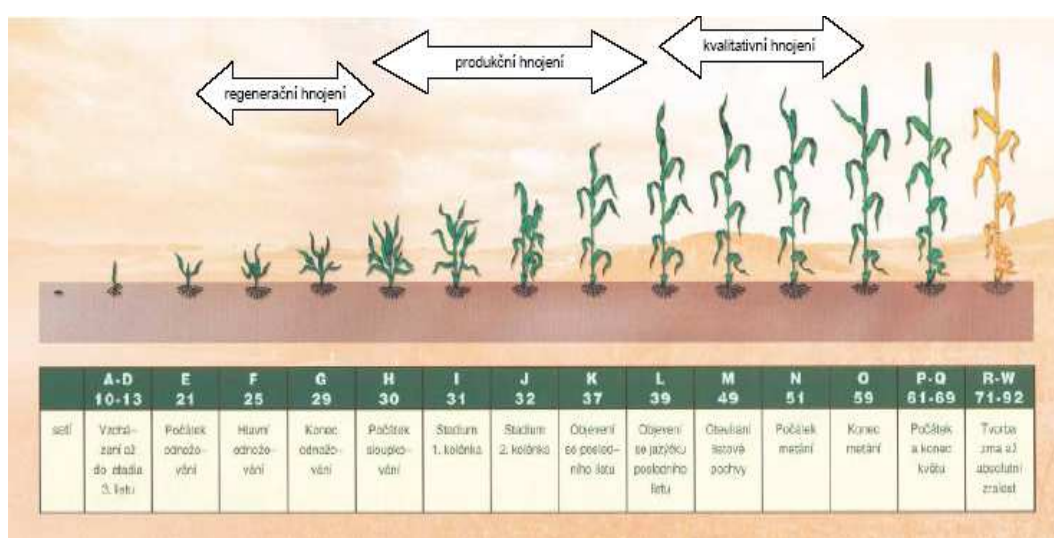
kultura	měsíc	duben	květen	červen	červenec	srpen	září
	průměrná teplota °C	8 °C	13 °C	16 °C	18 °C	17 °C	14 °C
ozimé žito		35	70	70	45	-	-
ozimá pšenice		35	65	70	60	-	-
jarní pšenice		45	65	70	60	-	-
Oves		50	65	75	60	-	-
jarní ječmen		50	60	70	45	-	-
ozimý ječmen		40	65	60	30	-	-
Kukuřice		-	50	60	70	65	50
Řepka		50	70	75	30	-	-
rané brambory		-	60	80	60	-	-
pozdní brambory		-	50	60	80	70	-

Tab. Č. 1 Vláhové potřeby vybraných zemědělských plodin při teplotním normálu vzduchu pro jednotlivé měsíce ve vegetačním období dle Klatta pro středně těžké půdy (Kuklík 1985)

## 2.4.2 Fenologické fáze

Vyjadřují biologické hranice, v rámci kterých se zkoumají požadavky rostlin na podmínky vnějšího prostředí. Na variabilitě nástupu a trvání vývojových fází se mimo genetických faktorů podílí i faktory meteorologické. Začátek rašení, olisťování, otevírání pupenů a kvetení je obvykle možné, tehdy, když teplota vzduchu překročí určitý kritický bod, charakteristický pro různou fázi životního cyklu rostliny. Na obr. č. 1 jsou znázorněny fenologické fáze pšenice.

(LARCHER W., 1988)



Obr. 1 Fenologické fáze pšenice

## 2.5 Socio-ekonomické sucho

Sucho, snad vhodněji nedostatek pitné vody pro obyvatele, užitkové vody pro průmysl, nemožnost využívat hydroelektrárny apod.

(Rožnovský, 2012)

## 2.6 Hodnocení sucha

Sucho hodnotí dle tří faktorů: času, plochy a intenzity (síly).

### 2.6.1 Hodnocení dle Plochy

Výskyt sucha se projevuje na ploše od několika stovek km<sup>2</sup>. Délka trvání těchto such však bývá poměrně krátká a sucha nebývají nijak silná. Sucho (někdy označované jako kontinentální) se může rozšířit na obrovskou oblast pokrývající stovky tisíc km<sup>2</sup>, nebo v extrémních případech dokonce miliony km<sup>2</sup>. Potencionálně by mohl být suchem zasažen i celý kontinent.

(Blinka, 2002)

### 2.6.2 Hodnocení dle času

Začátek, konec a délka trvání sucha to jsou parametry, kterými se rozumí časové vlastnosti. Na průběhu a charakteru sucha se kromě času podílejí také další faktory jako vysoká teplota, rychlost větru, nízká relativní vlhkost vzduchu a další. Tyto faktory mohou významně zvýšit intenzitu sucha.

(Blinka, 2002)

Existuje celá řada objektivních metod pro stanovení začátku, konce a intenzity sucha. Do výpočtu indexů sucha vstupují různé faktory jako srážky, teplota, evapotranspirace, půdní vláhá, odtok, zásoby sněhu a vody v řekách a nádržích atd. Výsledné indexy sucha poté umožňují vzájemné srovnání suchých období.

(Blinka, 2002)

## 2.7 Příčiny a dopady sucha

Sucho vzniká deficitem srážek oproti dlouhodobému průměru, které během sezóny nebo zvláště po delší časové období, nestačí pokrýt poptávku lidské činnosti. Příčiny vzniku sucha lze rozdělit na přirozené a antropogenní. Mezi přirozené příčiny patří procesy v atmosféře. Příčiny sucha vyvolané zásahem člověka do krajiny mohou být na jak lokální tak globální úrovni. Za globální příčiny se označuje skleníkový efekt, lokální mohou zahrnovat vysoušení jezer, odklonění řek, budování různých nádrží, hrází, přehrad, ale i ofsetování provozů náročných na vodu a výrazně se podílejí na současném rapidním poklesu hladiny podzemních vod. Narušují cyklus koloběhu vody tím, že své výrobky vyváží na odbytiště vzdálené tisíce kilometrů, zatímco voda používaná rolníky vždy zůstává v krajině.

(<http://wikipedia.org/wiki/Sucho>)

Dopady možného sucha jsou stále aktuální v rozvojových i rozvinutých zemích, což v mnoha případech odráží přetrvávající neudržitelnost rozvoje a růstu populace. Zmírnění dopadu sucha v budoucnu bude vyžadovat celou škálu vhodných opatření a programu ke zmírnění rizik, zavést lepší monitorování a systémy včasného varování. Dopady sucha, které je třeba řešit, lze zařadit do jedné ze tří hlavních skupin: ekonomické, environmentální a sociální.

*(Možné důsledky déletrvajícího sucha v naší krajině a ve světě RNDr. Pavel Trnka, CSc. (MENDELU))*

### 2.7.1 Ekonomické dopady

Dopady sucha jsou různorodé a často se projevují přes ekonomiku. Obvykle lze odlišit dopady přímé nebo nepřímé. Ztráta výnosu v důsledku sucha je přímým důsledkem a znamená pro farmáře ztrátu příjmu, v krajním případě však může znamenat i zadlužení a likvidaci farmy. Zemědělci však nechtějí nést dopady sucha na svých bedrech sami a žádají úhradu ztrát po pojišťovnách či po státu v podobě programu vládní pomoci.



V nedávné minulosti tomu tak u nás bylo, takže další možné dopady mají charakter sekundární nebo dokonce terciální. Ekonomické dopady sucha postihují rovněž citelné další odvětví primárního sektoru - lesnictví a rybářství, zprostředkovaně způsobují ztráty rekreaci, dopravě, bankovníctví, energetice a průmyslu. Další ekonomické dopady mohou zahrnovat vzrůst nezaměstnanosti a ztráty příjmu pro místní komunity i státní rozpočet.

*(Možné důsledky déletrvajícího sucha v naší krajině a ve světě RNDr. Pavel Trnka, CSc. (MENDELU))*

### **2.7.2 Dopady na společnost**

Sociální dopady zahrnují zejména veřejnou bezpečnost, ochranu zdraví, možné konflikty mezi vlastníky a uživateli vodních zdrojů, jisté nespravedlnosti při rozdělení dopadu a ztrát, jakož i programu pomoci při katastrofách. Stejně jako u všech přírodních rizik, ekonomické dopady sucha jsou velmi variabilní v rámci a mezi hospodářskými odvětvími a v jednotlivých geografických oblastech.

*(Možné důsledky déletrvajícího sucha v naší krajině a ve světě RNDr. Pavel Trnka, CSc. (MENDELU))*

### **2.7.3 Dopady na životní prostředí a krajinu**

Ekologické dopady sucha ohrožují biodiverzitu na všech úrovních, způsobují změnu vlastností stanovišť, kvality vody a vzduchu, jsou příčinou vzniku rozsáhlých lesních požárů, degradace krajiny a půdní eroze. Tyto ztráty se obtížně vyčíslují, ale rostoucí povědomí veřejnosti a zájem o kvalitu životního prostředí nutí veřejné činitele zaměřit na ne větší pozornost než doposud.

*(Možné důsledky déletrvajícího sucha v naší krajině a ve světě RNDr. Pavel Trnka, CSc. (MENDELU))*

### 3 INDEXY SUCHA

V této práci je řešena problematika sucha prostřednictvím indexů agronomického sucha. Pro příklad byly uvedeny tyto indexy sucha a to Langův dešťový faktor, průměrná vláhová jistota podle Mináře, Končekův index zavlažení, Palmerův index sucha (PDSI), Z-index, P-T index a P-E index.

#### 3.1 Langův dešťový faktor

Zjednodušeně lze říci, že pomocí Langova dešťového faktoru (LDF) klasifikujeme a hodnotíme oblasti podle dostupnosti vláhy v půdě pro rostliny. Vyjadřujeme ho jako podíl průměrného ročního úhrnu srážek a průměrné roční teploty vzduchu daného místa. Jako jeho limitní hodnota pro sucho je považována hodnota 70. Rozdělení oblastí podle Langova dešťového faktoru udává tabulka č. 2.

Dle Langova dešťového faktoru vyplývá, že oblasti v ČR nejvíce zasažené suchem jsou v povodí Labe a v části Jihomoravského Kraje (viz. Obr. 2).

$$Df = Z/t$$

Kde

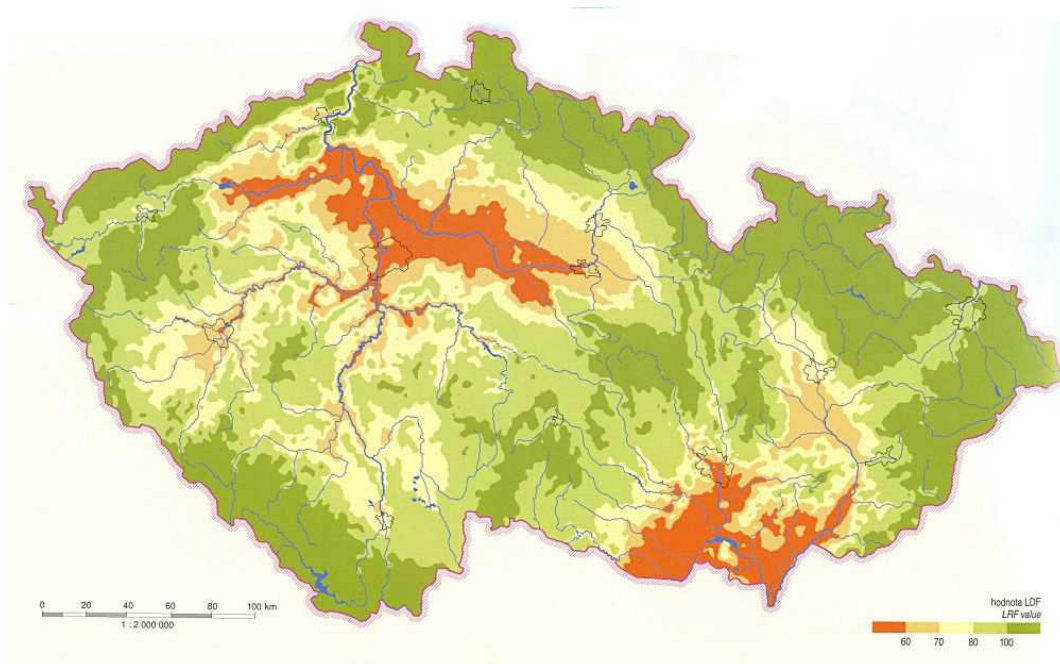
Df..... je dešťový faktor podle Langa

Z..... průměrný roční úhrn srážek v mm,

t..... průměrná roční teplota vzduchu v °C

DF	Oblast
<60	Suchá oblast,(pokud <40 = nevyhnutelná závlaha)
60-80	poměrně suchá
80-100	vlhká
>100	velmi vlhká

Tab. č. 2 rozdělení podoblastí dle Langova dešťového faktoru (Rožnovský, 2012)



Obr. č. 2 Vymezení oblastí ČR dle Langova dešťového faktoru  
<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=910>

### 3.2 Průměrná vláhová jistota podle Mináře

Průměrná vláhová jistota podle Mináře je vyjádřena poměrem průměrného množství srážek za určité období a průměrné teploty za stejné období, udává množství srážek připadající na každý stupeň průměrné teploty daného období. (BRABLEC, 1948)

Tabulka č. 3 nám udává jednotlivé hodnoty Minářovy vláhové jistoty a k nim přiřazené oblasti.

Vzorec pro výpočet Minářovi vláhové jistoty má následující tvar.

$$\alpha = (S - Z) / t$$

Kde

$\alpha$  .....průměrná vláhová jistota podle Mináře

S .....průměrný roční úhrn srážek v mm,

Z.....hodnota průměrného úhrnu v mm, kdy nastává sucho vyjádřené vztahem podle Gregora  $Z = 30 (t + 7)$

t ..... průměrná roční teplota vzduchu

Podnební oblast	Průměrná vláhová jistota	Počet suchých roků v %
Nejsušší	-4 - 0	> 50
Velmi suchá	1 - 7	50 - 25
Středně až mírně suchá	8 - 14	25 - 15
Přechodná	15 - 21	15 - 5
Mírně až středně vlhká	22 - 35	5 - 0
Velmi vlhká	>35	0

Tab. č. 3 rozdělení oblastí dle Minářovy vláhové jistoty  
(Rožnovský, 2012)

### 3.3 Končekův index zavlažení

Je klimatologický index, který se využívá hlavně k třídění a rajonizaci podnebí, a to makroklimatu a mezoklimatu.

Vzorec pro výpočet Končekova indexu zavlažení pro celé vegetační období (duben až září) má následující tvar.

$$I_z = R/2 + \Delta r - 10t - (30 + v^2)$$

Kde

R ... úhrn srážek za vegetační období (duben - září) [mm]

$\Delta r$  ... kladná odchylka množství srážek třech měsíců v zimním období (prosinec - únor) od hodnoty 105 mm v [mm] (záporné hodnoty se neuvažují)

t ... průměrná teplota za vegetační období [°C]

v ... průměrná rychlost větru ve 14 hod za vegetační období [m.s-1]

V uvedeném vzorci je zaměřena pozornost i na vydatnost zimních srážek, které mají na vlhkost půdy velký vliv hlavně na počátku vegetačního období. Za suché klimatické oblasti jsou považovány ty oblasti kde je vypočítán záporný index zavlažení (viz. tabulka č. 4). Je třeba dodat, že stupeň zavlažení vyplývající z indexu zavlažení platí pro standardní půdní poměry v standardním reliéfu.

(KONČEK, 1955)

$I_z$	Podoblast
< - 20	Suchá
-20 – 0	Mírně suchá
0 – 60	Mírně vlhká
60 – 120	Vlhká
> 120	Velmi vlhká

Tab. č. 4 rozdělení oblastí dle Končeka indexu zavlažení

### 3.4 Palmerův Index sucha

Palmerův index závažnosti sucha (PDSI) patří k často používané metodě hodnocení sucha především v USA, pro které byl původně stanoven.

Palmerův index zohledňuje jak klimatické charakteristiky dané oblasti, tak i její základní pedologické hydrologické podmínky. Znamená to tedy, že stejná hodnota Palmerova indexu v různých oblastech by v nich měla mít přibližně i stejné ekonomické dopady. Jeho hodnoty bývají většinou v rozsahu od -6 do +6, v ojedinělých extrémních případech se podle našich zkušeností mohou pohybovat i mimo tyto hranice.

Nevýhodou tohoto indexu je složitost výpočtu, velká náročnost na vstupní data a také skutečnost, že na sucho reaguje s určitým zpožděním.

V tab. č. 5 je k jednotlivým intervalům hodnot přiřazeno i jejich slovní vyjádření, vystihující vlhkostní charakter daného období.

(<http://www.amet.cz/klemcz.htm>)

Podnební oblast	Hodnota PDSI
Extrémně vlhká	4,00 a více
Velmi vlhká	3,00 – 3,99
Mírně vlhká	2,00 – 2,99
Slabě vlhká	1,00 – 1,99
Období začínajícího vlhka	0,5 – 0,99
Blízká normálu	0,49 – (-0,49)
Období začínajícího sucha	-0,5 – (- 0,99)
Slabé sucho	-1,00 – (-1,99)
Mírné sucho	-2,00 – (-2,99)
Drsné sucho	-3,00 – (-3,99)
Extrémní sucho	-4,00 a méně

Tab. č. 5 rozdělení oblastí dle PDSI

### 3.5 Z-index

Je označován také jako Palmer Moisture Anomaly Index. Jedná se o dílčí výpočet Palmerova indexu závažnosti sucha (PDSI). Vychází z poměru aktuálních hodnot srážek, evapotranspirace a zásoby vody v půdním profilu k dlouhodobým normálům těchto hodnot pro dané období. Vyjadřuje vlhkostní odchylku od dlouhodobého normálu bez uvažovaného stavu předchozího měsíce. Velmi dobře odpovídá změnám vlhkosti v půdním tělese. Tento způsob výpočtu není vhodný při hodnocení dlouhodobého období sucha.

Orientační hodnoty Z-indexu pro posouzení závažnosti sucha jsou uvedeny v tabulce č. 6.

(Litschmann 2001)

<b>hodnota indexu Z</b>	<b>charakteristika měsíce</b>
>3.50	Extremně vlhký
2.50 - 3.49	Silně vlhký
1.00 - 2.49	Mírně vlhký
-1.24 – 0.99	Blízko normálu
-1.99 – 1.25	Mírně suchý
-2.74 - -2.00	Silně suchý
< -2.75	Extrémně suchý

Tab. č. 6 Orientační hodnoty Z-indexu pro posouzení závažnosti sucha

### 3.6 P-E index

Jedná se o index zohledňující poměr srážek P a aktuální evapotranspirace ET. Vyjadřuje jednoduchou bilanci a umožňuje posoudit, jestli dochází k úbytku vláh v půdním profilu, nebo zda zásoba vody v půdě roste a zvyšuje se využitelná zásoba vody v půdním profilu pro rostliny v půdním profilu.

Tento index byl aplikován ve zprávě o agronomickém suchu, která byla vypracována na ČZU Praha.

Vypočte se dle vzorce:

$$Pe = P_i / ET_i$$

kde

$P_i$  ... výška srážek [mm]

$ET_i$  ... potenciální evapotranspirace

### 3.7 P-T index

Jedná se o index poměru srážky P a teploty T. Index byl navržen z důvodu snadné dostupnosti vstupních dat pro celou oblast České republiky bez nutnosti získávání hodnot evapotranspirace či výpočtu hydrologické bilance pro dané povodí.

Tento index byl aplikován ve zprávě o agronomickém suchu, která byla vypracována na ČZU Praha.

Vypočte se dle vzorce:

$$PT = P_i / T_i$$

kde

$P_i$  ... výška srážek [mm]

$T_i$  ... teplota [°C]



### 3.8 Součinitel povrchového odtoku

Jako vhodné doplnění k předešlé kapitole se je dobré znát hydrologickou bilanci povodí, odtokové poměry na povodí a tedy i součinitel odtoku z povodí.

Součinitel povrchového odtoku nám udává, kolik procent ze srážkového úhrnu odtéká řekou z povodí. Čím vyšších hodnot součinitel dosahuje tím je charakter území svažitéjší a podloží méně jímové.

Na území České republiky přesahují maximální hodnoty 50 % a nalezneme převážně v Moravskoslezském kraji.

Nejnižších hodnot na území České republiky dosahují přítoky Labe a dolního toku Vltavy a to 10 – 15 %. Tento jev je ovlivněn převážně výparem a infiltrací na daném území.

Vypočte se dle vzorce:

$P / Q$

kde

$P$ ..... průměrná výška srážek na daném povodí [mm]

$Q$  ... odtok z povodí [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]

## **4 METODIKA**

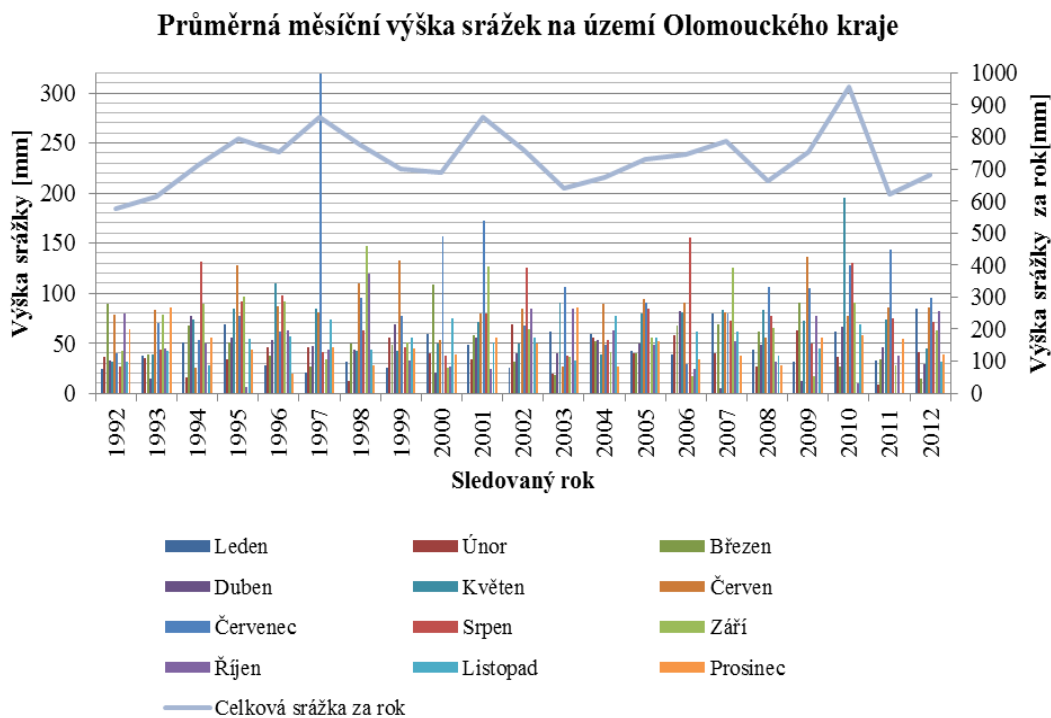
### **4.1 Data**

Pro určení vlivu sucha na zemědělské výnosy pro oblast Olomouckého kraje byly použity P-T indexy a P srážka a to hlavně z důvodu, že jsou méně náročné na získávání vstupních dat. Pro tyto indexy byly zpracovány soubory hydrometeorologických dat (evapotranspirace, teploty a výšky srážek pro Olomoucký kraj) za období od roku 1992 až do roku 2012. Dále byla zpracována data o výnosech zemědělských plodin pro Olomoucký kraj za stejné období. Jedná se o tyto plodiny: Řepka, Brambory, Ječmen jarní, Žito a Pšenice ozimá.

#### **4.1.1 Hydrometeorologická data**

Z hydrometeorologických dat byly zpracovány měsíční srážkové úhrny a průměrné měsíční teploty pro Olomoucký kraj za období od roku 1992 do roku 2012. Data byla získána z volně dostupných zdrojů Českého hydrometeorologického ústavu v měsíčním kroku.

Přehled měsíčních úhrnů srážek pro Olomoucký kraj je vyobrazen na obr. 3. Z grafu jasně vyplývá, že nejvyšších hodnot srážek bylo dosaženo v červenci roku 1997, což mělo za následek rozsáhlé povodně na území Moravy. V grafu je vyobrazena i celková výška srážek za každý daný rok.



Obr. č. 3 průměrná výška měsíčních srážek na území Olomouckého kraje

#### 4.1.2 Výnosy zemědělských plodin

Pro účely vypracování této práce byly vyhodnoceny výnosy zemědělských plodin pro území Olomouckého kraje za období od roku 1992 do roku 2012. Jedná se o výnosy těchto plodin: řepka, brambory, ječmen jarní, žito a pšenice ozimá. Data byla získána z veřejně dostupné databáze Českého statistického úřadu. Byla snaha o získání starších dat, ale bohužel data za období 1979 - 1989 jsou v jiném územně právním uspořádání a nelze dohledat potřebná data na úrovni okresů. Data byla navíc poničena povodněmi v roce 2002 v Praze. Hodnoty výnosů za vybrané plodiny na území Olomouckého kraje přehledně ukazuje tabulka č. 7.

ROK	Pšenice	Žito	Ječmen	Brambory celkem	Řepka
1992	5,16	3,74	5,3	15,13	2,49
1993	5,18	3,5	4,62	22,32	2,24
1994	5,46	3,61	4,42	16,77	2,8
1995	4,99	3,35	4,32	18,25	2,78
1996	2,27	3,14	4,61	23,67	2,55
1997	5,05	3,36	4,49	19,89	2,6
1998	5,24	3,56	4,36	22,27	3,01
1999	5,04	3,37	4,6	20,5	2,73
2000	5,41	3,34	3,68	24,13	2,96
2001	5,58	3,28	4,57	21,79	2,73
2002	4,93	3,39	4,13	22,3	2,31
2003	4,5	3,9	4,3	17	2,67
2004	6,3	3,7	5,4	24	2,83
2005	5,39	4,13	4,61	27,00	3,01
2006	4,88	3,20	4,01	22,25	3,18
2007	5,23	4,86	3,88	25,10	3,14
2008	6,23	4,96	5,19	24,82	3,10
2009	5,73	4,71	4,80	24,98	3,32
2010	5,29	3,96	4,40	22,71	2,81
2011	6,08	4,86	5,35	30,61	2,95
2012	4,59	4,91	4,57	26,08	2,86

tabulka č. 7 – Výnosy zemědělských plodin na území Olomouckého kraje za období 1992-2012 [t\*ha<sup>-1</sup>]

## 4.2 Charakteristika zájmového území

Tato práce je aplikována pro území Olomouckého kraje, který se nachází ve střední, a severozápadní části Moravy. Olomoucký kraj sousedí s krajem Moravskoslezským na východní hranici území, s krajem Zlínským na jihovýchodní hranici, s Jihomoravským na jihovýchodní hranici a s Krajem Pardubickým na západní hranici.

Krajem protéká od severu k jihu řeka Morava a její povodí obsahuje větší část území kraje. Průměrný roční průtok na řece Moravě je dle evidenčního listu CHMI pro Olomouc 27,1 m<sup>3</sup>\*s<sup>-1</sup>, stoletý průtok je 551 m<sup>3</sup>\*s<sup>-1</sup>. Území Olomouckého kraje má od severní oblasti k jižní klesající nadmořskou výšku.

Na území Olomouckého kraje jsou rozsáhlé zemědělské plochy. Severní část území je hornatá a převážně zalesněná proto je pro zemědělství nevhodná. Je zde také větší výskyt srážek.

Jižní část je nížinná a vhodná pro zemědělskou produkci. Jedná se o oblast s nižším výskytem srážek, která je hojně zemědělsky využívána. Tato oblast je ohrožena větrnou a půdní erozí.

### 4.3 P-T index

Jedná se o index poměru srážky P a teploty T. Tento index byl navržen z důvodu snadné dostupnosti vstupních dat pro celou oblast České republiky bez nutnosti získávání hodnot evapotranspirace, či výpočtu hydrologické bilance pro dané povodí.

Vypočte se dle vzorce:

$$PT = P_i / T_i$$

kde

$P_i$  ... výška srážek [mm]

$T_i$  ... teplota [°C]

Pro výpočet P-T indexu byla použita volně dostupná hydrometeorologická data o měsíčních srážkových úhrnech a průměrných měsíčních teplotách pro Olomoucký kraj.

([http://www.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_4\\_Uzemni\\_teploty&last=false](http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_4_Uzemni_teploty&last=false))

### 4.3.1 Metoda 10% kvantilu P-T indexů

Metoda vychází ze všech hodnot P-T indexu za období od roku 1982 až do roku 2012 a pro její realizaci byla použita funkce Percentil v MS Excel.

Vypočtené hodnoty 10% kvantilu za období 1982 – 2012 byly porovnány s ostatními hodnotami P-T indexu. Existuje předpoklad, že hodnoty, které jsou menší nebo rovny 10 % kvantilu by mohly mít vliv na zemědělské výnosy.

## 4.4 P-index

Jedná se o nejjednodušší ukazatel agronomického sucha. Jsou to prakticky pouze srážkové úhrny na daném sledovaném území. Tento index byl použit z důvodu snadného získání hydrometeorologických dat.

Jako data byly použity srážkové úhrny v měsíčním kroku za sledované období v Olomouckém kraji.

## 4.5 Součinitel odtoku

Součinitel povrchového odtoku udává, kolik procent ze srážkového úhrnu odtéká řekou z povodí.

Pro výpočet součinitele odtoku byla získána data z volně dostupných zdrojů Českého hydrometeorologického ústavu. Jmenovitě průměrný měsíční průtok řeky Moravy ve stanici Olomouc - Nové sady.

Součinitel odtoku byl vypočten dle vzorce:

$P / Q$

kde

P..... průměrná výška srážek na daném povodí [mm]

Q ... odtok z povodí [ $m^3 * s^{-1}$ ]

## 4.6 Korelace vybraných indexu agronomického sucha

K testování vybraných indexů sucha byla použita získaná data o výnosech zemědělských plodin na území Olomouckého kraje za období od roku 1992 až do roku 2012. Jedná se o tyto plodiny: pšenice ozimá, žito, ječmen jarní, brambory a řepka.

Korelační koeficient určuje relativní míru lineární závislosti dvou náhodných veličin a vypočte se dle vzorce uvedeného níže. Pro výpočet korelačních koeficientů byla použita funkce `Cor` v programu R. Byl zvolen Spearmanův korelační koeficient.

Prvním krokem byla vypočtena korelace mezi P-T indexem ve vybraných měsících a ročními výnosy zemědělských plodin za období od roku 1992 až do roku 2012.

Dále byla vypočtena korelace mezi P indexem ve vybraných měsících a ročními výnosy zemědělských plodin za období od roku 1992 až do roku 2012.

Pro každý korelační koeficient byl následně proveden také test nulovosti (tzv. p-value, p-hodnoty), kde tyto p-hodnoty byly porovnány s hladinou významnosti 0,05. P-hodnoty menší než 0,05 ukazují prokazatelnou závislost mezi zemědělskými výnosy a indexem sucha.

### 4.6.1 P-Value

K posouzení závislosti mezi výslednými P-T indexy a výnosy zemědělských plodin byl použit statistický ukazatel P-value.

Jedná se o pravděpodobnosti, vypovídající cosi o zvolené nulové hypotéze. P-value nám tedy obecněji poskytuje více informací o výsledku daného testování než zamítnutí nebo nezamítnutí nulové hypotézy. Pro příklad uvažujme, že hodnota p-value bude 0,05. Z toho lze usoudit, že nulovou hypotézu lze zamítnout například na hladině významnosti 0,1, ale už ne na hladině významnosti 0,01 až 0,001. Nejnižší dosaženou možnou hladinu významnosti, u které ještě můžeme nulovou hypotézu zamítnout je právě 0,05. Z toho vyplývá, že čím nižší vyjde P-value, tím více jsme přesvědčeni, že nulová hypotéza není správná a je třeba jí zamítnout.



## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Výsledky P-T indexu

Vypočtené hodnoty P-T indexu pro jednotlivé měsíce v letech od roku 1992 až do roku 2012 nalezneme v příloze č. 2. Z přílohy je patrné, že nejvyšší hodnoty P-T indexu bylo dosaženo v listopadu 1995 a březnu roku 2005. Nejnižších hodnot P-T indexu bylo dosaženo měsíci březnu v roce 2006 a listopadu 1998. Jinak jsou hodnoty za ostatní měsíce poměrně konstantní.

#### 5.1.1 Statistické charakteristiky P-T indexů

Z vypočtených hodnot P-T indexů byly vypočteny statistické charakteristiky za období 1982-2012. Přehled statistických ukazatelů je názorně vyobrazen v tabulce č. 8.

Minimum	Percentil 10 %	Medián	Průměr	Percentil 50%	maximum	Percentil 90%
-170,00	2,08	5,66	8,71	5,61	540,00	17,15

tabulka č. 8. Statistické charakteristiky P-T indexů za období 1982-2012

Při aplikování metody 10% kvantilu by hodnoty P-T indexů menších nebo rovných 2,08 mohly mít vliv na výnosy zemědělských plodin, je však nutné porovnat výsledek ještě s výnosy, jelikož je možné, že na výnosy působí více dalších faktorů než jen sucho.

## 5.2 Výsledky součinitel odtoku

Součinitel povrchového odtoku nám udává kolik procent ze srážkového úhrnu spadlého na zem, odtéká řekou z povodí. Výsledky jsou názorně zobrazeny v tabulce č. 9.

Průměrná výška srážek [mm]	Průměrný roční průtok [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ]	Odtokový součinitel [%]
734,125	27,1	36,92

tabulka č. 9. Hodnota odtokového součinitele pro povodí řeky Moravy

## 5.3 Výsledky korelačního koeficientu vybraných indexů sucha

Korelace mezi P-T indexy a výnosy pšenice ozimé, ječmene jarního, žita a brambor je uvedena na obrázku č. 4 a 5. Z grafu je patrné, že nejvyšších hodnot korelačního koeficientu bylo pro většinu plodin dosaženo v měsíci březnu. Pouze u řepky dosahuje korelační koeficient nejvyšších hodnot v měsíci květnu. U brambor bylo dosaženo nejvyšších korelačních koeficientů v měsících březnu a červnu. Přesné hodnoty korelačních koeficientů jsou v tabulce č. 10.

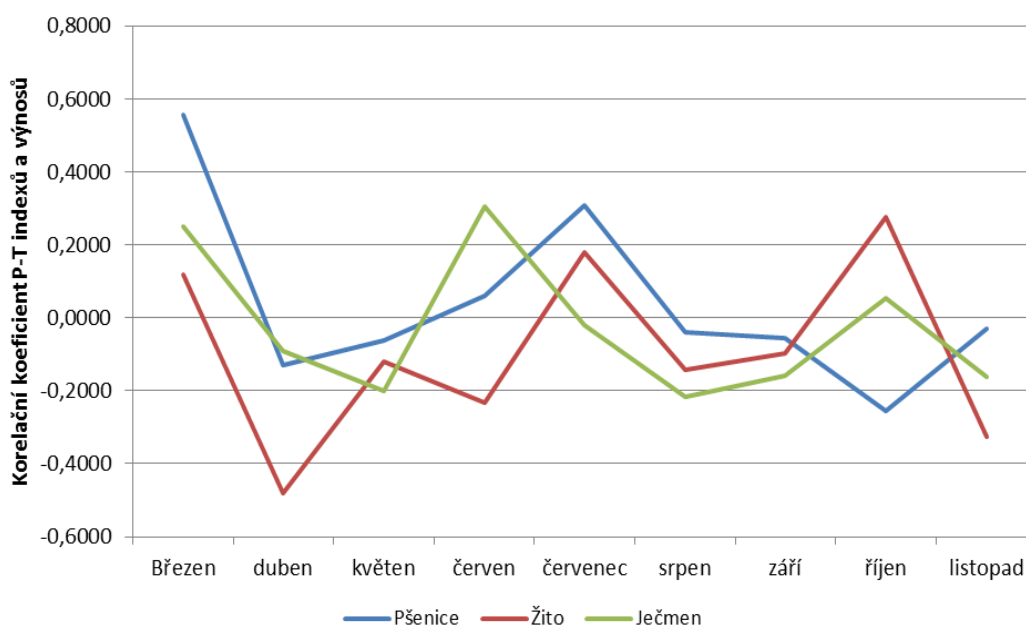
	Korelační koeficient				
	Pšenice	Žito	Ječmen	Brambory	Řepka
Březen	0,5558	0,1189	0,2495	0,1026	0,1475
duben	-0,1299	-0,4820	-0,0916	-0,5117	-0,2034
květen	-0,0611	-0,1215	-0,2008	-0,0019	0,2223
červen	0,0611	-0,2333	0,3065	0,1371	0,1053
červenec	0,3091	0,1799	-0,0201	0,3117	0,1384
srpen	-0,0390	-0,1423	-0,2170	0,1039	0,1800
září	-0,0558	-0,0974	-0,1592	-0,0818	-0,2125
říjen	-0,2545	0,2774	0,0533	-0,1519	-0,1761
listopad	-0,0286	-0,3261	-0,1611	-0,1519	-0,0611

tabulka č. 10 – Korelace mezi P-T indexem a výnosy Olomouckého kraje za období 1992-2012

Z tabulky č. 10 je patrné, že pozitivních korelačních koeficientů bylo dosaženo hlavně v měsíci březnu a červenci. Negativních korelačních koeficientů bylo dosaženo v měsíci dubnu.

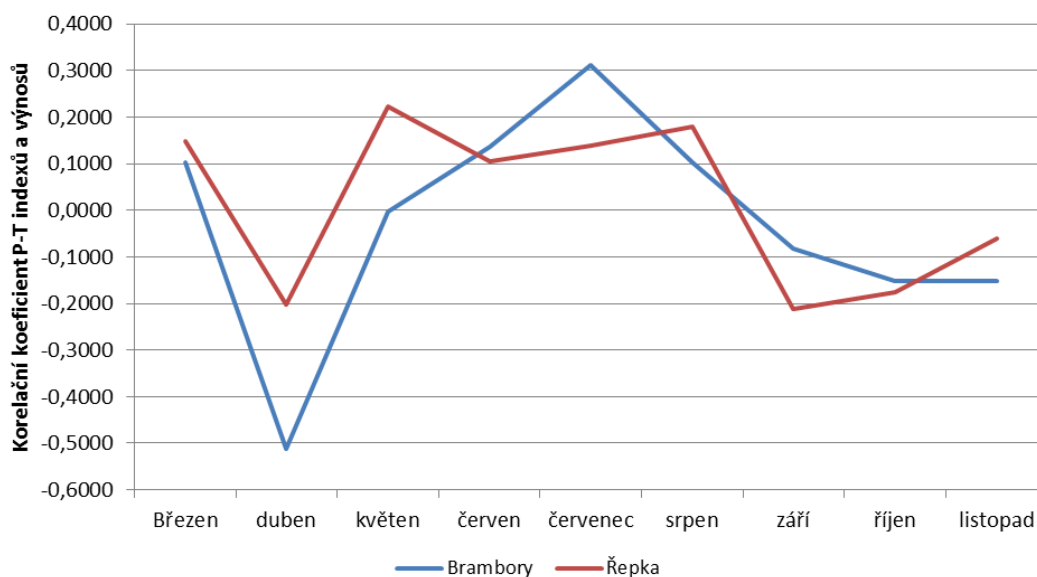
Výsledné korelační koeficienty nevykazují vysoké hodnoty což může značit, že sucho není rozhodujícím faktorem, který by ovlivňoval výnosy.

*Korelace hodnot P-T indexu a výnosů obilovin pro březen až listopad v letech 1992 -2012*



Obr. č. 4 Korelace mezi hodnotami P-T indexu a výnosy obilovin v daných letech.

*Korelace hodnot P-T indexu a výnosů brambor a řepky pro březen až listopad v letech 1992 -2012*



Obr. č. 5 Korelace mezi hodnotami P-T indexu a výnosy brambor a řepky v daných letech.

K posouzení závislosti mezi výslednými P-T indexy a výnosy zemědělských plodin byl použit statistický ukazatel P-value. Jeho výsledky byly porovnány s hladinou významnosti 0,05. Závislost mezi P-T indexy a výnosy se tedy dle hodnocení P-value prokázala u korelačních koeficientů pro pšenici za měsíc březen a pro žito a brambory za měsíc duben. Hodnoty P-value nám přehledně ukazuje tab. 11.

	Pšenice	Žito	Ječmen	Brambory	Řepka
březen	0,0100	0,6078	0,2754	0,6573	0,5234
duben	0,5734	0,0269	0,6929	0,0191	0,3766
květen	0,7926	0,5998	0,3827	0,9933	0,3328
červen	0,7926	0,3088	0,1766	0,5536	0,6496
červenec	0,1725	0,4351	0,9309	0,1688	0,5496
srpen	0,8678	0,5385	0,3447	0,6532	0,4350
září	0,8104	0,6744	0,4907	0,7241	0,3551
říjen	0,2643	0,2235	0,8186	0,5092	0,4452
listopad	0,9034	0,1491	0,4853	0,5092	0,7925

tabulka č. 11 – hodnoty P-value pro korelační koeficienty P-T indexů

Korelace mezi P indexem a výnosy pšenice ozimé, ječmene jarního, žita a brambor je uvedena na obrázku č. 6 a 7. Z grafu je patrné, že nejvyšších hodnot korelačního koeficientu bylo pro řepku a pšenici dosaženo v měsíci březnu. Pouze u žita dosahuje korelační koeficient nejvyšších hodnot v měsíci říjnu. U brambor a ječmene bylo dosaženo nejvyšších korelačních koeficientů v měsících červenci respektive červnu. Přesné hodnoty korelačních koeficientů jsou v tabulce č. 12.

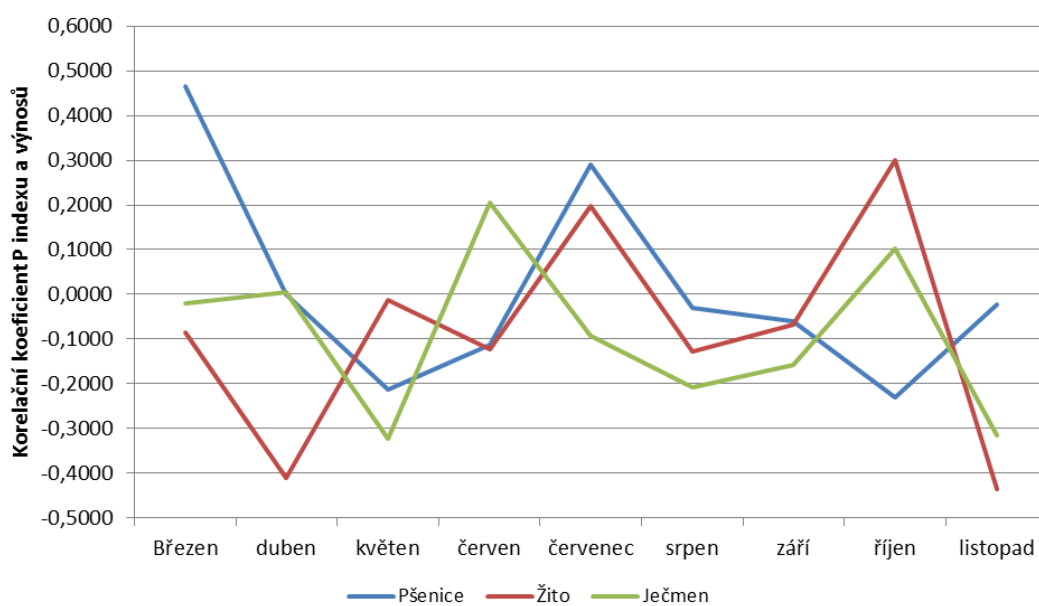
	Korelační koeficient				
	Pšenice	Žito	Ječmen	Brambory	Řepka
Březen	0,4662	-0,0844	-0,0201	-0,0403	0,4431
Duben	0,0006	-0,4121	0,0049	-0,3730	-0,0468
Květen	-0,2139	-0,0120	-0,3234	0,0345	0,1405
Červen	-0,1137	-0,1228	0,2038	0,2359	0,2503
červenec	0,2912	0,1970	-0,0920	0,2606	0,1633
srpen	-0,0292	-0,1280	-0,2080	0,0974	0,1904
září	-0,0598	-0,0689	-0,1586	-0,1228	-0,1930
říjen	-0,2307	0,2996	0,1027	0,0195	-0,1369
listopad	-0,0234	-0,4365	-0,3163	0,0936	0,1047

tabulka č. 12 – Korelace mezi P indexem a výnosy Olomouckého kraje za období 1992-2012

Z tabulky č. 12 je patrné, že pozitivních korelačních koeficientů bylo dosaženo hlavně v měsíci březnu a červnu. Negativních korelačních koeficientů bylo dosaženo v měsíci dubnu a listopadu.

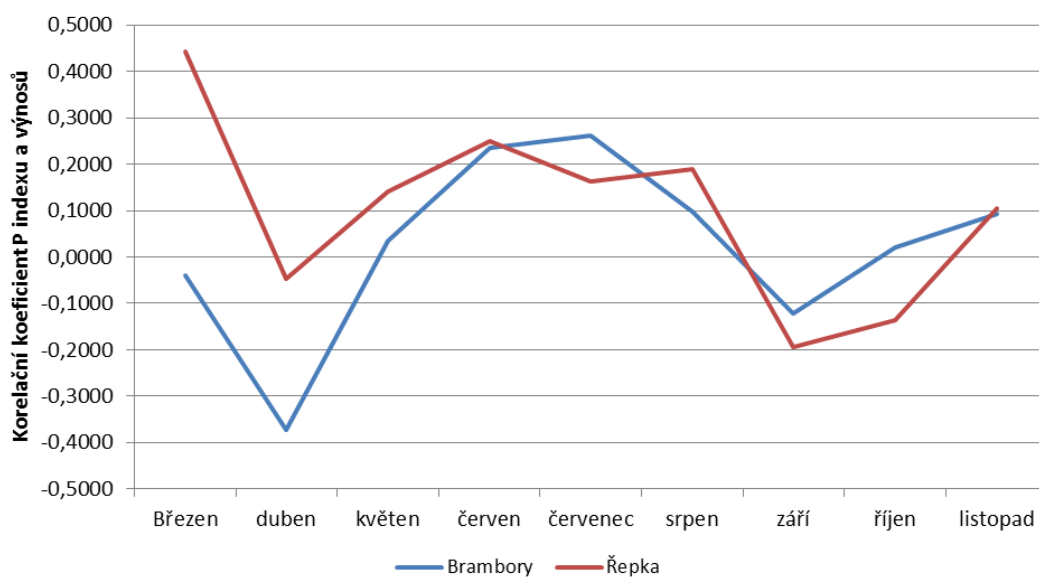
Výsledné korelační koeficienty nevykazují vysoké hodnoty což může značit, že sucho není rozhodujícím faktorem, který by ovlivňoval výnosy.

*Korelace hodnot P indexu a výnosů obilovin pro březen až listopad v letech 1992 -2012*



Obr. č. 6 Korelace mezi hodnotami P indexu a výnosy obilovin v daných letech.

*Korelace hodnot P indexu a výnosů brambor a řepky pro březen až listopad v letech 1992 -2012*



Obr. č. 7 Korelace mezi hodnotami P indexu a výnosy brambor a řepky v daných letech.

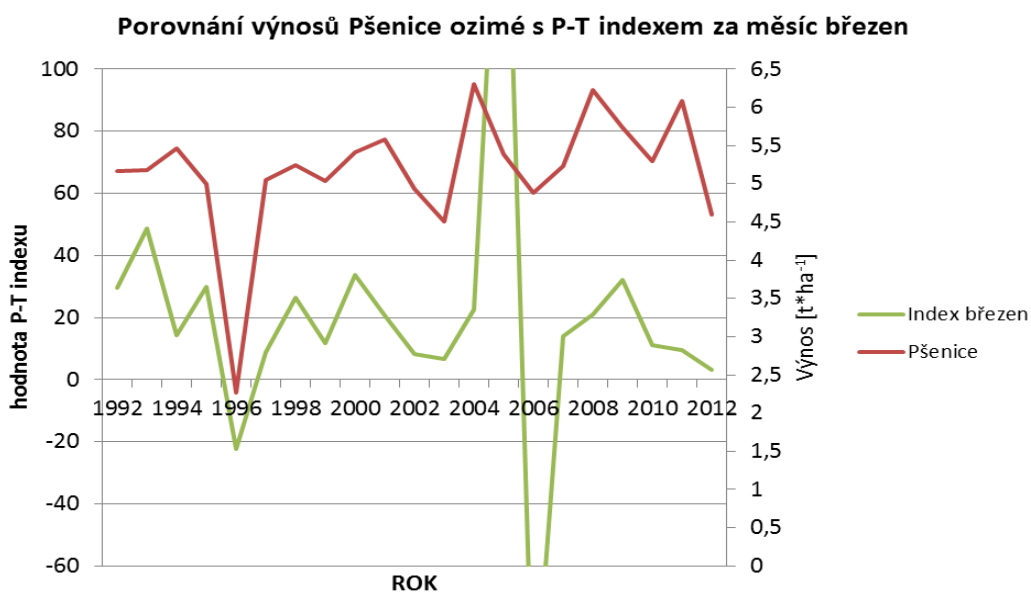
K posouzení závislosti mezi výslednými P indexy a výnosy zemědělských plodin byl použit statistický ukazatel P-value. Jeho výsledky byly porovnány s hladinou významnosti 0,05. Závislost mezi P indexy a výnosy se tedy dle hodnocení P-value prokázala u korelačních koeficientů pro pšenici a řepku za měsíc březen. Hodnoty P-value nám přehledně ukazuje tab. 13.

	Pšenice	Žito	Ječmen	Brambory	Řepka
březen	0,0346	0,7159	0,9309	0,8633	0,0442
duben	0,9978	0,0634	0,9833	0,0959	0,8403
květen	0,3518	0,9587	0,1528	0,8821	0,5435
červen	0,6236	0,5958	0,3755	0,3033	0,2738
červenec	0,2003	0,3920	0,6915	0,2538	0,4795
srpen	0,8999	0,5803	0,3656	0,6744	0,4083
září	0,7969	0,7667	0,4923	0,5960	0,4018
říjen	0,3144	0,1870	0,6577	0,9332	0,5541
listopad	0,9198	0,0479	0,1624	0,6866	0,6516

tabulka č. 13– hodnoty P-value pro korelační koeficienty P indexů

Pro lepší představu byly vytvořeny spojnicové grafy mezi P-T indexy a výnosy vybraných plodin, u kterých byla prostřednictvím hodnot P-value prokázána závislost.

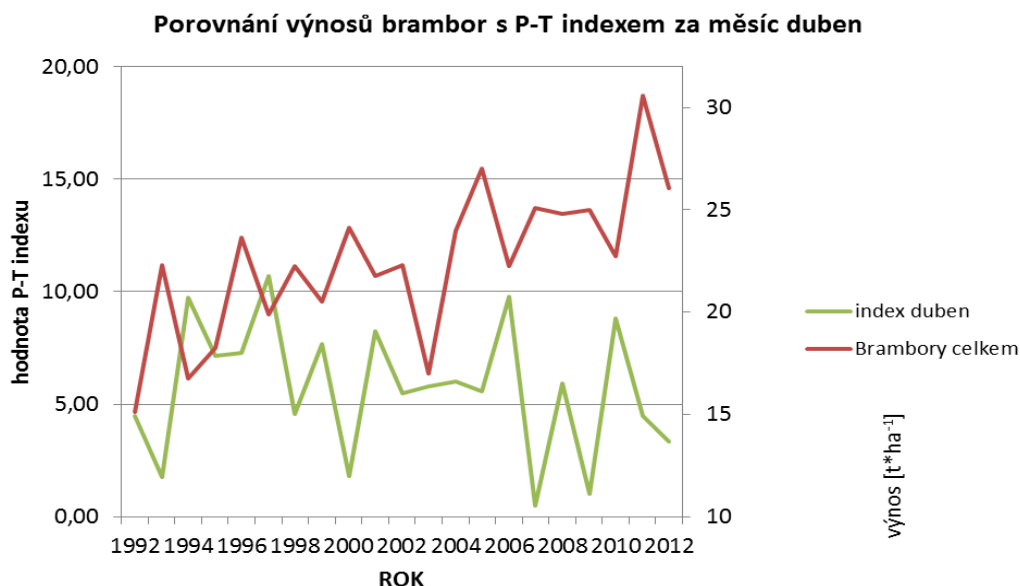
Na obr. č.8 je graf porovnání výnosů pšenice ozimé a P-T indexem za měsíc březen, ve kterém se projevila nejvyšší hodnota pozitivní korelace a byla potvrzena závislost mezi výnosy pšenice a P-T indexy prostřednictvím P-value.



Obr. č. 8 Porovnání mezi hodnotami P-T indexu a výnosy Pšenice ozimé v daných letech.

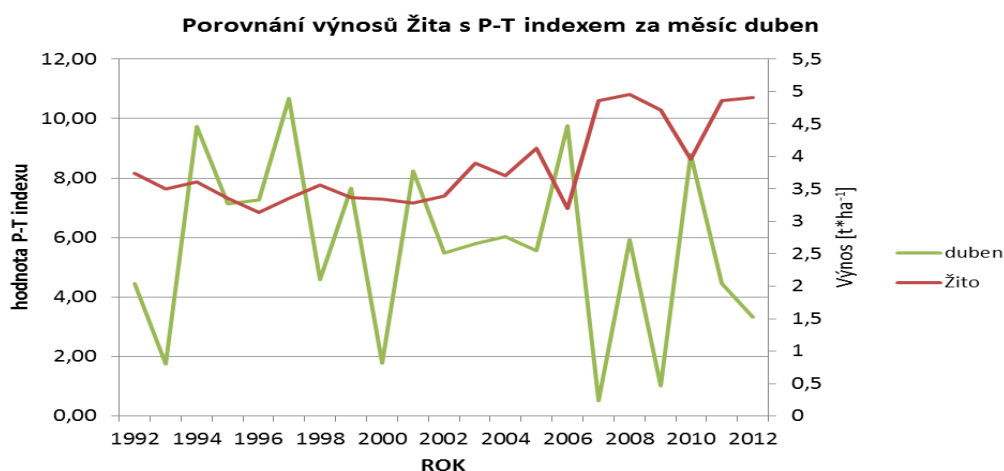


Stejně porovnání bylo vytvořeno i pro měsíc duben kde se projevila a byla potvrzena závislost mezi P-T indexem a výnosy brambor. Viz obr. č. 9.



Obr. č. 9 Porovnání mezi hodnotami P-T indexu a výnosy brambor v daných letech.

Další porovnání bylo provedeno pro výnosy žita za měsíc duben a P-T indexů pro sledované období. Toto porovnání bylo vytvořeno, protože korelační koeficient pro měsíc duben dosahoval vysoce záporných hodnot a byla, prostřednictvím P-value, prokázána závislost. Porovnání hodnot je přehledně vidět na obr. č. 10.

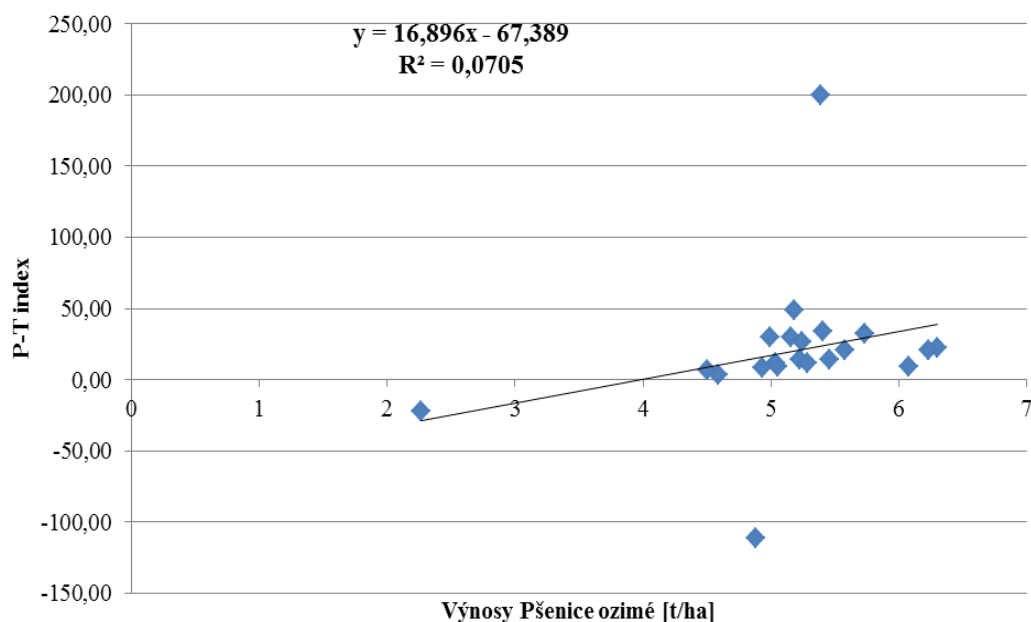


Obr. č. 10 Porovnání mezi hodnotami P-T indexu a výnosy žita v daných letech.

Pro další vyhodnocení korelačních koeficientů byly použity měsíce s nejvyšší kladnou hodnotou korelačního koeficientu a prokázanou závislostí.

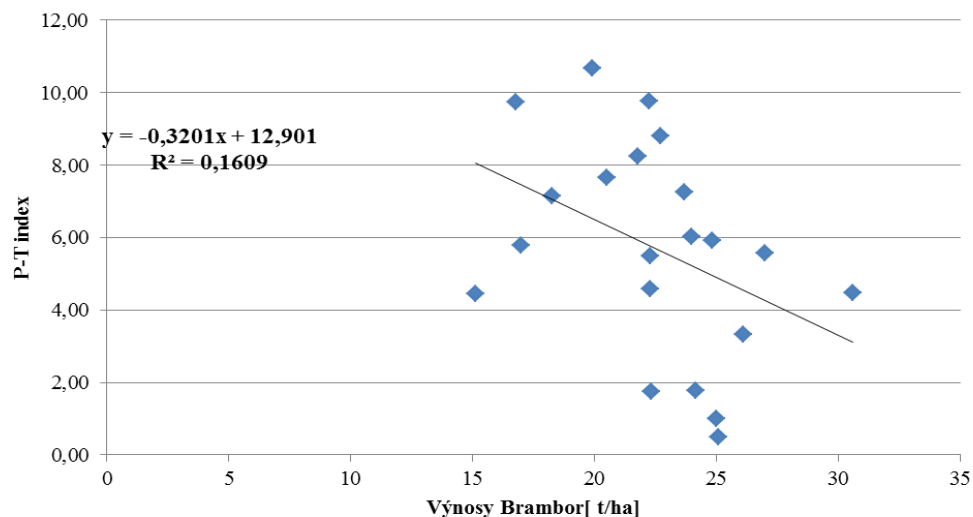
V grafech je uvedeno porovnání hodnot P-T indexů s výnosy dané zemědělské plodiny. Dále je vyjádřena lineární spojnice trendu a rovnice spolehlivosti  $R^2$ .

Porovnání vypočtených hodnot P-T indexu pro měsíc březen a výnosů pšenice ozimé pro jednotlivé roky za období 1992 – 1996 je uvedeno na obr. č. 11.



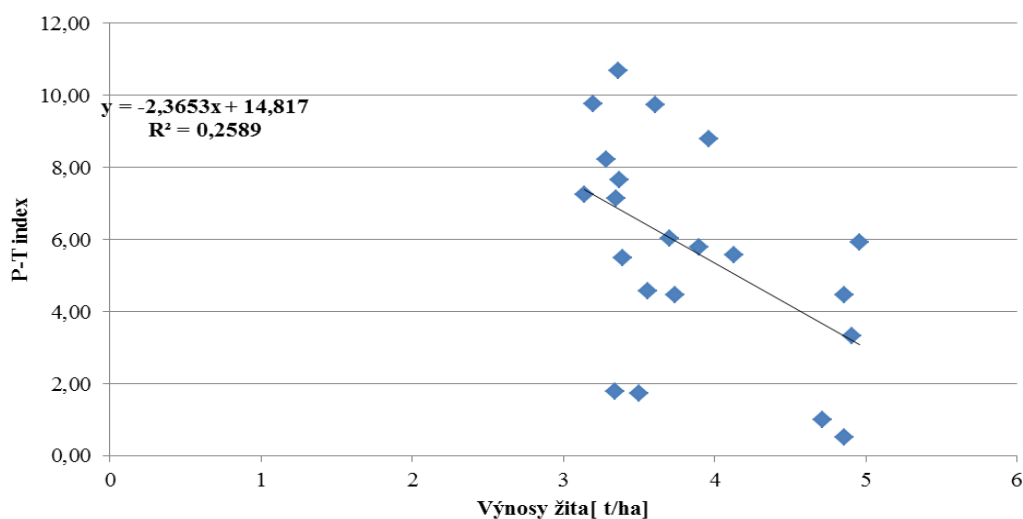
Obr. č. 11 Korelace výnosů Pšenice ozimé s hodnotami P-T indexu za měsíc březen za období 1992 - 2012

Porovnání vypočtených hodnot P-T indexu pro měsíc duben a výnosů brambor pro jednotlivé roky za období 1992-1996 je uvedeno na obr. č. 12.



Obr. č. 12 Korelace výnosů brambor s hodnotami P-T indexu za měsíc červen za období 1992 – 2012

Porovnání vypočtených hodnot P-T indexu pro měsíc duben a výnosů žita pro jednotlivé roky za období 1992-1996 je uvedeno na obr. č. 13.



Obr. č. 13 Korelace výnosů žita s hodnotami P-T indexu za měsíc duben za období 1992 – 2012

## 6 DISKUZE

Při tvorbě této práce bylo předpokladem, který vycházel z již dříve zveřejněných prací (MV zpráva ČZU), že se projeví závislost sucha na výnosech hlavně v měsících duben a květen.

Po shrnutí všech výsledků je nutné konstatovat, že závislost sucha na výnosy zemědělských plodin za sledované období pro vybrané plodiny, se podařila prokázat pouze v měsíci březnu pro pšenici a v měsíci dubnu pro brambory a žito. V ostatních případech se závislost nepodařila prokázat.

Je tedy pravděpodobné, že na výnosy vybraných zemědělských plodin působí i jiné faktory než jen sucho, a že tyto faktory mají pravděpodobně větší vliv na hektarové výnosy než sucho.

Za pravděpodobné faktory, které hektarové výnosy ovlivňují, bych považoval teplotu, povětrnostní podmínky, zásoby minerálních živin, ekonomiku zemědělství, výskyt škůdců, postup hnojení atd. Dále může výnosy ovlivňovat převlhčení půdy.

Pro účely této práce bylo použito hodnocení sucha pomocí P-T indexu, P- indexu a metody 10% kvantilu. Pro přesnější výsledky by tedy bylo nutné buď prodloužit časovou řadu získaných dat, což je velmi nákladné nebo použít jiné metody hodnocení sucha jako např. PDSI Index nebo Z-index.

Problémem výše zmíněných indexů je velké množství vstupních dat a s tím spojené vysoké pořizovací náklady na získání těchto dat a stále by však nebylo jisté, zda by tyto indexy prokázaly závislost mezi vlivem sucha a výnosy vybraných zemědělských plodin.

Bohužel některá potřebná data jsou buď nedostupná, nebo jejich pořizovací náklady neodpovídají reálným možnostem studenta.

## 7 ZÁVĚR

V této práci se povedlo nastínit problematiku sucha a její rozmanitost, která svým rozsahem vysoce převyšuje možnosti jedné bakalářské práce. Bylo provedeno vyhodnocení vlivu sucha na zemědělské výnosy a jeho zhodnocení.

Pro souhrnné zhodnocení vlivu závislosti agronomického sucha na výnosy vybraných zemědělských plodin byly vyhodnoceny dvacetileté časové řady hydrometeorologických dat, jmenovitě data o průměrné výšce srážek a průměrných teplotách na území Olomouckého kraje.

Sucho bylo hodnoceno pomocí P-T indexu, P Indexu a metodou 10% kvantilu. Závislost byla posuzována pomocí korelačního koeficientu a hodnoty P-value. Z výsledků vyplívá, že vzájemná závislost byla prokázána pouze v měsíci březnu pro pšenici a v měsíci dubnu pro brambory a žito. V ostatních případech se závislost nepodařilo prokázat.

Pro budoucí řešení podobné problematiky bych doporučoval zaměřit se na jiné faktory ovlivňující výnosy zemědělských plodin nebo rozšíření sledovaných indexů agronomického sucha.

Tato práce by měla sloužit jako příspěvek k již dříve řešeným pracím na téma problematiky sucha a jeho vyhodnocování a zároveň by měla sloužit jako inspirace pro budoucí práce zabývající se problematikou sucha.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Bidwell V. J. , 1973 : *A Methodology for Analysing Agricultural Drought*. Fort Collins, Colorado, USA

Blinka P., 2002: *Metoda hodnocení sucha*, Lednice na Moravě, ČR

BRABLEC J., 1948: *Příspěvek k výzkumu a zjištění suchých oblastí ČSR*. Meteorologické zprávy, roč. II, č. 5, s. 104

Brunash R.J.C., Ferral R. L., 1973 : *Generalized Hydrologic Modeling a Key to Drouhgts Analysis*, Fort Collins, Colorado, USA

Derco et al., 1975.: *Agronomické problémy efektivního využívání závlahových soustav*, Edice: Meliorační praxi, řada A, svazek 3. Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR a Státní meliorační správa v Praze, s. 97

Gusev Y., Novák V., 2007: *Soil water – main water resources for terrestrial ecosystems of the biosphere*, J. Hydrol. Hydromech,

Jůva K., 1946: *Závlahové meliorace*, Česká matice technická v Praze, s. 415

KONČEK, M., 1955 *Index zavlaženia*. Meteorologické zprávy, roč. VIII, č. 4, s. 96-99

Kolektiv, 1993: *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*, Praha, Ministerstvo životního prostředí ČR, Akademia, 594 s.

Kuklík V., 1985: *Cvičení ze závlah*, Skriptum - Vysoká škola zemědělská Praha, Agronomická fakulta, s. 349

LARCHER, W., 1988: *Fyziologická ekologie rostlin*, Vydání 1, Academia, Praha, 368s

Litschmann T., Klementová E., Rožnovský J., 2001: *Palmerův index závažnosti sucha a jeho použití v našich podmínkách*, In: IX. posterový den s mezinárodní účastí Hydrológie SAV, Geofyzikálny ústav, Bratislava, Slovakia

Litschmann T., Rožnovský J., Klementová E., 2000: *analýza klementinské teplotní a srážkové řady pomocí Palmerova indexu závažnosti sucha*

Máca P., 2005: *Bakalářská hydrologie*, ČZU , Praha

Rožnovský J., 2012: *Sucho na území ČR a jeho dopady*, CHMI Praha

Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.), 2002: *XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference*

Taiz L., Zeiger, E., 2002: *Plant Physiology*, 3. vyd., Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, 690 s.

RNDr. Trnka P. CSc., 2010: *Možné důsledky déletrvajících sucha v naší krajině a ve světě*, Ústav aplikované a krajinné ekologie AF MENDELU, Brno

Wilhite, D.A. and M.H. Glantz, 1985: *Understanding the drought phenomenon: The role of definitions*, *Water International* 10, s. 111-120

## **8.1 Internetové zdroje**

<http://drought.unl.edu/DroughtBasics/TypesofDrought.aspx>

[http://www.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_4\\_Uzemni\\_teploty&last=false](http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_4_Uzemni_teploty&last=false)

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=910>

<http://wikipedia.org/wiki/Sucho>