

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**



**VLIV SUCHA NA ZEMĚDĚLSKÉ VÝNOSY VE  
VYBRANÉM REGIONU POVODÍ ŘEKY OHŘE**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**PRAHA 2013**

**VOJTĚCH MORAVEC**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Moravec Vojtěch

Vodní hospodářství

Název práce

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

Anglický název

**Impact of drought on crop yields in region of Ohře river basin**

---

### Cíle práce

1. Rešerše zadané problematiky (agronomické sucho a způsob jeho stanovení, výpočty indexů agronomického sucha)
2. Vyhodnocení hydrologických a meteorologických dat a výpočet vybraných indexů agronomického sucha
3. Zjištění výnosů vybraných zemědělských plodin ve zkoumaném území
4. Posouzení vlivu agronomického sucha (dle vypočtených indexů) na zemědělské výnosy

### Metodika

1. Zpracování rešerše zadané problematiky
2. Shromáždění a příprava hydrologických a meteorologických dat a dat o zemědělských výnosech
3. Výpočet vybraných indexů sucha
4. Vyhodnocení vlivu sucha na výnosy dle vypočtených hodnot indexů

### Harmonogram zpracování

VI/2012 - X/2012 : výběr a studium informačních zdrojů, shromáždění potřebných dat

X/2012 - XII/2012 : studium vybraných informačních zdrojů

X/2012 - II/2013 : realizace rešeršní práce na základě provedeného studia odborné literatury

I/2013 - III/2013 : výpočty indexů sucha a vyhodnocení jeho dopadů na zemědělské výnosy

do 15.4.2013 : odevzdání práce

## Rozsah textové části

40

## Klíčová slova

agronomické sucho, indexy sucha, zemědělské výnosy, vodohospodářská bilance

## Doporučené zdroje informací

Alley M.W., 1984: The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. *Journal of climate and applied meteorology* 23, 1100 – 1109.

Bidwell V.J., 1973: A Methodology for Analysing Agricultural Drought. In Schulz E.F., Koelzer V.A., Mahmood K., Floods and Droughts, Proceedings of the Second International Symposium in Hydrology, September 11-13, 1972, Fort Collins, Colorado, USA. Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, s. 515-522.

Brunash R.J.C., Ferral R.L., 1973: Generalized Hydrologic Modeling a Key to Droughts Analysis. In Schulz E.F., Koelzer V.A., Mahmood K., Floods and Droughts, Proceedings of the Second International Symposium in Hydrology, September 11-13, 1972, Fort Collins, Colorado, USA. Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, s. 503-514.

Dingman S.L., 1993: *Physical Hydrology*. Macmillan College Publishing Company, New York, s. 575.

Dubrovský M., Svoboda M., Trnka M., Hayes M.J., Wilhite D.A., Žalud Z., Hlavinka P., 2009: Application of relative drought indices in assessing climate change impacts on drought conditions in Czechia. *Theoretical and Applied Climatology*, 96, s. 155–171.

Hayes M., 2002: *Drought indexes // Drought indices*. 9p. Lincoln, NE: University of Nebraska, USA.

Hershfield D.M., Brakensiek D.L., Comer G.H., 1973: Some Measures of Agricultural Drought. In Schulz E.F., Koelzer V.A., Mahmood K., Floods and Droughts, Proceedings of the Second International Symposium in Hydrology, September 11-13, 1972, Fort Collins, Colorado, USA. Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, s. 491-502.

Hlavinka P., Trnka M., Semerádová D., Dobrovský M., Žalud Z., Možný M., 2009: Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149, s. 431-442.

Janeček M. et al., 2006: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV nakladatelství, Praha, s. 195.

Kutílek M., 1978: *Vodohospodářská pedologie*. SNTL Praha – ALFA Bratislava, s.296.

## Vedoucí práce

Bašta Petr, Ing.



**prof. Ing. Pavel Pech, CSc.**

Vedoucí katedry



V Praze dne 20.6.2012



**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan fakulty

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Vliv sucha na zemědělské výnosy ve vybraném regionu povodí řeky Ohře* vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Petra Bašty. Veškerou použitou literaturu a další podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Praze, dne ....., Podpis autora: .....

## Poděkování

Především bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Baštovi za pomoc při mé práci. Poděkování patří i mé rodině za zázemí a nezměrnou trpělivost při mém studiu. Velký dík patří Ing. Pavlu Slabyhoudovi, Ing. Vítku Slabyhoudovi a Ing. Michalu Tanajewskemu z podnikového ředitelství Povodí Ohře za bezproblémové a velmi rychlé jednání a poskytnutí hydrologických dat. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Dáše Richterové z Českého hydrometeorologického ústavu za poskytnutí hydrometeorologických dat a za vyjednání podmínek poskytnutí těchto dat, zároveň s tím děkuji katedře Vodního hospodářství a environmentálního modelování za financování těchto hydrometeorologických dat. Další poděkování patří Janě Novákové z Okresní agrární komory Louny za poskytnutí dat ohledně hektarových výnosů zemědělských plodin z okresu Louny. Dále děkuji Ing. Františku Ritterovi za poskytnutí dat týkajících se hektarových výnosů zemědělských plodin za Zemědělskou společnost Blšany s.r.o.

## **Abstrakt**

Tato práce přináší ucelený soubor definic sucha. Shrnuje základní typy sucha s jejich charakteristikami. Přináší stručný náhled na vztah rostlin vůči suchu a jejich obranné mechanismy vůči vodnímu stresu. Poskytuje stručný výčet indexů agronomického sucha a charakteristiku jednoho z nejpoužívanějších indexů agronomického sucha – PDSI (Palmerův index závažnosti sucha) a Z-index, který je součástí PDSI. Velká část práce je zaměřena na výpočet indexů agronomického sucha ve dvou zájmových lokalitách, kterými jsou povodí řeky Blšanky a okres Louny. Proto je část práce také věnována popisu použitých indexů, kterými jsou P index (index založený na srážkách), P-T index (index založený na srážkách a teplotách) a P-E index (index založený na srážkách a evapotranspiraci). Výsledky indexů agronomického sucha ze zájmového území Blšany nevykázaly dostatečně relevantní informace. Výsledky indexů agronomického sucha ze zájmového území Louny vyšly podstatně lépe a prokázaly nejvyšší korelaci sucha se zemědělskými výnosy zájmových plodin v měsíci květnu. Tudíž je květen měsícem, kdy se sucho výrazně projevuje na zemědělských výnosech zájmových plodin.

**Klíčová slova:** agronomické sucho, indexy sucha, zemědělské výnosy, vodohospodářská bilance

## **Abstract**

This work brings a comprehensive set of definitions of the drought. It gathers basic types of drought with their characteristics. It brings brief view on relationship between plants and drought and shows their defense mechanisms against water stress. The work gives brief list of drought indexes and gives a characteristic one of the most used agricultural drought indexes – PDSI (Palmer drought severity index) and Z-index which is element of PDSI. Large part of this work is focused on calculation of agronomical drought indexes on two localities, these are catchment area of river Blšanka and district of Louny. That is why the part of the work describes used indexes in this work, which are P index (index based on precipitation), P-T index (index based on precipitation and temperature) and P-E index (index based on precipitation and evapotranspiration). The results of agronomic drought indexes from Blšany location gave no relevant information. The results of agronomic drought indexes from Louny location are better, they proved the greatest correlation of drought and agricultural yields of studied crops in May. Therefore it is May when the drought has greater influence on agricultural yields of studied crops.

**Key words:** agricultural drought, drought indexes, agricultural yields, water management balance

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÚVOD</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>1 REŠERŠNÍ ČÁST</b> .....                              | <b>11</b> |
| <b>1.1 Definice sucha</b> .....                           | <b>11</b> |
| <b>1.2 Typy sucha</b> .....                               | <b>12</b> |
| 1.2.1 Meteorologické sucho.....                           | 12        |
| 1.2.2 Hydrologické sucho .....                            | 14        |
| 1.2.3 Zemědělské a agronomické sucho .....                | 16        |
| 1.2.4 Thornthwaiteova klasifikace podnebí .....           | 18        |
| 1.2.5 Thornthwaiteova klasifikace sucha .....             | 19        |
| <b>1.3 Vztah mezi rostlinou a suchem</b> .....            | <b>21</b> |
| <b>1.4 Indexy sucha</b> .....                             | <b>23</b> |
| 1.4.1 Palmer drought severity index (PDSI) .....          | 24        |
| 1.4.2 Z-index – index agronomického sucha .....           | 27        |
| 1.4.3 P index (Precipitation index) .....                 | 28        |
| 1.4.4 P-T index (Precipitation – Temperature index) ..... | 28        |
| 1.4.5 P-E index (Precipitation – Evaporation index) ..... | 29        |
| <b>2 METODICKÁ ČÁST</b> .....                             | <b>30</b> |
| <b>2.1 Zájmová území</b> .....                            | <b>30</b> |
| <b>2.2 Data</b> .....                                     | <b>31</b> |
| 2.2.1 Hydrometeorologická data.....                       | 31        |
| 2.2.2 Data o výnosech zemědělských plodin .....           | 34        |
| <b>2.3 Výpočet indexů agronomického sucha</b> .....       | <b>36</b> |
| <b>3 VÝSLEDKY</b> .....                                   | <b>39</b> |
| <b>3.1 Výsledky v zájmovém území Blšany</b> .....         | <b>39</b> |
| 3.1.1 Korelace indexů sucha s výnosy pšenice .....        | 39        |
| 3.1.2 Korelace indexů sucha s výnosy ječmene jarního..... | 41        |
| 3.1.3 Korelace indexů sucha s výnosy řepky .....          | 43        |
| <b>3.2 Výsledky v zájmovém území Louny</b> .....          | <b>45</b> |
| 3.2.1 Korelace indexů sucha s výnosy pšenice .....        | 46        |
| 3.2.2 Korelace indexů sucha s výnosy ječmene jarního..... | 47        |
| 3.2.3 Korelace indexů sucha s výnosy řepky .....          | 48        |
| <b>DISKUSE</b> .....                                      | <b>51</b> |
| <b>ZÁVĚR</b> .....  | <b>53</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ INFORMACÍ</b> .....            | <b>55</b> |



|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b> | <b>57</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>            | <b>59</b> |
| <b>PŘÍLOHY.....</b>                  | <b>61</b> |

## Úvod

Sucho jako klimatický jev se objevuje snad kromě deštných pralesů s různou periodicitou všude ve světě. Ačkoliv se jedná o z pohledu člověka nepříjemný projev přírody, který sužuje nejen rostliny a živočichy ale i člověka samotného, jedná se o čistě přirozený projev klimatu. S tím byla spojena jedna část této práce, kde bylo cílem stručně a jasně popsat vliv sucha na rostlinu a to, jak se rostlina se suchem vypořádává. Poněvadž má pojem sucho mnoho definic, bylo další částí této práce vytyčit stručný přehled základních typů sucha a přiblížit význam nejpoužívanějších definic sucha.

Sucho se pochopitelně také vyskytuje na území České republiky a mezi nejproblematictější suchem sužované oblasti v České republice patří srážkový stín Krušných hor v oblasti Žatecka. Proto dílčí úlohou této práce bylo zjistit rozsah vlivu sucha na vybrané plodiny a jejich roční výnos skrz výpočet indexů sucha a reprezentovat tím závažnost sucha v této oblasti. Další dílčí úlohou této práce bylo porovnat závažnost vlivu sucha na dvou vybraných lokalitách. První lokalitou je povodí řeky Blšanky a druhou lokalitou je okres Louny.

Výpočet indexů sucha probíhal pomocí jednodušších indexů agronomického sucha, kdy jejich náročnost na vstupní data a výpočet je podstatně menší než u jiných složitějších indexů sucha. Zmiňovanými indexy jsou P index, P-T index a P-E index. Ačkoliv použité indexy jsou méně náročné na vstupní data a na výpočet, jejich aplikace není od věci, jelikož se několikrát v minulosti prokázalo, že mohou daleko lépe reagovat na změny počasí než některé složitější indexy, kterými jsou například Palmerův index závažnosti sucha nebo Z-index.

## Cíle práce

Stěžejním cílem bylo pomocí indexů agronomického sucha nalézt určitý vztah mezi suchem a výnosy zemědělských plodin a stanovit období, ve kterém sucho nejpodstatněji zasahuje do životního cyklu vybraných plodin, což se potom projevuje na jejich výnosech. Zároveň s tím je spojeno porovnání výsledků indexů sucha z obou zájmových lokalit.

# 1 Rešeršní část

## 1.1 Definice sucha

Definovat, co znamená pojem sucho, není vůbec jednoduché. Nelze říci, že sucho je jen období bez deště. Do definice termínu sucha vstupuje mnoho kritérií, která se týkají několika proměnných, jež se používají buď samostatně, nebo v kombinaci s ostatními proměnnými. Již zmiňovanými proměnnými jsou srážky, teploty, vlhkost, výpar z vodní hladiny, transpirace<sup>1</sup> rostlin, půdní vlhkost, vítr, hladiny podzemních vod a řek a samotný stav rostlin.

Jak uvádí Allaby (2003)<sup>[1]</sup>, sucho nemá přesně danou definici. Například ve Velké Británii pojem sucho znamená 15 po sobě jdoucích dní bez deště nebo beze srážky větší jak 0,25 mm za jeden den. Na druhé straně jsou země, kde je sucho vyvoláno až několika měsíci beze srážek. Jednoduše lze říci, že sucho je časový úsek, ve kterém je srážka podstatně nižší než průměrná srážka ve stejném období v daném místě. Důsledkem je ovlivnění jak průmyslové tak zemědělské sféry. Nejviditelnější efekt sucha je však možno spatřit na rostlinách. Sucho rostlinám zhoršuje životní funkce, vadnou a umírají. Pakliže sucho dosáhne určité meze, je s ním spojeno další nebezpečí, a to možnost výskytu požárů.

Americký meteorologický ústav definuje sucho jako periodu 21 a více po sobě jdoucích dní, během kterých není srážka větší jak 30 procent průměrné srážky ve stejném období v tomto místě.

Ačkoliv se může zdát, že sucho je vzácný a náhodný jev, jedná se o normální, opakující se projev klimatu. Na rozdíl od aridity<sup>2</sup>, která je považována za trvalý znak klimatu, je sucho vnímáno jako přechodná anomálie klimatu a může se vyskytovat ve všech klimatických zónách. Sucho je jedno z největších přírodních nebezpečí pro člověka, svým působením se řadí mezi přírodní rizika. Většina přírodních rizik vzniká rychle a má rychlý průběh. Sucho je charakterizováno pomalým vznikem i rozvojem

---

<sup>1</sup> transpirace - výdej vody z rostlin do ovzduší ve formě vodní páry, čili vypařování vody živými rostlinami (též známý jako fyziologický výpar)

<sup>2</sup> aridita - převaha výparu a vsaku nad srážkami

s délkou trvání několik měsíců, v některých případech se může sucho vyskytovat v průběhu celé sezóny, roků i dekad. (Blinka, 2002)<sup>[2]</sup>

Suchem se obecně rozumí stav, kdy množství vody, které je k dispozici, nepostačuje pokrýt nároky na její využití. Přičemž nároky mohou být fyziologické potřeby rostlin, zvířat nebo člověka, minimální průtoky nutné pro odběr vody průmyslovými zařízeními nebo úpravami vody. (Novický, 2011 ex. Gibbs et al., 1975)<sup>[3]</sup>

## 1.2 Typy sucha

Význam slova „*sucho*“ se mění s tím, kdo ho používá. Pro zemědělce znamená sucho období suchého počasí, které způsobuje škody na plodinách. Meteorologové berou sucho jako období neobvykle malých srážek a již se neohlíží za tím, jestli má či nemá sucho nějaké následky. Hydrologové vnímají sucho jako pokles hladin řek a podzemních vod. Je skutečností, že bylo publikováno více než 150 definic sucha a každá z definic souvisí s jiným vědním oborem a s jinou aktivitou. Nejčastěji je však sucho rozlišováno podle typu na meteorologické, hydrologické a agronomické.

### 1.2.1 Meteorologické sucho

Meteorologické sucho je nejčastěji definováno časovými a prostorovými srážkovými poměry jako je například výskyt suchého nebo vyprahlého období. Kromě množství a intenzity spadlých srážek vztažených k dlouhodobým normálům pro dané místo a roční dobu, stanovili mnozí autoři různé definice. (Rožnovský, 2012)<sup>[4]</sup>

Meteorologové definují sucho jako období neobvykle suchého počasí. Co ale „*neobvykle*“ suché počasí znamená? Přesně řečeno musí být neobvykle sucho pro konkrétní oblast v konkrétní části roku. Takovéto sucho musí též produkovat nějaké měřitelné následky jako je snížení hladiny podzemních vod, řek a jezer. Ne všechna meteorologická sucha jsou stejně závažná. Britští meteorologové rozlišují *absolutní sucho*, *částečné sucho* a „*prodloužené sucho*“<sup>3</sup>. *Absolutní sucho* je pojem pro 15 po sobě jdoucích dní bez deště nebo beze srážky větší jak 0,25 mm za jeden den.

---

<sup>3</sup> volně přeloženo z anglického originálu „dry spell“ – prodloužené období suchého počasí

*Částečným suchem* se rozumí 29 po sobě jdoucích dní, ve kterých průměrná denní srážka nepřekročí 0,25 mm. Jestliže 15 po sobě jdoucích dní není denní srážka větší, jak 1 mm jedná se o „*prodloužené sucho*“.

Přehled definic sucha chronologicky seřazených za sebou založených na dešťové aktivitě uvádí Ogallo a Gbeckor-Kove (1989)<sup>[5]</sup>.

Meteorologické sucho nastává např.:

- pokud 10 po sobě jdoucích dní nepřekročí srážka 5 mm (Brounov – začátek 20. století)
- pokud 21 po sobě jdoucích dní nedosáhne srážkový úhrn 30 % dlouhodobého průměru, extrémní sucho nastává v případě, kdy nedosáhne srážkový úhrn 10 % za stejný časový úsek (Henry - 1906)
- jakmile uplyne 15 dní beze srážky (Cole - 1933)
- pokud měsíční úhrn srážek klesne na 60 % a méně z hodnoty dlouhodobého normálu nebo pokud roční úhrn srážek klesne na 75 % a méně z hodnoty dlouhodobého normálu (Bates - 1935)
- pokud je množství srážky menší než 85 % hodnoty dlouhodobého normálu (Hoyt – 1936)
- pokud spadne méně jak 2,5 mm za 48 hodin (Blumenstock – 1942)
- pokud v období 20 až 30 po sobě jdoucích dní nepřekročí srážka 6,4 mm za 24 hodin a to od března do září (Conrad – 1944)
- pokud týdenní úhrn srážek klesne na 50 % a méně hodnoty dlouhodobého normálu (Ramdas – 1950)

V roce 1965 meteorolog W. C. Palmer nastolil v těchto definicích pomyslný pořádek a přišel na způsob jak rozřadit období sucha a období dešťů do jednotlivých kategorií od -4 (velmi suché) až po 4 (velmi vlhké). Podle množství srážek, teploty a množství vlhkosti v půdě sestavil stupnici závažnosti sucha. Výsledkem je **tabulka 1**, která obsahuje slovní charakteristiku příslušející jednotlivým hodnotám PDSI (Palmer Drought Severity Index - Palmerův index závažnosti sucha).

**Tabulka 1: Slovní vyjádření hodnot PDSI (Alley, 1984)<sup>[6]</sup>**

| <b>Hodnota indexu PDSI</b> | <b>Charakteristika</b>    |
|----------------------------|---------------------------|
| $\geq 4,00$                | Extrémně vlhký            |
| 3,00 až 3,99               | Velmi vlhký               |
| 2,00 až 2,99               | Mírně vlhký               |
| 1,00 až 1,99               | Slabě vlhký               |
| 0,50 až 0,99               | Období začínajícího vlhka |
| 0,49 až -0,49              | Blízko normálu            |
| -0,50 až -0,99             | Období začínajícího sucha |
| -1,00 až -1, 99            | Slabě suchý               |
| -2,00 až -2,99             | Mírně suchý               |
| -3,00 až -3,99             | Velmi suchý               |
| $\leq -4,00$               | Extrémně suchý            |

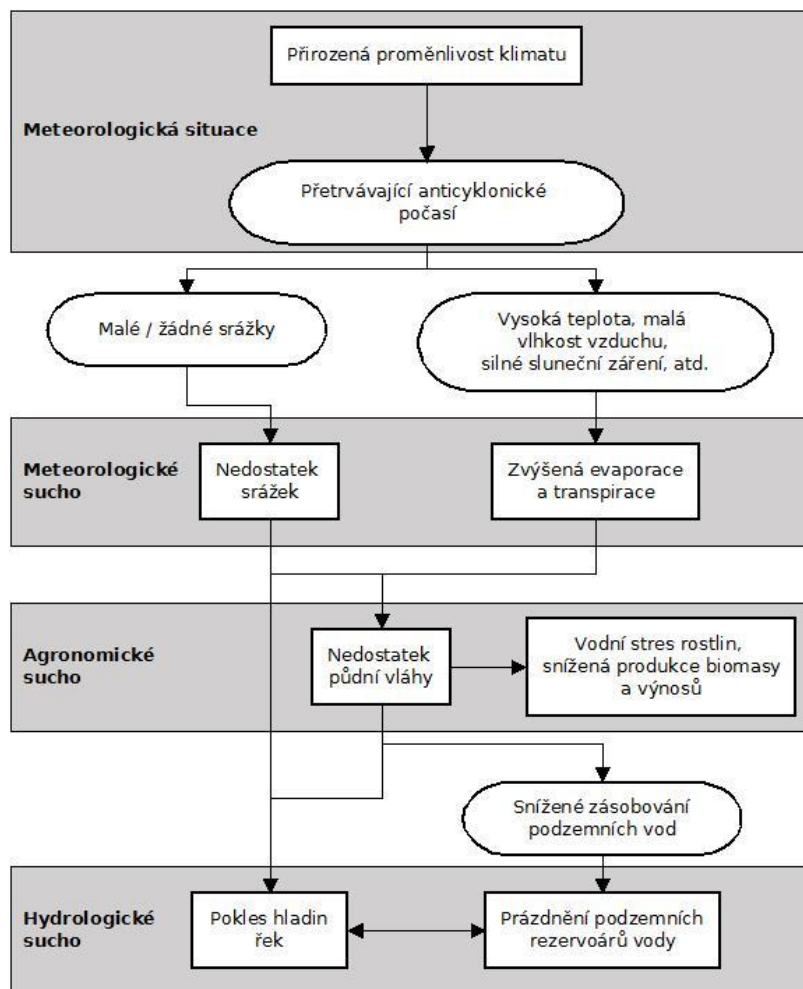
Jak uvádí W. C. Palmer (1965)<sup>[7]</sup> ve své práci, kde na základě vlastních studií sucha shromáždil několik obecných definic sucha. Meteorologickým suchem nazývá

- období, ve kterém je množství srážek menší jak 2,5 mm za 48 hodin
- období o specifické délce trvání, ve kterém je množství srážek menší, než specifikované
- období silného větru, malých srážek, vysoké teploty a nezvykle malé relativní vlhkosti (též známé jako atmosférické sucho)
- období, kdy průměrná roční nebo měsíční srážka klesne pod specifikované procento hodnoty dlouhodobého normálu
- stav, kdy zásoby vody vyčerpané nedostatkem srážek nestačí pokrývat lidské aktivity

### **1.2.2 Hydrologické sucho**

První, kdo si povšimne výskytu sucha na určitém území, jsou meteorologové, protože mají k dispozici poměrně přesná data o množství srážek, výparu, teplot a dalších meteorologických veličin. Pokud suché období pokračuje, další, kdo se s ním bude muset vypořádat, jsou zemědělci. A pakliže sucho neustoupí, projeví se na mnohem větší rozloze v podobě sucha hydrologického. Zjednodušeně lze říci, že

hydrologické sucho následuje po meteorologickém a zemědělském suchu, nikoliv však po jejich odeznění. Průběh hydrologického sucha můžeme názorně vidět v diagramu na **obrázku 1**.



**Obrázek 1: Průběh hydrologického sucha (Tallaksen, van Lanen, 2004)<sup>[8]</sup> - upraveno autorem**

Nepřítomnost dešťových srážek a vadnutí rostlin ještě neznamená, že se jedná o hydrologické sucho. Rostliny sice začínají vadnout, jelikož vrchní vrstva půdy je vysušená a jejich kořenový systém není schopný obstarat tolik vody, kolik je potřeba ale teprve až s poklesem hladin řek a následným poklesem hladin podzemní vody začíná sucho hydrologické.

Hydrologické sucho citelně postihuje jak mnoho hospodářských odvětví, jako je výroba elektrické energie, zavlažování, zásobování pitnou vodou, potřeby průmyslu, tak přírodu samotnou. Řeky a jezera jsou totiž útočištěm nejen vodních organismů ale i spousty suchozemských druhů zvířat.

Jak uvádí Rathore (2005)<sup>[9]</sup>, hydrologické sucho může být výsledkem dlouhotrvajícího meteorologického sucha a to ve formě vysoušení nádrží, jezer, vodních toků a poklesu hladiny podzemní vody.

Pro povrchové odtoky je obecně definováno hydrologické sucho určitým počtem po sobě jdoucí dny týdnů měsíců v některých případech i roků s výskytem relativně nízkých průtoků vzhledem k dlouhodobým měsíčním či ročním normálům.

### 1.2.3 Zemědělské a agronomické sucho

Zemědělské a agronomické sucho jdou spolu ruku v ruce. Jedná se v podstatě o stejné formy sucha, ale jak uvádí Bidwell (1973)<sup>[10]</sup>, agronomické sucho je část sucha zemědělského, která se týká pouze produkce zemědělských plodin. Takto jej lze definovat pro případy, kdy dochází ke ztrátám z příjmů z pěstovaných plodin vlivem sucha. Takovéto ztráty mohou být způsobeny snížením výnosů nebo snížením tržní ceny produktů z důvodu poškození suchem anebo jejich kombinací. Tuto myšlenku podporuje Dracup et al. (1980)<sup>[11]</sup> tvrzením, že zemědělské sucho se vztahuje k zemědělství i lesnictví a reprezentuje vliv sucha na celkovou produkci dřevin i plodin a také celkovou živočišnou produkci. Kromě těchto přímých požadavků rostlin a živočichů na vláhu zahrnuje také vliv různých vláhových režimů půd na agrotechnické činnosti a naopak.

Jakmile začíná působit meteorologické sucho na určité plodiny tím, že jim snižuje zásoby půdní vláhý natolik, že rostlina nestačí pokrývat vláhové výdaje, zejména transpiraci, a strádá, stává se z takového sucha sucho agronomické. Abychom mohli posoudit závažnost zemědělského sucha a popsat jeho vlastnosti, jakými jsou zejména začátek, konec a délka trvání, je zapotřebí zvážit mnoho faktorů, které sucho ovlivňují. Prvním faktorem je samotná plodina a její biologické, fyziologické a fenologické zvláštnosti. Každá plodina má jiné vláhové potřeby a ty se mění v průběhu jejího růstu. V praxi to znamená, že například sucho, které sužuje pěstitele určité plodiny v určité části vegetačního období, neznamená pro pěstitele jiné plodiny výrazné ohrožení výsledné sklizně. Pro ilustraci je znázorněna průměrná vláhová potřeba v průběhu vegetačního období pšenice na **obrázku 2** a kukuřice na **obrázku 3** (jihozápadní Amerika). Pokud by pomyslné sucho nastalo například na přelomu března a dubna, pěstitel kukuřice by nezaznamenal žádné velké ztráty na výnosech, avšak pro



pěstitele pšenice by toto sucho mohlo znamenat podstatné škody na úrodě. Tudiž by dle výše zmíněného nastalo pro pěstitele pšenice agronomické sucho.

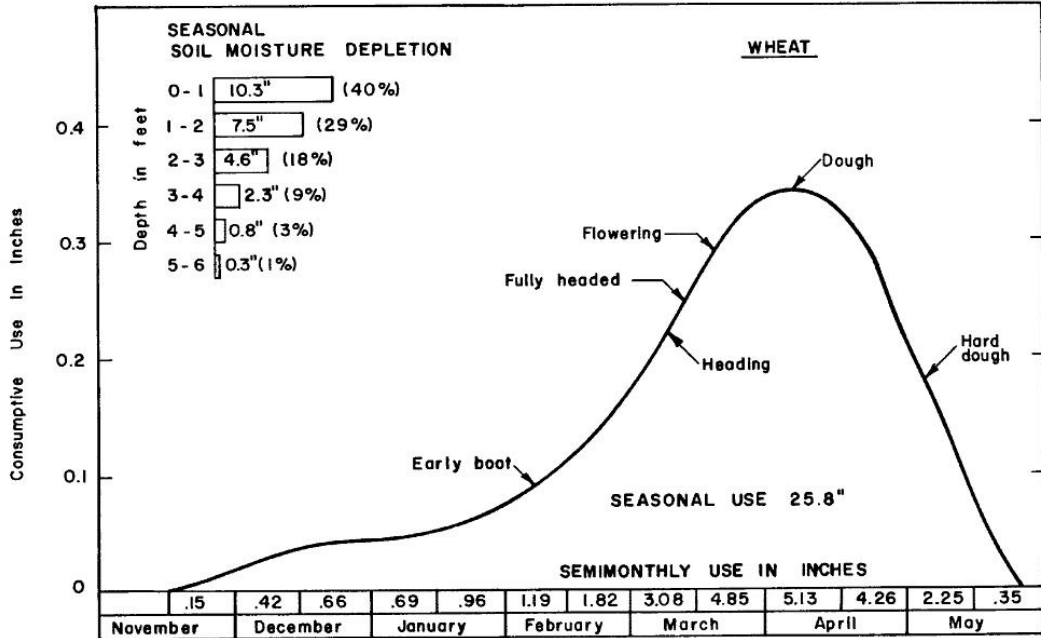


Figure 14.—Mean consumptive use for high-yielding wheats at Mesa, Ariz., 1969-70.

Obrázek 2: Vláhová potřeba pšenice (Erie L. J., 1981)<sup>[12]</sup>

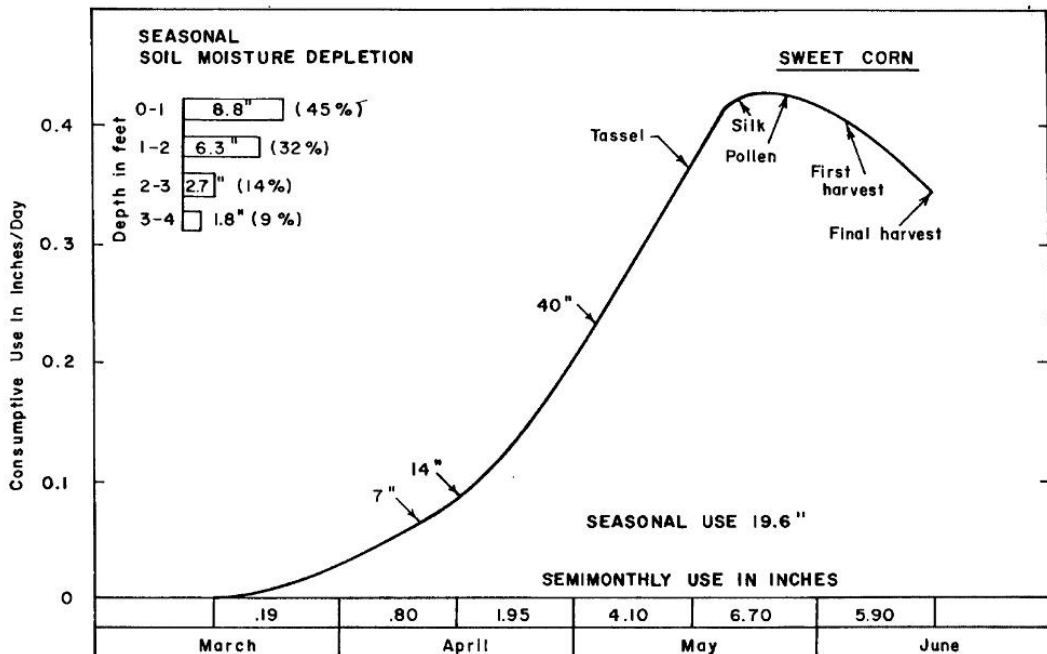


Figure 30.—Mean consumptive use for sweet corn at Mesa, Ariz., 1959, 1961-62.

Obrázek 3: Vláhová potřeba kukuřice (Erie L. J., 1981)<sup>[12]</sup>

Dalším faktorem je druh půdy, na kterém se určitá plodina pěstuje. Velký význam má to, jestli je půda strukturní nebo nestrukturní. Obecně strukturní půda má lepší vlastnosti a to nejen proto, že se lépe obdělává, je méně ohrožena erozí, protože povrchový odtok na takové půdě je nízký, ale vykazuje i dobré vláhové poměry, jelikož je u ní prokázána lepší kvalita pórů, vykazuje též vysokou infiltraci a menší výpar. Strukturní půda má oproti nestrukturní menší objemovou hmotnost, tudíž i provzdušněnost je na dobré úrovni. Velký vliv má i samotný druh zeminy. Je známo, že jílovitá zemina špatně absorbuje vodu, tudíž povrchový odtok na této zemině převyšuje vsak. Na druhou stranu štěrkopísková zemina rychle absorbuje vodu, ale zase jí v sobě dlouho nepodrží. Ani jeden případ není pro plodiny dobrý, v prvním případě se rostlině dostane vláhy jen poskrovnu v druhém případě má rostlina k dispozici vláhu poměrně krátkou dobu, jelikož voda horizontem de facto „proteče“.

Z předchozího je patrné, že do definice agronomického sucha vstupuje daleko více proměnných, než například do definice sucha meteorologického. Pro objektivní analýzu agronomického sucha je potřeba brát v úvahu zejména tyto jevy:

- Srážky a teploty
- Evaporace a transpirace z rostlin
- Vláhová potřeba plodiny
- Hydropedologické charakteristiky
- Protierozní činnosti na pozemcích i v celém povodí

#### **1.2.4 Thornthwaiteova klasifikace podnebí**

V roce 1948 Americký meteorolog C. W. Thornthwaite přišel s rozdělením podnebí. Tato klasifikace slouží k třídění a rajonizaci podnebí větších měřítek a pro určení vazeb mezi podnebí a vegetací. O sedm let později v roce 1955 spolu s meteorologem J. R. Martherem rozdělili sucho na čtyři typy a to na *stálé*, *sezonní*, *„zničující“*<sup>4</sup> a *„neviditelné“*<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> přeloženo z anglického originálu „devastating“

<sup>5</sup> přeloženo z anglického originálu „invisible“

Thornthwaiteova klasifikace je částečně založena na konceptu potencionální evapotranspirace<sup>6</sup> (*PE*). Potencionální evapotranspirace se vypočítá z průměrné měsíční teploty, která je upravena na délku dne. To reprezentuje množství vody, které se může ztratit evapotranspirací, pakliže by nebyla v oblasti žádná zásoba vody. V praxi výpočet probíhá stanovením rychlosti výparu z volné hladiny nádrže. Jakmile je známa hodnota *PE* může být zahrnuta do výpočtu spolu s ročním úhrnem srážek (*r*) pro zjištění vlhkostního indexu (*I<sub>m</sub>*) pomocí rovnice níže.

$$I_m = 100(r / PE - 1) \quad (1)$$

Vlhkostní index nám poukazuje na závažnost sucha a dovoluje nám definovat ariditu klimatu pomocí vztahu (*r/t*), *r* - srážky, *t* - teploty. (Allaby, 2003)<sup>[1]</sup>

Podle indexu vlhkosti rozlišil Thornthwaite 9 klimatických typů, které jsou uvedeny v **tabulce 2**.

**Tabulka 2: Klimatické typy podle Thornthwaitea (Sobíšek et al., 1993)<sup>[13]</sup>**

|                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| <b>A perhumidní</b>        | $I_m \geq 100$       |
| <b>B4 humidní</b>          | $80 \leq I_m < 100$  |
| <b>B3 humidní</b>          | $60 \leq I_m < 80$   |
| <b>B2 humidní</b>          | $40 \leq I_m < 60$   |
| <b>B1 humidní</b>          | $20 \leq I_m < 40$   |
| <b>C2 vlhko-subhumidní</b> | $0 \leq I_m < 20$    |
| <b>C1 sucho-subhumidní</b> | $-20 \leq I_m < 0$   |
| <b>D semiaridní</b>        | $-40 \leq I_m < -20$ |
| <b>E aridní</b>            | $-60 \leq I_m < -40$ |

### 1.2.5 Thornthwaiteova klasifikace sucha

*Stálé sucho* se nachází v aridních oblastech, tam kde se pěstují plodiny pouze za pomoci závlahových systémů. Kromě velmi vzácných ale, zato vydatných dešťů se zde nenachází řeky ani potoky. V podstatě se jedná o podnebí, kde je sucho normální stav.

*Sezonní sucho* je dalším typem sucha. Oproti suchu stálému je méně drastické, nic méně je dosti předvídatelné. Vyskytuje se v klimatických oblastech, kde veškeré

<sup>6</sup> evapotranspirace – celkový výpar z rostlin a půdy, čili transpirace rostlin společně s výparem z půdy

roční srážky, nebo alespoň většina z nich spadnou během relativně krátkého období. Většina rostlin, pocházejících z těchto oblastí, klíčí a roste během deštivého období a sezonní sucho přečkávají v nečinném („spícím“) stavu. Tak například v Bombaji (Indie) je průměrný roční úhrn srážek 1811 mm a 94 procent srážek spadne v období od června do září. Dalším příkladem může být San Diego (Kalifornie, USA), kde průměrný roční úhrn srážek činí 259 mm, ale 74 procent srážek spadne v období od prosince do března. (Allaby, 2003)<sup>[1]</sup>

*Zničující sucho* také nazývané *nahodilé* je třetím typem sucha a jedná se o sucho, které se jen těžko předvídá, poněvadž se vyskytuje v místech, kde jsou srážky rozmístěny rovnoměrně přes celý rok. Pak ale nějaký náhodný a nepředvídatelný jev v přírodě způsobí narušení přirozené periodicity těchto dešťů a vzniká období sucha. Ve středních zeměpisných šířkách jsou tato sucha způsobena zastavením pohybu vzduchu, který cestuje přes velkou oblast. Počasí v tu chvíli zůstává stejné na několik týdnů občas dokonce i na měsíc. Tento jev se nazývá „*blokace*“.<sup>7</sup> Pakliže bylo počasí před „*blokací*“ suché beze srážek, pak prodloužení tohoto sucha prostřednictvím „*blokace*“ může způsobit sucho. Takovýto druh sucha se může vyskytnout v podstatě kdekoli a kdykoli. Pakliže se takovéto sucho objeví v zimním období, nezpůsobí to v podstatě nic radikálního. Na druhé straně výskyt takového sucha v letních měsících v době vegetačního období rostlin může mít toto sucho zničující účinky - rostliny vadnou a umírají. (Allaby, 2003)<sup>[1]</sup>

*Neviditelné sucho* dostalo svůj název oprávněně, poněvadž na první pohled není pozorovatelné. Sucho jako takové způsobuje jak pokles hladin podzemních vod a řek tak i vysušení půdy. Ačkoliv se může zdát, že s příchodem deště sucho skončí, není tomu tak. Množství vody, které zůstane po výparu a transpiraci je nedostačující pro doplnění zvodní a řek. Hladiny řek tedy zůstávají na stejné úrovni a rostliny stále trpí nedostatkem vody. Toto sucho může být dost problémové, jelikož mnoho lidí neví, že existuje, tudíž nechápou, proč by měli s vodou šetřit, když v jejich oblasti je poměrně dost srážek. (Allaby, 2003)<sup>[1]</sup>

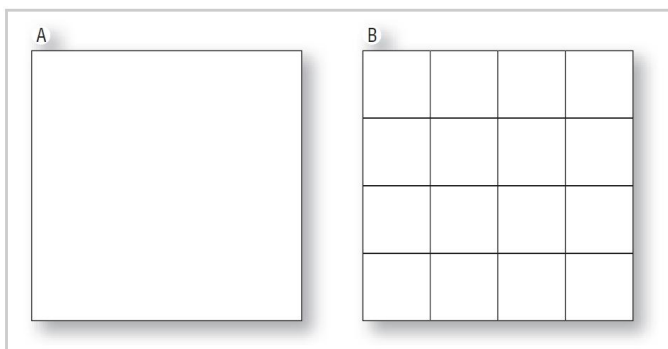
---

<sup>7</sup>přeloženo z anglického originálu „This condition is called blocking“

### 1.3 Vztah mezi rostlinou a suchem

Každá rostlina potřebuje ke svému životu vodu, kterou získává z půdy prostřednictvím svých kořenů a transpiruje ji prostřednictvím stomat<sup>8</sup> a lenticel<sup>9</sup> do okolí. Jelikož všechny nedřevité rostliny jsou tvořeny z 80 – 90 % vodou, stává se voda hlavním transportním médiem metabolitů a živin. Je až překvapivé jaké množství vody některé rostliny potřebují. Pro ilustraci uvádí Allaby (2003)<sup>[1]</sup>, že například bříza v průběhu růstu se zhruba 250 000 listy „vyčerpá“ z půdy do atmosféry přibližně 360 litrů vody za den. Pro představu, k vypěstování jedné tuny pšenice je potřeba 1,5 tuny vody a 10 000 tun vody spotřebujeme pro vypěstování tuny bavlny.

Zajímavým faktem je, že výpar z rostlin je podstatně rychlejší než výpar z volné hladiny. Tuto teorii staví Allaby (2003)<sup>[1]</sup> na jednoduché geometrii, kdy se molekuly vody na okrajích pórů nebo jezera šíří do stran a tam se též odpařují. V tomto případě platí, čím menší jsou průměry ať už průduchů rostliny nebo jezera, tím delší jsou jejich hrany v poměru k jejich plochám, tudíž i výpar je rychlejší. Na **obrázku 4** lze vidět, že plochy A (jezero) a B (povrch rostliny) jsou stejných rozměrů, ale plocha B je rozdělena na 16 menších částí. Proto celková délka hran plochy B je 2.5 krát delší než délka hran plochy A.



Obrázek 4: Geometrické vyjádření výparu (Allaby, 2003)<sup>[1]</sup>

<sup>8</sup> stoma - (jinými slovy průduch) je struktura na listech vyšších rostlin, která slouží ke kontrolované výměně plynů (zejména CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>) mezi rostlinou a okolím a také k odevzdání vody do ovzduší

<sup>9</sup> lenticela - vykazuje v podstatě stejné vlastnosti jako stoma, s tím rozdílem že se nachází na kmenech a větvích rostlin

Vodní stres je vyvolán v případě, kdy rostlina vydává více vody transpirací, než jí přijímá z půdy. Rostlina umí ovládat transpiraci pomocí otevírání a zavírání stomat, ale tento cyklus je vázán na „*biologické hodiny*“ rostliny, tudíž v případě náhlého deficitu vody transpirační mechanismus nereaguje flexibilně. Tento cyklus je nastaven tak, že se stomata otevírají během dne a zavírají během noci. Je pozoruhodné, že rostliny pěstované za stálého světla tento cyklus stále dodržují. Pokud k vodnímu stresu dojde náhle, stomata ztrácejí svoji pružnost a zůstávají otevřená. Naopak pokud vodní stres nastane pozvolně, stomata se stíhají zavřít. Bohužel však nemůžou zůstat zavřená stále, poněvadž stomata slouží nejen pro transpiraci ale i pro absorpci oxidu uhličitého, který je potřebný pro proces fotosyntézy, při kterém vzniká kyslík jako vedlejší produkt. (Allaby, 2003)<sup>[11]</sup>

Další variantou vodního stresu je „*fyziologické sucho*“, to představuje nedostatek vody z hlediska potřeb jednotlivých druhů rostlin. Jedná se o stav, kdy se voda v půdě nachází, ale je pro rostliny nepřístupná. Takovéto sucho nastává v případě vysoké salinity půdy, v případě záplavy nebo v případě nízkých teplot půdy. (Bagar in Rožnovský J., Litschmann T., 2003)<sup>[14]</sup>

Všechny rostliny mají určitou toleranci vůči vodnímu stresu, ta se však liší druh od druhu. Někteří jedinci se na tyto suché podmínky neboli deficit vody adaptovali. Takovéto rostliny se nazývají xerofyty jinak řečeno suchomilné rostliny. Mají celou řadu obranných mechanismů v boji proti suchým podmínkám, ať už se jedná o menší počet listů, menší rozměry listů, kořenový systém, který je schopný pojmout velké množství vody při sporadických deštích anebo poloha stomat na spodních stranách listů. (Edom G., 2006)<sup>[15]</sup>

Již od počátku zemědělství bylo sucho vždy faktorem limitujícím zemědělskou produkci. Důsledkem toho je, že jednou z priorit zemědělství je právě schopnost rostlin odolávat vodnímu stresu. (Rahman I. M. M., 2012)<sup>[16]</sup> Tento fakt je také jedním z důvodů proč pozorovat fenologické fáze jednotlivých rostlin. Studium časového průběhu základních životních projevů rostlinstva a živočišstva v závislosti na vnějším prostředí se zabývá vědní obor fenologie. (Pifflová, 1956)<sup>[17]</sup> Tyto životní projevy, jinak řečeno fenologické fáze (fenofáze) jsou definovány jako určitý zjevně dobře rozpoznatelný, zpravidla každoročně se opakující projev vývinu orgánů (list, květ, plod) rostliny. (Boček, 2007)<sup>[18]</sup>

Jak již bylo naznačeno v předchozím textu (viz kapitola 1.2.3 Agronomické sucho) během těchto fenologických fází se potřeba vody u rostlin mění. Též se tato potřeba vody během fenologických fází mění rostlinu od rostliny.

Výčet hlavních fenologických fází pro obiloviny, okopaniny, luštěniny a technické plodiny podle Pifflové (1956)<sup>[17]</sup> je uveden **tabulce 3**:

**Tabulka 3: Fenologické fáze podle Pifflové (Pifflová, 1956)<sup>[17]</sup> - upraveno autorem**

|                         |
|-------------------------|
| Počátek setby (sázení)  |
| Vcházení                |
| Odnožování              |
| Sloupkování             |
| Metání                  |
| Počátek květu           |
| Všeobecné kvetení       |
| Žlutá (vosková) zralost |
| Plná (tvrdá) zralost    |
| Počátek žní (sklizně)   |

## 1.4 Indexy sucha

Pro správné posouzení závažnosti sucha a pro stanovení základních charakteristik sucha, jakými jsou začátek, konec a délka trvání se používají indexy sucha (v některé literatuře označovány též jako indikátory sucha). Množství vody na určitém území je dáno hydrologickými a teplotními procesy, které stanovují rovnováhu i nerovnováhu mezi výdaji a příjmy vody. Pro číselné vyjádření těchto aktuálních hydrologických podmínek se používají indexy sucha. Podle charakteristických vlastností a vstupních dat, lze třídit indexy sucha do různých kategorií, kterými jsou indexy založené na pozorování srážek, indexy založené na pozorování odtoku, indexy založené na sledování podzemní vody, komplexní indikátory, laboratorně stanovené indikátory a indikátory založené na dálkovém průzkumu. Indikátory ze všech kategorií mají jedno společné, definují vláhový stav, ať už nedostatek nebo přebytek vody, daného území a to z různých úhlů pohledu. V **příloze 1** je možné vidět vybrané indexy sucha používané ve světě.

### 1.4.1 Palmer drought severity index (PDSI)

Tento index spadá do skupiny komplexních indikátorů sucha. Komplexním indikátorem sucha se rozumí indikátor sucha, který v sobě zahrnuje odhad vlhkosti půdy na základě bilanční rovnice a její porovnání s dlouhodobou normální hodnotou vlhkosti pro zvolené časové období nebo s prahovou hodnotou stanovenou empiricky na základě analýzy delšího časového období.

Palmerův index byl vyvinut ve Spojených státech amerických meteorologem Wayne Palmerem, který poprvé zveřejnil metodu výpočtu v publikaci Meteorologické sucho (1965). Index je prvním komplexním indikátorem sucha a je též dodnes používán. PDSI je vhodný pro hodnocení sucha, ale jeho slabina tkví v nedostatečné citlivosti, proto není vhodný pro aplikace varovného monitoringu.

Palmerův index závažnosti sucha se ve velké míře používá ve Spojených státech amerických. Zde jsou například k dispozici na internetu průběžné údaje o situaci sucha jak pro jednotlivé státy, tak pro celé území USA. V průběhu vegetačního období rostlin se uvádí jednotlivé hodnoty PDSI pro dílčí klimatické oblasti USA ve Weekly Weather and Crop Bulletin. Na území USA byl tento index v minulosti využit mnoha badateli, například samotným Palmerem (1967) pro výzkum plošného rozsahu a závažnosti sucha na severovýchodním území USA v šedesátých letech nebo Felchem (1978), který používal index pro srovnání sucha na území USA z třicátých, padesátých a sedmdesátých let. Karl a Koscienny (1982) a Diaz (1983) používali PDSI ke studiu prostorových a časových charakteristik suchých a vlhkých období na území USA během let 1895 – 1981. (Alley, 1984)<sup>[6]</sup>

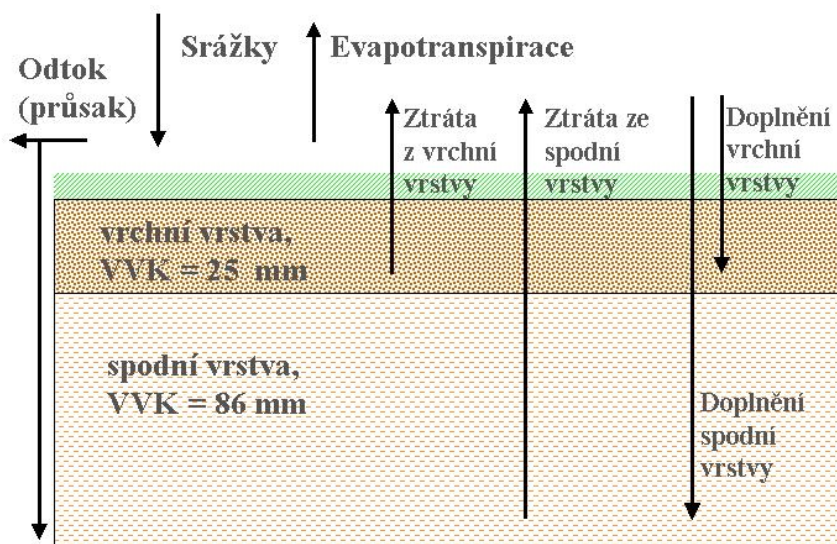
Na území České republiky není Palmerův index tak masivně používán. Největší použití nejbližší našemu území můžeme nalézt v práci Szinella et al. (1998), který používal Palmerův index ke zjišťování tendencí ve výskytu sucha na území Maďarska. Dále Briff et al. (1994) vyhodnotil pomocí indexu stoleté řady z 600 srážkoměrných stanic na území Evropy. (Litschmann, 2001)<sup>[19]</sup>

Jak uvádí Litschmann (2001)<sup>[19]</sup>, jednou z možných příčin proč se Palmerův index sucha nepoužívá na našem území tak hojně jako na území USA je fakt, že výpočet PDSI je poměrně náročný na výpočetní operace, tudíž se u nás před nástupem osobních počítačů hledali jiné varianty jak hodnotit sucho a tento trend stále přetrvává.



Palmerův index pracuje s údaji srážkových řad v dané oblasti, s údaji takzvané využitelné vodní kapacity v půdním horizontu a s aktuální a potencionální evapotranspirací. Pro každé období (nejčastěji se jedná o měsíc) se porovnává očekávané množství srážek, vypočtené z rovnice vodní bilance, s aktuální srážkou. Podle Litschmanna (2001)<sup>[19]</sup> je index nastaven tak, aby výjimečně vlhký měsíc uprostřed suchého období příliš neovlivnil hodnotu indexu a to tím, že výpočet PSDI pro dané období v sobě zahrnuje podstatnou část informace z období předcházejícího. Stejně tak jako řada měsíců se zhruba normálními srážkami následující po suchém období ještě neznamena, že sucho skončilo.

Vodní bilance pro výpočet Palmerova indexu je založena na konceptu dvou půdních vrstev, který lze vidět na **obrázku 5**. Půda je rozdělena do dvou vrstev, svrchní vrstva je definována zásobou dostupné půdní vody o výšce 25 mm. Spodní vrstva má zásobu dostupné půdní vody o velikosti 86 mm (tj. po odečtení 25 mm ze svrchní vrstvy od celkové zásoby 111 mm). Výška obou vrstev však vždy závisí na půdním druhu. Model předpokládá, že voda ze spodní vrstvy nemůže být odebírána, dokud není vrchní vrstva suchá. K povrchovému odtoku dochází až v případě, že jsou obě vrstvy plně nasyceny a srážky převyšují výpar.



Obrázek 5: Schéma vodní bilance při výpočtu PSDI (Litschmann, 2001)<sup>[19]</sup>

Výpočet samotného indexu probíhá nejprve určením odchylky srážek  $d_i$  od klimatického normálu pro každý řešený časový interval rovnicí

$$d_i = P_i - \hat{P}_i \quad (2)$$

Kde klimatický normál  $\hat{P}_i$  je definován rovnicí

$$\hat{P}_i = \alpha_i PE_i + \beta_i PR_i + \gamma_i PRO_i - \delta_i PL_i \quad (3)$$

Hodnoty klimatických koeficientů jsou určeny jako:

$$\alpha_i = \frac{\overline{ET}_i}{\overline{PE}_i} \quad \beta_i = \frac{\overline{R}_i}{\overline{PR}_i} \quad \gamma_i = \frac{\overline{RO}_i}{\overline{PRO}_i} \quad \delta_i = \frac{\overline{L}_i}{\overline{PL}_i} \quad (4)$$

Kde  $ET$  a  $PE$  je aktuální a potencionální evapotranspirace,  $R$  je potencionální doplnění,  $PR$  je množství vláhy potřebné k doplnění půdního profilu na využitelnou vodní kapacitu,  $RO$  je odtok,  $PRO$  je potencionální odtok, který odpovídá rozdílu mezi potencionálními srážkami a potencionálním doplněním,  $PL$  je potencionální ztráta, která odpovídá množství srážek, které lze z půdy odebrat evapotranspirací v případě nulových srážek a  $L$  je odtok, který odpovídá úbytku vláhy v půdě.

Dílčím výpočtem PDSI je Palmerův index vlhkostní odchylky (Palmer Moisture Anomaly Index – více kapitola 1.4.2 Z-index), kterým jsou počítány odchylky od normálu půdní vlhkosti. Výpočet je formulován následovně:

$$z_i = K_i d_i \quad (5)$$

Kde  $K$  je váhový faktor vycházející z předchozích klimatických záznamů a je určen empiricky pomocí následujících rovnic:

$$K_i = \left( \frac{17.67}{\sum_{i=1}^{12} K'_i D_i} \right) K'_i \quad (6)$$

$$K'_i = 1.5 \log \left( \frac{PE_i + R_i + RO_i + 2.8}{P_i + L_i} \right) \frac{1}{D_i} + 0.5 \quad (7)$$

Kde  $D_i$  je průměr absolutních odchylek  $d$  pro každý měsíc.

Výsledný index PDSI je vyjádřen následujícím vztahem:

$$PDSI_i = 0.897PDSI_{i-1} + \frac{1}{3}z_i \quad (8)$$

#### 1.4.2 Z-index – index agronomického sucha

Z-index, též známý jako Palmer Moisture Anomaly Index. Tento index je dílčím výpočtem Palmerova indexu a též dává do poměru aktuální hodnoty srážek, evapotranspiraci a zásobu vody v půdním profilu s dlouhodobými normály těchto hodnot pro dané období v daném území. Z-index je daleko lepším nástrojem pro určování agronomického sucha než PDSI jelikož nezohledňuje stav z předchozího období a tím pádem rychleji reaguje na úbytek vláhy v povrchových vrstvách půdy. Jak uvádí studie Karla (1986)<sup>[20]</sup> Z-Index je pro posuzování kratších období vhodnějším indexem než PDSI, jakmile se však jedná o delší časové období (50 a více let) je vhodnějším indexem pro výzkum sucha naopak PDSI. Proto se Z-Index hodí pro aplikace k výzkumu výskytu agronomického sucha nebo k meteorologickému pozorování lesních požárů.

Jak již bylo zmíněno, Z-index je v podstatě počítán v průběhu výpočtu PDSI, tudíž postup výpočtu je možné vidět v předchozí kapitole 1.4.1 Palmer Drought Severity Index (PDSI). Pořadí výpočtu na základě očíslovaných rovnic je (4), (3), (2), (7), (6) a výsledný výpočet tedy vypadá takto:

$$z_i = K_i d_i \quad (5')$$

Jak naznačuje **tabulka 4** má Z-index též oproti PDSI odlišnou stupnici, podle níž je možno posoudit závažnost sucha v příslušném měsíci.

**Tabulka 4: Stupnice pro posouzení závažnosti sucha dle Z-indexu (Litschmann, 2001)<sup>[19]</sup>**

| Hodnota indexu Z | Charakteristika měsíce |
|------------------|------------------------|
| $Z \geq 3,50$    | Extrémně 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            |
| $Z \leq -2,75$   | Extrémně suchý         |

### 1.4.3 P index (Precipitation index)

Tento index byl vytvořen pouze pro účely této bakalářské práce. Je nejjednodušším indexem, který dává do vztahu přímo srážky s výnosy zemědělských plodin. Při zavedení tohoto indexu, byla vzata v potaz existence *Standardizovaného indexu srážek*<sup>10</sup>, který též vychází při popisu sucha pouze z hodnot srážek v různém časovém měřítku a je též nenáročný na vstupní data (s výjimkou jejich délky, která by měla být minimálně 30 let). Dle Guttmana (1998)<sup>[21]</sup> může být SPI dokonce lepším indikátorem vlhkosti a suchosti než Palmerův index závažnosti sucha. Dokonce bylo zjištěno, že SPI detekuje nebezpečí hrozícího sucha dříve než Palmerův index sucha.

P index byl použit, poněvadž jeho náročnost na vstupní data je velice malá. Princip tohoto indexu spočívá v korelaci agregovaných srážek s jednotlivými ročními výnosy. Výsledkem takového indexu je ukazatel určitého korelovaného období (například týden) ve vegetačním období, kdy má srážka největší vliv na výnos. Může se jednat o kladnou, ale i zápornou korelaci. Kladná korelace představuje období, kdy činitelem, který ovlivňuje výnos, je sucho. Naopak záporná korelace představuje období, kdy činitelem, který ovlivňuje výnos, je nadměrné vlhko.

### 1.4.4 P-T index (Precipitation – Temperature index)

P-T index se používá při výzkumu agronomického sucha na Fakultě životního prostředí na České zemědělské univerzitě v Praze. Je též jednoduchým indexem, který je poměrně nenáročný na vstupní data, kterými jsou srážky  $P$  a teploty  $T$ . Jak uvádí Beran et. al. (2011)<sup>[22]</sup> je možné využít pro některé modely pro výpočet evapotranspirace pouze údaje teplot. Tato teorie byla základním předpokladem k využití výpočtu P-T indexu. Hodnoty teplot vstupují do výpočtu jako jednoduchý ukazatel evapotranspirace. Výsledkem tohoto indexu není zásoba vody v půdním profilu, ale pouze poměrné číslo vyjadřující výšku srážek na jeden stupeň průměrné teploty v posuzovaném období. Stejně tak jako u P indexu, může nabývat P-T index kladné i záporné korelace. P-T index se vypočte podle následujícího vzorce:

$$pt = \frac{Pi}{Ti} \quad (9)$$

---

<sup>10</sup> přeloženo z anglického originálu „Standardized precipitation index“ (SPI)

#### 1.4.5 P-E index (Precipitation – Evaporation index)

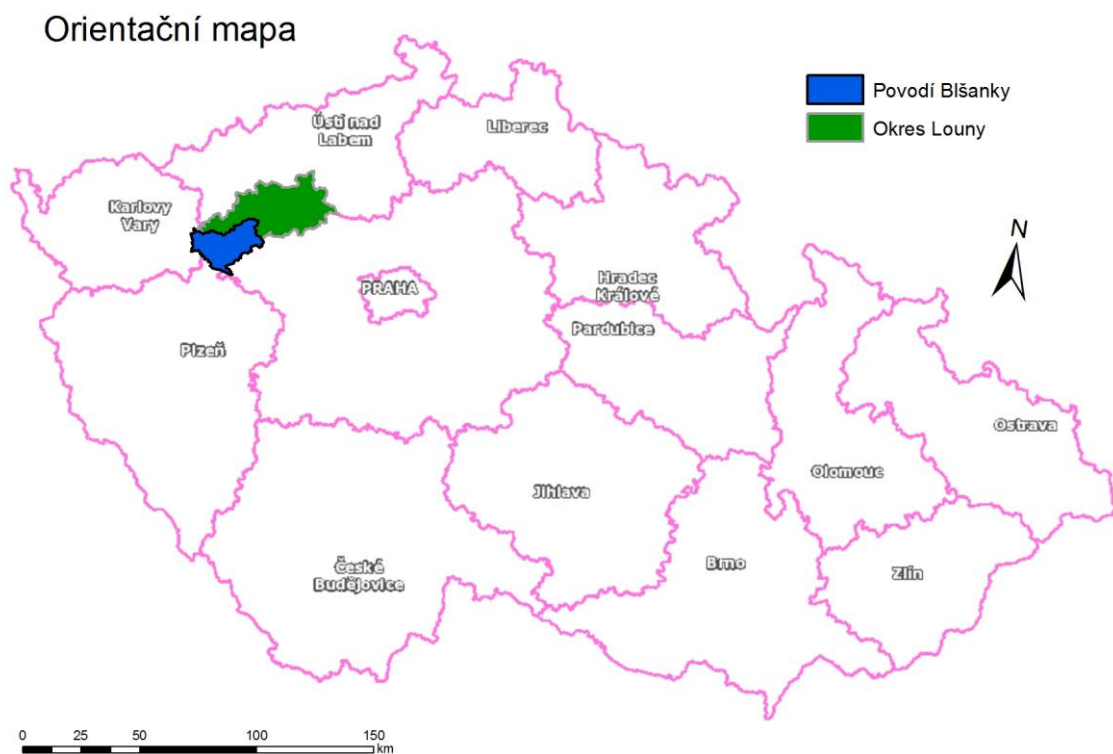
Dalším indexem, který se používá na Fakultě životního prostředí k výzkumu agronomického sucha, je P-E index. Jedná se o index zohledňující pouze poměr srážek  $P$  a aktuální evapotranspiraci  $ET$ . Tento index vyjadřuje jednoduchou bilanci a tím umožňuje posoudit, zda dochází k úbytku vláh v půdním profilu, nebo zda zásoba vody v půdě roste a zvyšuje se využitelná zásoba vody pro rostliny. P-E index se vypočte podle následujícího vzorce:

$$pe = \frac{Pi}{ETi} \quad (10)$$

## 2 Metodická část

### 2.1 Zájmová území

Pro tuto práci byla zvolena dvě vzájemně se překrývající zájmová území. Prvním územím je okres Louny a tato lokalita má po zbytek práce pracovní název Louny. Druhou lokalitou je povodí řeky Blšanky a její pracovní název je Blšany. Pro možnost porovnání těchto lokalit bylo potřeba určit společné co nejdelší časové rozmezí, ve kterém jsou soubory časových řad bez chybějících dat. Takové časové rozmezí splňují roky 2001 – 2010. Orientační mapu zájmových území je možno vidět na **obrázku 6**.



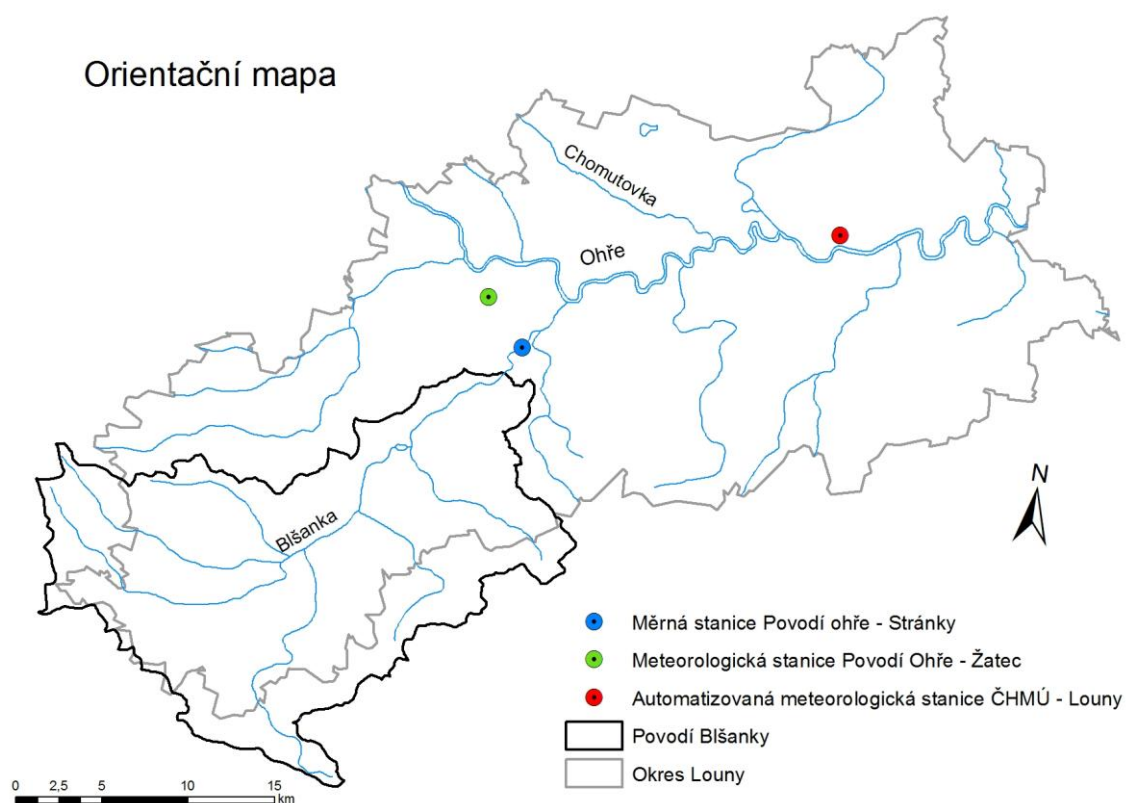
Obrázek 6: Orientační mapa zájmových území (autor)

## 2.2 Data

Pro výpočet indexů agronomického sucha byla zpracována sada hydrometeorologických dat, kterými jsou srážky, teploty, evapotranspirace a průtoky a soubor dat o výnosech zemědělských plodin.

### 2.2.1 Hydrometeorologická data

Pro lokalitu Louny byla zpracována meteorologická data v týdenním kroku z referenční srážkoměrné stanice v Lounech, která byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým úřadem. Pro lokalitu Blšany byla zpracována meteorologická data v denním kroku z referenční srážkoměrné stanice v Žatci a data o průtocích v řece Blšance, taktéž v denním kroku, byla zpracována z referenční vodoměrné stanice ve Stránkách (jedná se téměř o uzávěrový profil řeky Blšanky). Obě sady dat byly poskytnuty Povodím Ohře. Orientační mapu zájmových území i s místy, kde byla data naměřena, je možné vidět na **obrázku 7**.



Obrázek 7: Orientační mapa zdrojů dat na zájmových územích (autor)

Data o průtocích v řece Blšance byla za účelem grafické prezentace agregována do týdenního a měsíčního kroku pomocí klouzavého průměru v prostředí Microsoft Office Excel. Jak je možné vidět v grafu v **příloze 2**, za posledních deset let proběhly zhruba tři velké vodní stavy. V **tabulce 5** jsou uvedeny denní, týdenní, měsíční a roční základní statistické hodnoty jakými jsou minimum, percentil 25%, medián, průměr, percentil 75%, maximum a směrodatná odchylka (dále už jen SD<sup>11</sup>) z let 2001 – 2010.

**Tabulka 5: Základní statistické hodnoty průtoků Blšanky pro období 2001 – 2010 (autor)**

| Průtoky | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD    |
|---------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|-------|
| Denní   | 0.010   | 0.210         | 0.450  | 0.731  | 0.910         | 22.370  | 0.987 |
| Týdenní | 0.012   | 0.225         | 0.480  | 0.723  | 0.931         | 9.034   | 0.852 |
| Měsíční | 0.024   | 0.228         | 0.544  | 0.729  | 0.934         | 4.385   | 0.731 |
| Roční   | 0.280   | 0.385         | 0.730  | 0.727  | 0.990         | 1.270   | 0.355 |

V **tabulce 6** je možné vidět základní statistické hodnoty měsíční agregace průtoků pro jednotlivé měsíce zvlášť. Hodnoty jsou vypočteny taktéž z období 2001 - 2010. Jak je možné vidět, nejvíce vody protéká Blšankou v lednu naopak nejsušším měsícem je září.

**Tabulka 6: Základní statistické hodnoty pro průtoky v řece Blšance v jednotlivých měsících pro období 2001 – 2010 (autor)**

| Měsíc    | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD    |
|----------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|-------|
| leden    | 0.395   | 0.964         | 1.109  | 1.855  | 2.001         | 1.582   | 1.577 |
| únor     | 0.259   | 0.763         | 1.482  | 1.238  | 1.638         | 1.906   | 0.591 |
| březen   | 0.317   | 0.715         | 0.982  | 1.047  | 1.401         | 1.856   | 0.522 |
| duben    | 0.184   | 0.544         | 0.667  | 0.701  | 0.808         | 1.431   | 0.343 |
| květen   | 0.066   | 0.380         | 0.669  | 0.593  | 0.747         | 1.161   | 0.328 |
| červen   | 0.031   | 0.143         | 0.338  | 0.353  | 0.458         | 0.947   | 0.268 |
| červenec | 0.031   | 0.143         | 0.338  | 0.353  | 0.458         | 0.947   | 0.301 |
| srpen    | 0.036   | 0.118         | 0.187  | 0.457  | 0.719         | 1.553   | 0.514 |
| září     | 0.045   | 0.084         | 0.117  | 0.283  | 0.403         | 0.983   | 0.300 |
| říjen    | 0.116   | 0.256         | 0.368  | 0.480  | 0.539         | 1.284   | 0.354 |
| listopad | 0.230   | 0.273         | 0.373  | 0.648  | 0.639         | 2.228   | 0.642 |
| prosinec | 0.207   | 0.501         | 0.735  | 1.065  | 1.061         | 2.991   | 0.932 |

<sup>11</sup> SD – zkratka anglického originálu „standard deviation“



V **příloze 3** jsou uvedeny N-leté průtoky v jednotlivých profilech řeky Blšanky, které byly převzaty z povodňového plánu ORP Podbořany.

Pomocí hydrometeorologických dat byl spočítán orientační odtokový součinitel<sup>12</sup> povodí řeky Blšanky. Rozloha povodí byla spočítána v prostředí programu ArcGIS a činí 374.9 km<sup>2</sup>. Výsledný orientační odtokový součinitel  $\phi$  vychází 0.12. Tento údaj je pouze orientační a nepodává relevantní informaci, poněvadž data srážkových úhrnů nepocházejí přímo ze zájmového území.

Meteorologická data byla agregována do týdenního, dvoutýdenního a čtyřtýdenního kroku. Jejich základní statistické hodnoty je možné vidět v **tabulkách 7, 8, 9 a 10**.

**Tabulka 7: Základní statistické hodnoty denních, týdenních, dvoutýdenních a čtyřtýdenních srážkových úhrnů ze stanice Žatec pro období 2001 – 2010 (autor)**

| <b>Srážky Blšany</b> | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD     |
|----------------------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|--------|
| Denní                | 0.000   | 0.000         | 0.000  | 1.383  | 0.600         | 114.000 | 4.338  |
| Týdenní              | 0.000   | 0.900         | 5.250  | 9.700  | 13.520        | 121.200 | 13.071 |
| Dvoutýdenní          | 0.000   | 5.025         | 13.950 | 19.400 | 27.850        | 144.400 | 20.672 |
| Čtyřtýdenní          | 0.000   | 15.420        | 29.000 | 38.800 | 55.250        | 196.700 | 33.103 |

**Tabulka 8: Základní statistické hodnoty průměrných denních, týdenních, dvoutýdenních a čtyřtýdenních teplot ze stanice Žatec pro období 2001 – 2010 (autor)**

| <b>Teploty Blšany</b> | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD    |
|-----------------------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|-------|
| Denní                 | -16.110 | 3.388         | 10.030 | 9.666  | 16.380        | 27.690  | 8.085 |
| Týdenní               | -10.080 | 3.768         | 9.851  | 9.704  | 16.290        | 25.550  | 7.757 |
| Dvoutýdenní           | -6.311  | 3.630         | 9.270  | 9.704  | 16.730        | 23.820  | 7.608 |
| Čtyřtýdenní           | -4.656  | 3.738         | 9.031  | 9.704  | 16.940        | 22.140  | 7.453 |

**Tabulka 9: Základní statistické hodnoty týdenních, dvoutýdenních a čtyřtýdenních srážkových úhrnů ze stanice Louny pro období 2001 – 2010 (autor)**

| <b>Srážky Louny</b> | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD     |
|---------------------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|--------|
| Týdenní             | 0.000   | 1.800         | 6.000  | 9.601  | 13.180        | 95.500  | 11.390 |
| Dvoutýdenní         | 0.000   | 7.200         | 14.150 | 19.270 | 27.150        | 95.500  | 16.610 |
| Čtyřtýdenní         | 3.200   | 17.720        | 34.100 | 38.550 | 52.980        | 168.100 | 26.910 |

**Tabulka 10: Základní statistické hodnoty průměrných týdenních, dvoutýdenních a čtyřtýdenních teplot ze stanice Louny pro období 2001 – 2010 (autor)**

| <b>Teploty Louny</b> | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD    |
|----------------------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|-------|
| Týdenní              | -10.142 | 2.160         | 8.233  | 8.235  | 14.953        | 23.598  | 7.789 |
| Dvoutýdenní          | -7.617  | 2.629         | 7.978  | 8.281  | 15.108        | 21.998  | 7.606 |
| Čtyřtýdenní          | -5.370  | 1.692         | 7.800  | 8.211  | 15.251        | 20.320  | 7.459 |

<sup>12</sup> odtokový součinitel – udává, jaké množství vody ze spadlé srážky odteklo povrchovým odtokem

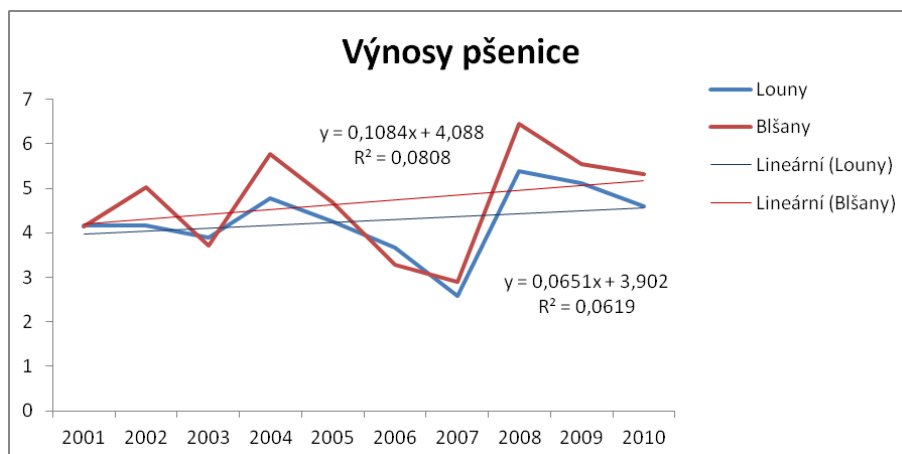
V **přílohách 4, 5, 6 a 7** lze vidět základní statistické hodnoty srážkových úhrnů a průměrných teplot pro měsíční agregaci pro jednotlivé měsíce. Na tuto agregaci byl vytvořen skript v prostředí programu RStudio, který umožňuje agregovat data vždy z jednoho měsíce. Jak lze vidět v těchto přílohách, nejdeštivějším měsícem pro lokalitu Blšany je červenec a pro lokalitu Louny srpen. Naopak na srážky nejskromnějším měsícem je pro obě lokality únor. Z pohledu teplot je nejteplejším měsícem pro obě lokality červenec a naopak nejmrazivějším měsícem pro obě lokality je leden.

### **2.2.2 Data o výnosech zemědělských plodin**

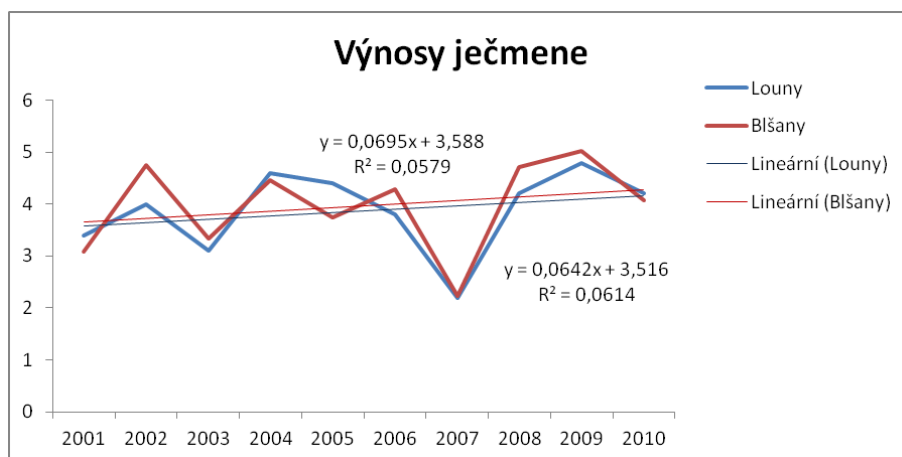
Pro lokalitu Louny byla zpracována data o výnosech pšenice ozimé, pšenice jarní, ječmene ozimého, ječmene jarního a řepky olejky od roku 1996 do 2012 bez chybějících dat. Takováto data spolu s osevními plochami byla poskytnuta Okresní Agrární komorou Louny a představují výnosy za okres Louny. Pro možnost porovnání byla data o výnosech pšenice ozimé a pšenice jarní zprůměrována váženým průměrem podle osevních ploch.

Pro lokalitu Blšany byla poskytnuta data o výnosech pšenice celkově, ječmene jarního, ječmene ozimého, řepky olejky, obilovin celkově, chmele a hořčice a to od roku 2001 do 2012 s chybějícími daty. Takováto data spolu s osevními plochami byla poskytnuta Zemědělskou společností Blšany, s.r.o. a reprezentují výnosy pouze za tento zemědělský podnik.

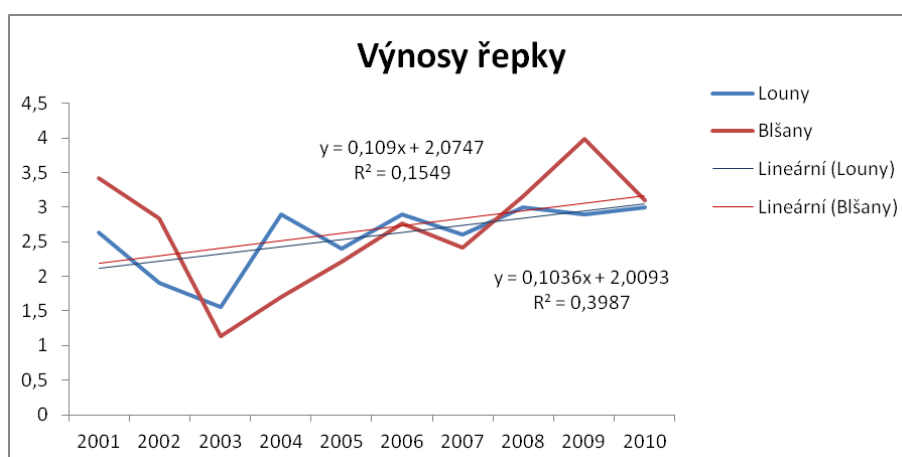
Kvůli chybějícím datům ve výnosech jednotlivých plodin zejména z Blšan byly zvoleny zájmové plodiny, kterými jsou pšenice, ječmen jarní a řepka olejka. Na **obrázcích 8, 9 a 10** je možné vidět porovnání výnosů jmenovaných plodin z obou lokalit. U všech plodin se dá pozorovat rostoucí trend výnosů, ze srovnání je však patrné, že výnosy z Blšan lehce převyšují výnosy z Loun. Ačkoliv u řepky se to jeví rozporuplné, stejně výsledný výnos z Blšan opravdu převyšuje výnos z Loun. Na základě grafů si lze všimnout rapidního poklesu ve výnosech pšenice a ječmene jarního na obou lokalitách v roce 2007. U řepky je možné pozorovat větší pokles ve výnosech též na obou lokalitách v roce 2003.



Obrázek 8: Porovnání výnosů pšenice z obou lokalit (autor)



Obrázek 9: Porovnání výnosů ječmene z obou lokalit (autor)



Obrázek 10: Porovnání výnosů řepky z obou lokalit (autor)

## 2.3 Výpočet indexů agronomického sucha

Pro tuto práci byly vybrány indexy s menší náročností na vstupní data, poněvadž zájmová území jsou relativně plošně malá, tudíž i výběr dat vztahující se k těmto územím je poněkud malý. Naštěstí data pro P index a P-T index jsou dostupná v husté měřičské síti, která můžou vystihnout velkou prostorovou proměnlivost agronomického sucha. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.4 Indexy sucha, byly počítány P index, P-T index a P-E index. Výpočty složitějších indexů jakými jsou PDSI a Z-Index se již v minulosti ukázaly na projektech Fakulty životního prostředí, které se zabývaly výpočtem indexů agronomického sucha, jako méně vhodné pro identifikaci zemědělského sucha.

Princip výpočtu těchto indexů spočívá v korelaci jednotlivých hodnot indexů s výnosy. Výpočet probíhá v podstatě ve dvou krocích, nejdříve se hodnoty *agregují* a následně se *korelují* se zemědělskými výnosy.

*Agregace* hodnot indexů probíhala v prostředí programu RStudio a pro takto zvolený postup byl vytvořen skript, který umožňuje agregovat hodnoty vždy z jednoho roku. Tudíž se nemůže stát, že v období mezi jedním a druhým rokem budou do agregace zahrnuty hodnoty z obou let, jako by se tomu stalo výpočtem například v prostředí programu Microsoft Office Excel. Skript pro tuto agregaci je možné vidět v **příloze 8**. Hodnoty byly agregovány do požadovaného kroku s tím, že pro tuto práci byl použit týdenní, dvoutýdenní a čtyřtýdenní krok. U P indexu se v podstatě agregovala pouze data srážek a to jejich sumací. Agregace P-T indexu se počítala lehce odlišně, nejdříve se agregovala data srážek sumací a data teplot průměrem. Poté se tyto agregace podělily podle vzorce (9) viz kapitola 1.4.4 P-T index. Agregace P-E indexu se počítala v podstatě stejně jako agregace P-T indexu, proběhla agregace dat srážek sumací a dat evapotranspirace též sumací. Následně se tyto agregace podělily podle vzorce (10) viz kapitola 1.4.5 P-E index.

Samotný výpočet *korelace* probíhal ve vícero krocích též v prostředí RStudio. Skript pro tento výpočet je možné vidět v **příloze 9**. Nejprve bylo z každého roku vybráno 31 po sobě jdoucích týdnů (pro agregaci do týdenního kroku), 15 po sobě jdoucích dvoutýdnů (pro agregaci do dvoutýdenního kroku) a 11 po sobě jdoucích čtyřtýdnů (pro agregaci do čtyřtýdenního kroku) začínajících pokaždé třetím měsícem v roce (březnem). Takto dlouhá období přibližně reprezentují pěstební sezónu na území

České republiky. Tyto hodnoty byly seřazeny do takzvané matice hodnot indexů, kde je pro každý rok (pro každý roční výnos) buďto 31, 15 nebo 11 hodnot indexů. Pro ilustraci je možné vidět tuto matici hodnot indexů pro jedenáct čtyřtýdnů v **tabulce 11**.

**Tabulka 11: Matice indexů (autor)**

|      | 1     | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 2001 | 113.2 | 24.6 | 54.8 | 28   | 62.6  | 47.4  | 28.4 | 73.4 | 18   | 28.8 | 26.6 |
| 2002 | 32.6  | 22.2 | 34   | 74.6 | 102.6 | 168.4 | 84.8 | 47.6 | 59.2 | 90.4 | 58.8 |
| 2003 | 1.4   | 0.4  | 14.3 | 0.7  | 46.5  | 28    | 21.7 | 4.4  | 6    | 1.6  | 0.6  |
| 2004 | 13.9  | 15.5 | 33.7 | 48.1 | 39.5  | 0     | 38.2 | 25   | 7.8  | 65.4 | 20.6 |
| 2005 | 12    | 19.1 | 63.4 | 62.8 | 99.2  | 72.8  | 26.4 | 54.1 | 6.1  | 17.5 | 36.7 |
| 2006 | 51.2  | 28.6 | 46.6 | 46.8 | 61    | 115.3 | 55.4 | 63.7 | 14.4 | 4.8  | 15.4 |
| 2007 | 18    | 1.4  | 15.9 | 63.9 | 47.2  | 84.7  | 43.6 | 25   | 8.8  | 35.1 | 8    |
| 2008 | 18.4  | 50   | 66.5 | 44.7 | 113.8 | 28.9  | 44   | 15.6 | 0    | 14   | 30.2 |
| 2009 | 24.1  | 17.8 | 38   | 63.4 | 51.1  | 60.3  | 32   | 46.5 | 53   | 18.6 | 44.6 |
| 2010 | 121   | 26.4 | 56.4 | 63.9 | 60.7  | 196.7 | 42.3 | 65.6 | 11   | 91.5 | 62.1 |

V dalším kroku byly takto seřazené hodnoty následně korelovány Spearmanovou korelací v podstatě po sloupcích. V prvním sloupci stály hodnoty výnosů určité plodiny, v druhém sloupci potom stály hodnoty indexů pro jednotlivé týdny, dvoutýdny a čtyřtýdny. Takto proběhla korelace přes všechny sloupce od prvního k poslednímu, tudíž pro týdenní agregace bylo vypočteno 31, pro dvoutýdenní agregaci 15 a pro čtyřtýdenní agregaci 11 Spearmanových koeficientů pořadové korelace. Vzorec Spearmanovi korelace je možné vidět níže.

$$r_s = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \sum_{i=1}^n (R_i - Q_i)^2 \quad (11)$$

Kde  $n$  je počet znaků určité veličiny (v našem případě buďto 31, 15 nebo 11),  $R_i$  a  $Q_i$  je pořadí v řadě za sebou vzestupně uspořádaných znaků veličiny (v našem případě  $R_i$  je pořadí v řadě za sebou vzestupně uspořádaných výnosů plodin v letech 2001 až 2010 a  $Q_i$  je pořadí v řadě za sebou vzestupně uspořádaných hodnot indexů pro určitý týden, dvoutýden či čtyřtýden)

Následně byl pro každý Spearmanův koeficient korelace vypočítán i test nulovosti (takzvaná p.value), který byl následně porovnán s hladinou významnosti 0.05. Hodnoty korelace s p.value menší než hladina významnosti 0.05 byly brány jako výsledné hodnoty a dále byly použity pro prezentaci výsledků. Pro ilustraci jsou

uvedeny v **tabulce 12** výsledné Spearmanovi koeficienty pořadové korelace a jejich testy nulovosti (p.value) pro čtyřtýdenní krok.

**Tabulka 12: Výsledné hodnoty Spearmanovi korelace a jejich hodnoty testu nulovosti (autor)**

| Čtyřtýden | korel. koef | p.value  |
|-----------|-------------|----------|
| 1         | 0,2606061   | 0,467089 |
| 2         | 0,6606061   | 0,037588 |
| 3         | -0,0545455  | 0,881036 |
| 4         | 0,2484848   | 0,488776 |
| 5         | -0,4787879  | 0,161523 |
| 6         | 0,0787879   | 0,828717 |
| 7         | 0,0666667   | 0,854813 |
| 8         | -0,2121212  | 0,556306 |
| 9         | 0,2969697   | 0,404702 |
| 10        | 0,1636364   | 0,651477 |
| 11        | 0,2606061   | 0,467089 |

Pro další prezentaci byly porovnávány zemědělské výnosy přímo s agregovanými indexy, u kterých p.value byla menší než 0.05. (pro ilustraci zelené políčko v tabulce 12) Tyto zemědělské výnosy spolu s agregovanými indexy pro jednotlivé týdny, dvoutýdny a čtyřtýdny je možné vidět graficky v **přílohách 10 až 61**. Tato jednotlivá období (týdny, dvoutýdny a čtyřtýdny) jsou v další části nazývány jako kritické. V podstatě se jedná o hodnoty s největší korelací, tudíž by mohly reprezentovat dané období sucha jako jeden z hlavních činitelů ovlivňujících výsledný výnos.

Pro zjištění mezních hodnot jednotlivých indexů byly vypočteny 0 – 30 % kvantily v 5 % kroku. Tyto kvantily byly vypočítány z hodnot z celého vegetačního období (tedy ze všech 31 týdnů, 15 dvoutýdnů či 11 čtyřtýdnů) z celé časové řady 2001 - 2010. Při stanovení mezních hodnot indexů se vycházelo ze „Zprávy o řešení grantového projektu Bezpečnostního výzkumu MV na ČZU“ kde byly mezní hodnoty kvalifikovány do tří skupin. Hodnoty menší jak kvantil 25% jsou označovány jako zvýšené riziko, hodnoty menší jak kvantil 15% jsou označovány jako vysoké riziko a naposled hodnoty menší jak kvantil 5% jsou brány jako extrémní riziko. Stav ohrožení agronomickým suchem lze posuzovat na základě mezních hodnot zvolených indexů.

## 3 Výsledky

V této části práce budou výsledky jednotlivých výpočtů agronomického sucha v obou lokalitách prezentovány pomocí grafů, kde lze vidět hodnoty korelačních koeficientů všech zájmových indexů agronomického sucha vůči vždy jedné ze zájmových plodin. Dále pak je možné vidět v přílohách grafy období s největší korelací, kde jsou vyobrazeny hodnoty indexů pro dané období (týden, dvoutýden, čtyřtýden) spolu s výnosy.

Poněvadž výsledky pro zájmové území Blšany nebyly úplně jednoznačné, byly vypočítány i indexy s hydrometeorologickými daty ze zájmového území Louny. Tento krok bylo možné provést, jelikož zájmové území Blšany je součástí zájmového území Louny. Výsledky ze zájmového území Louny vyšly o poznání lépe.

### 3.1 Výsledky v zájmovém území Blšany

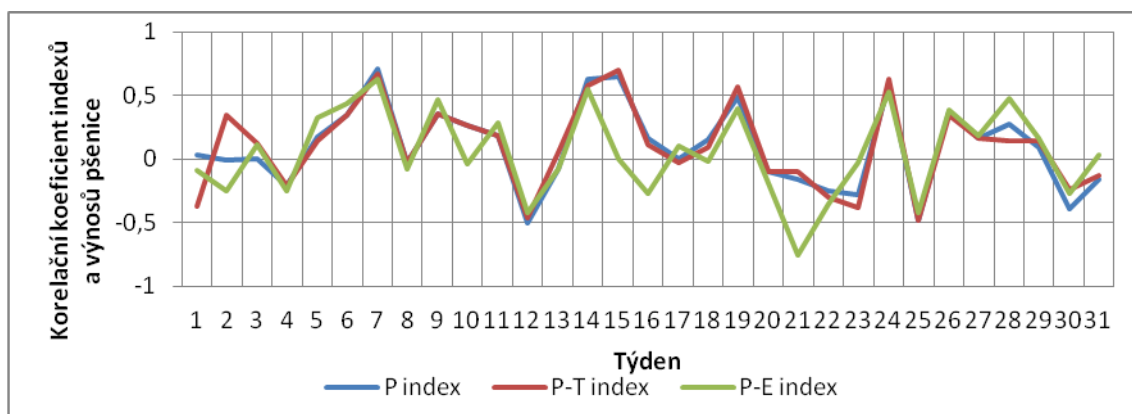
V zájmovém území Blšany se výsledky agronomických indexů neprojevily dost jednoznačně ale s jistým odstupem se dá říci, že pro pšenici se projevila jako kritická období 7. či 15. týden, 8. dvoutýden a 4. čtyřtýden. Pro ječmen jarní se projevila jako kritická období též 7. či 15. týden, 8. dvoutýden a 9. čtyřtýden. Pro řepku se kritickými obdobími staly 7. nebo 27. týden, 1. dvoutýden a pro čtyřtýdenní období je výsledek dost nejednoznačný.

#### 3.1.1 Korelace indexů sucha s výnosy pšenice

P index v týdenním kroku prokázal pro pšenici jako nejkritičtější fázi (tedy nejvíce korelovanou hodnotu indexu) ve vegetačním období 7. týden a o něco méně korelovaný vyšel 15. týden. Ve dvoutýdenním výpočtu P indexu vyšel nejvíce korelovaný 8. dvoutýden, který byl potvrzen i výpočtem P indexu s daty srážek z Loun, kde vyšla korelace ještě těsněji. Vše potvrzuje výpočet indexu ve čtyřtýdenním kroku, který byl vypočítán též s daty z Loun, kdy nejkorelovanější hodnotou je 4. čtyřtýden, který v sobě zahrnuje jak 8. dvoutýden tak 15. týden. V **přílohách 10 až 12**. lze vidět výše zmiňované korelace. Obdobně dopadl výsledek P-T indexu, kdy nejkorelovanější byl 15. týden v týdenním kroku (o něco méně korelovaný vyšel 7. týden), 8. dvoutýden

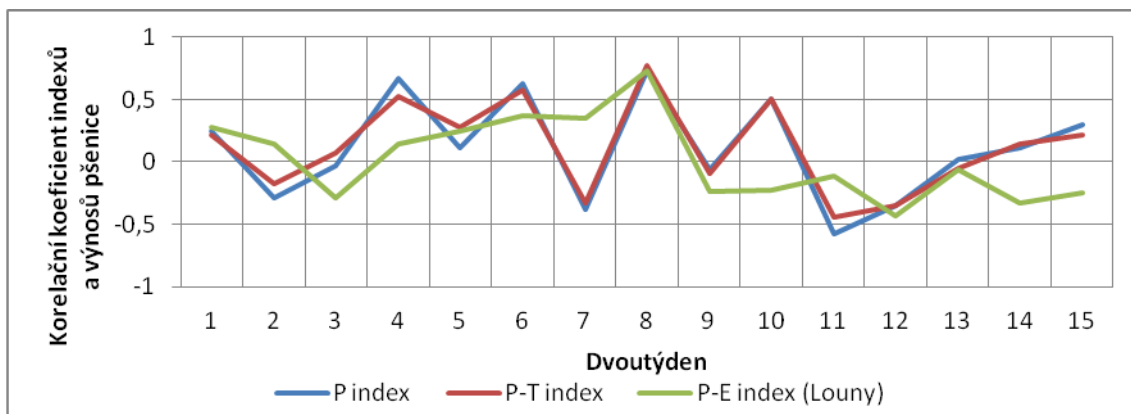
ve dvoutýdenním kroku (taktéž potvrzen výpočtem P-T indexu s daty z Loun) a 4. čtyřtýden ve čtyřtýdenním kroku (s daty z Loun, poněvadž s daty z Blšan se žádné období neprojeví). V **přílohách 13 až 15** je možné vidět tato korelovaná období. Ne příliš jednoznačně vypadal výsledek P-E indexu, kdy pro týdenní krok vyšla záporná korelace pro 21. týden. Pro dvoutýdenní krok vyšel index s daty z Blšan také se zápornou korelací a to pro 11. dvoutýden, pro index s daty z Loun vyšel 8. dvoutýden. Pro čtyřtýdenní krok se žádné korelované období neprojeví s indexem vypočítaným pomocí dat z Blšan. Při použití dat z Loun pro výpočet tohoto indexu pak pro čtyřtýdenní krok vyšel 3. a 4. čtyřtýden těsně za ním. V **přílohách 16 až 19** lze vidět korelovaná období i s výše zmiňovanými zápornými korelacemi.

Na **obrázcích 11 až 13** lze vidět průběh výše zmiňovaných indexů v týdenním, dvoutýdenním a čtyřtýdenním kroku. Jak je možné vidět v těchto grafech, nekorelovanější období je 7. týden v týdenním kroku, 8. dvoutýden ve dvoutýdenním kroku a 4. čtyřtýden ve čtyřtýdenním kroku.

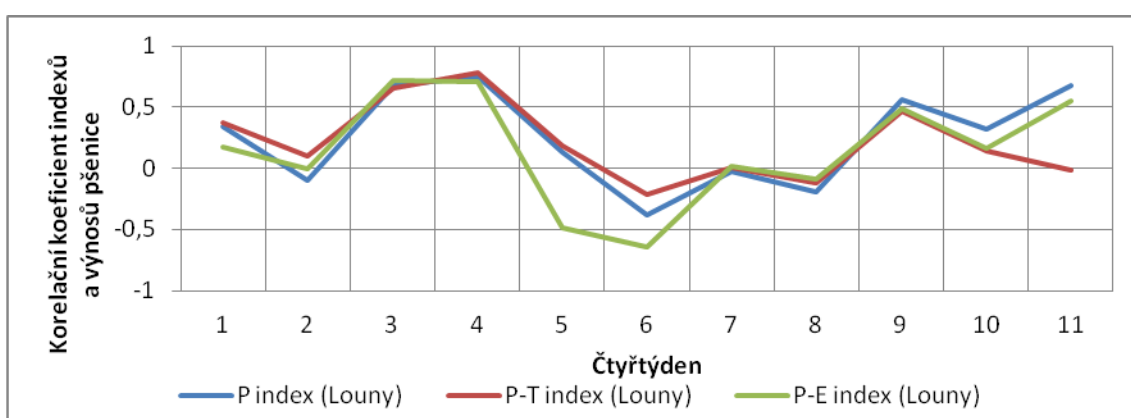


**Obrázek 11: Srovnání indexů agronomického sucha pro pšenici v týdenním kroku (autor)**





Obrázek 12: Srovnání indexů agronomického sucha pro pšenici ve dvoutýdenním kroku (autor)



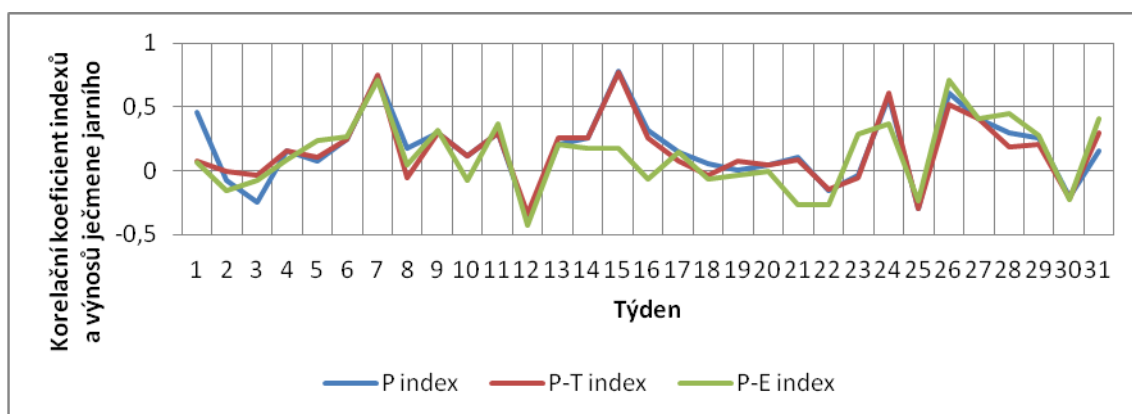
Obrázek 13: Srovnání indexů agronomického sucha pro pšenici ve čtyřtýdenním kroku (autor)

### 3.1.2 Korelace indexů sucha s výnosy ječmene jarního

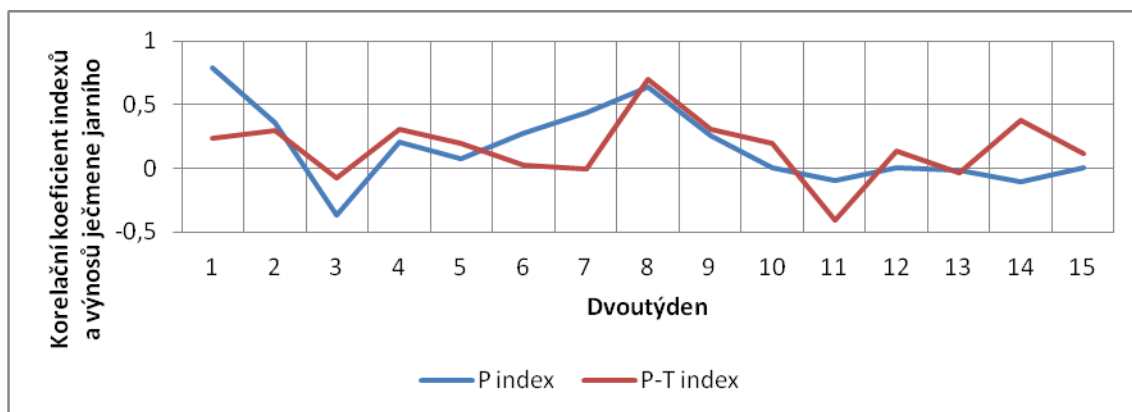
P index pro ječmen jarní v týdenním kroku vyšel v podstatě obdobně jako P index pro pšenici a to nejkorelovanějším obdobím 15. a těsně za ním 7. týdnem. Pro dvoutýdenní krok s použitím dat z Blšan se kritické období neprojevovalo, s použitím dat z Loun vyšel jako kritický 1. a 8. dvoutýden těsně za ním. Pro čtyřtýdenní období se taktéž neprojevil index z Blšan, z Loun se stal kritickým 9. čtyřtýden. Zmiňované hodnoty v grafech lze vidět v **přílohách 20 až 22**. P-T index vykázal podobné hodnoty jako P index. V týdenním kroku vyšel nejkorelovanějším týdnem 15. a 7. týden těsně za ním. Ve dvoutýdenním kroku pak kritickým obdobím vyšel 8. dvoutýden. Ve čtyřtýdenním kroku se projevil taktéž 9. čtyřtýden, s použitím dat z Loun. Tyto hodnoty je možné pozorovat v **přílohách 23 až 25**. P-E index pro ječmen jarní nevyšel vůbec příznivě. Pro týdenní krok vyšel jako kritický 7. týden. Pro dvoutýdenní agregaci bohužel nevyšel kritický žádný dvoutýden ani s použitím dat z Loun. Pro čtyřtýdenní

krok vyšel kritický 9. čtyřtýden s použitím dat z Loun. Grafy těchto kritických hodnot je možné vidět v **přílohách 26 a 27**.

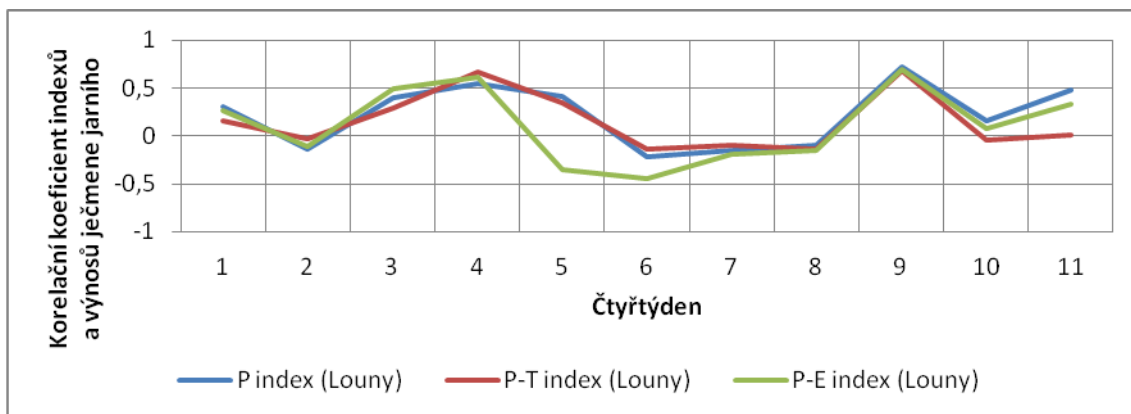
Jak vyplývá z grafů na **obrázcích 14 až 16** za pomoci dat z Loun se jeví nejkritičtějším obdobím 7. týden v týdenním kroku, 8. dvoutýden ve dvoutýdenním kroku a 9. čtyřtýden ve čtyřtýdenním kroku. Jak je možné vidět na **obrázku 15**, chybí hodnoty indexu P-E poněvadž se neprojevalo žádné kritické období ani s využitím dat z Loun.



**Obrázek 14: Srovnání indexů agronomického sucha pro ječmen jarní v týdenním kroku (autor)**



**Obrázek 15: Srovnání indexů agronomického sucha pro ječmen jarní ve dvoutýdenním kroku (autor)**

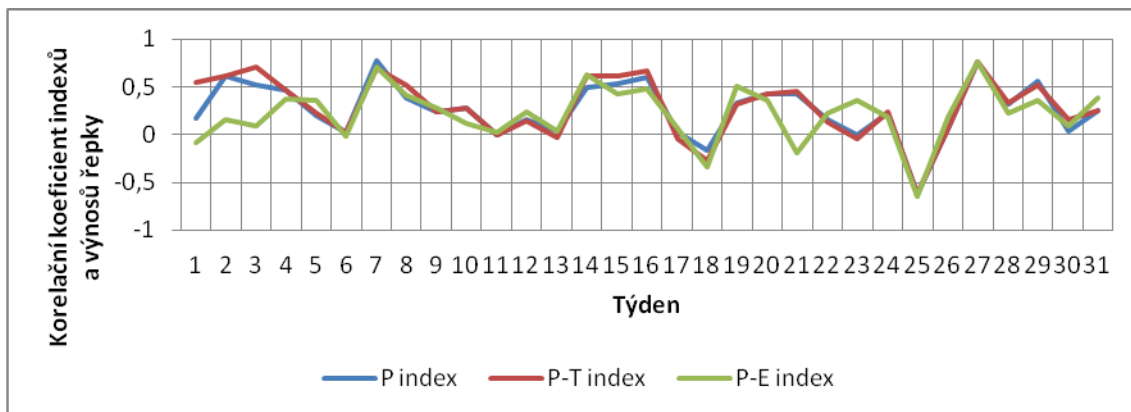


Obrázek 16: Srovnání indexů agronomického sucha pro ječmen jarní ve čtyřtýdenním kroku (autor)

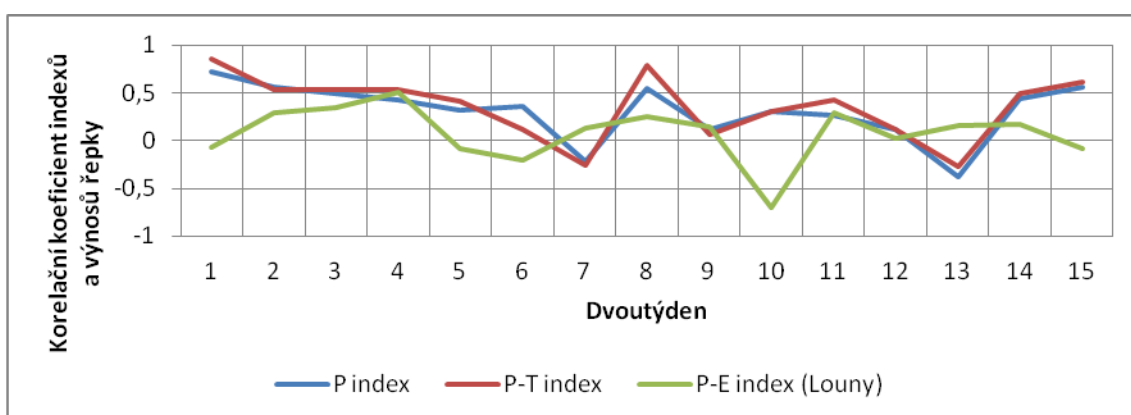
### 3.1.3 Korelace indexů sucha s výnosy řepky

P index řepky pro týdenní krok vykázal jako kritickou hodnotu 7. a 27. týden těsně za ním. Ve dvoutýdenním kroku vyšel jako kritický 1. dvoutýden a ve čtyřtýdenním kroku vyšel nekorelovanější 1. čtyřtýden. Korelace pro tyto hodnoty je možné vidět v **přílohách 28 až 30**. Pro P-T index v týdenním kroku vyšla jako kritická hodnota 27. týden. Ve dvoutýdenním kroku vyšel jako kritický 1. dvoutýden a ve čtyřtýdenním kroku 11. čtyřtýden, který vykázal zápornou korelaci. Hodnoty těchto korelací i se zmíněnou zápornou korelací lze vidět v **přílohách 31 až 33**. Nejkorelovanějším obdobím u P-E indexu pro týdenní krok vyšel 27. a 7. týden těsně za ním. Ve dvoutýdenním kroku se prokázal za pomoci dat z Loun jako nekorelovanější období 10. dvoutýden a taktéž díky datům z Loun byl vyhodnocen 2. čtyřtýden ve čtyřtýdenním kroku jako nejkorelovanější. Korelaci k těmto kritickým hodnotám lze vidět v **přílohách 34 až 36**.

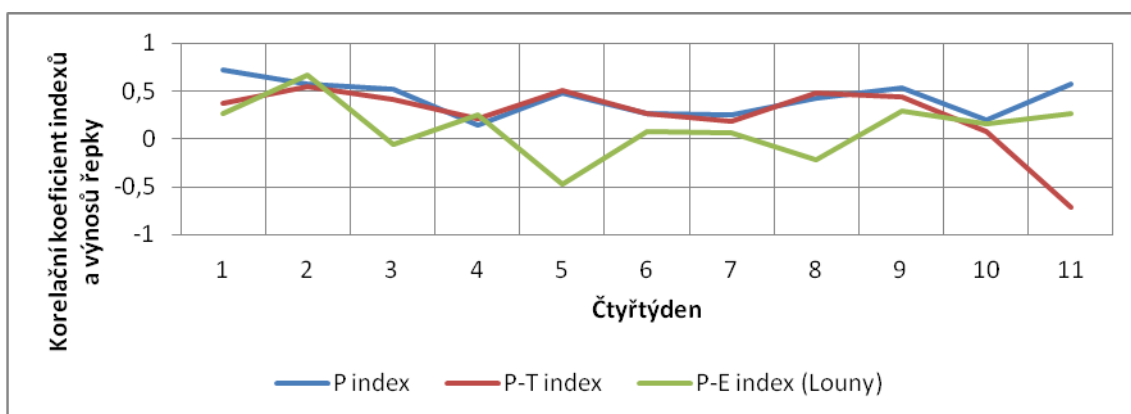
Z předchozího vyplývá, že nejkritičtějšími hodnotami ve vegetačním období jsou 27. týden v týdenním kroku, 1. dvoutýden ve dvoutýdenním kroku a u čtyřtýdenního kroku je výsledek nejednoznačný. Toto potvrzují i grafy na **obrázcích 17 až 19**.



Obrázek 17: Srovnání indexů agronomického sucha pro řepku v týdenním kroku (autor)



Obrázek 18: Srovnání indexů agronomického sucha pro řepku ve dvoutýdenním kroku (autor)



Obrázek 19: Srovnání indexů agronomického sucha pro řepku ve čtyřtýdenním kroku (autor)

V **tabulkách 13 až 15** jsou uvedeny mezní hodnoty jednotlivých indexů pro zájmové území Blšany.

**Tabulka 13: Mezní hodnoty P indexu pro zájmové území Blšany (autor)**

| <b>P index</b>   | extrémní<br>riziko<br>< Q5% | vysoké<br>riziko<br>< Q15% | zvýšené<br>riziko<br>< Q25% |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Týdenní krok     | 0.000                       | 0.235                      | 1.650                       |
| Dvoutýdenní krok | 0.000                       | 3.135                      | 9.275                       |
| Čtyřtýdenní krok | 1.400                       | 12.665                     | 18.000                      |

**Tabulka 14: Mezní hodnoty P-T indexu pro zájmové území Blšany (autor)**

| <b>P-T index</b> | extrémní<br>riziko<br>< Q5% | vysoké<br>riziko<br>< Q15% | zvýšené<br>riziko<br>< Q25% |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Týdenní krok     | 0.000                       | 0.011                      | 0.112                       |
| Dvoutýdenní krok | 0.000                       | 0.173                      | 0.608                       |
| Čtyřtýdenní krok | 0.000                       | 1.021                      | 1.634                       |

**Tabulka 15: Mezní hodnoty P-E indexu pro zájmové území Blšany (autor)**

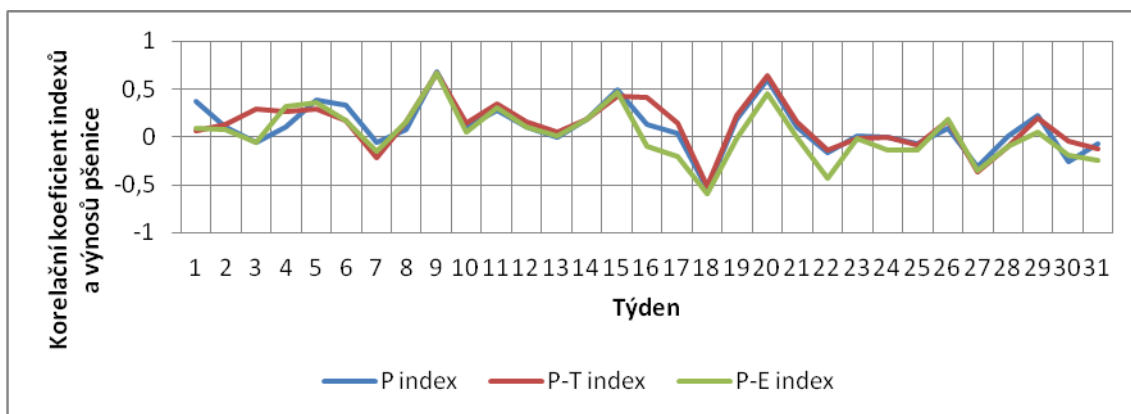
| <b>P-E index</b> | extrémní<br>riziko<br>< Q5% | vysoké<br>riziko<br>< Q15% | zvýšené<br>riziko<br>< Q25% |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Týdenní krok     | 0.000                       | 0.029                      | 0.151                       |
| Dvoutýdenní krok | 0.000                       | 0.196                      | 0.454                       |
| Čtyřtýdenní krok | 0.123                       | 0.528                      | 0.662                       |

### 3.2 Výsledky v zájmovém území Louny

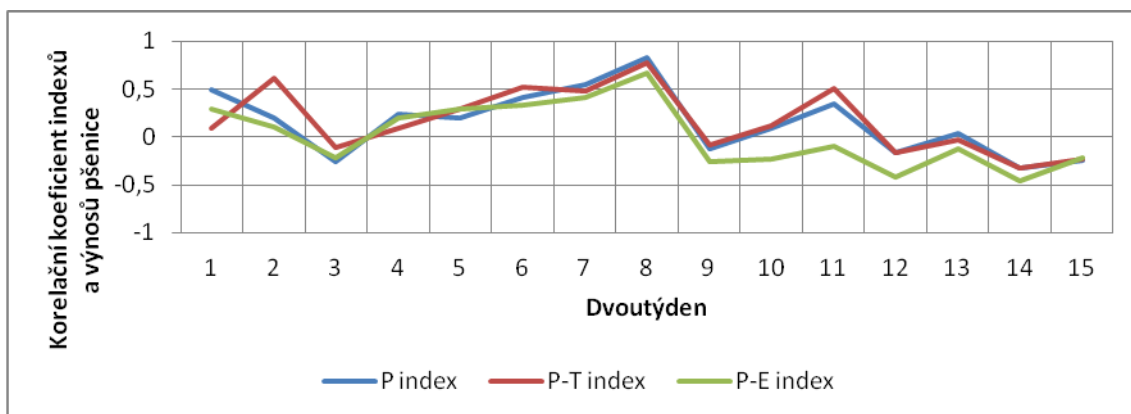
Výsledky zájmových indexů z tohoto území vyšly o poznání lépe oproti zájmovému území Blšany. Lze říci, že výsledky jsou dosti jednoznačné. Pro pšenici se projevila jako kritická období 9. týden, 8. dvoutýden a 4. čtyřtýden. Pro ječmen jarní se projevila jako kritická období též 9. týden, 7. dvoutýden a 4. čtyřtýden. A pro řepku se kritickými obdobími staly 14. týden, 7. dvoutýden a 4. čtyřtýden. Pro řepku se projeví též záporné korelace naznačující nadměrnou vlhkost a to v 10. dvoutýdnu a 5. čtyřtýdnu.

### 3.2.1 Korelace indexů sucha s výnosy pšenice

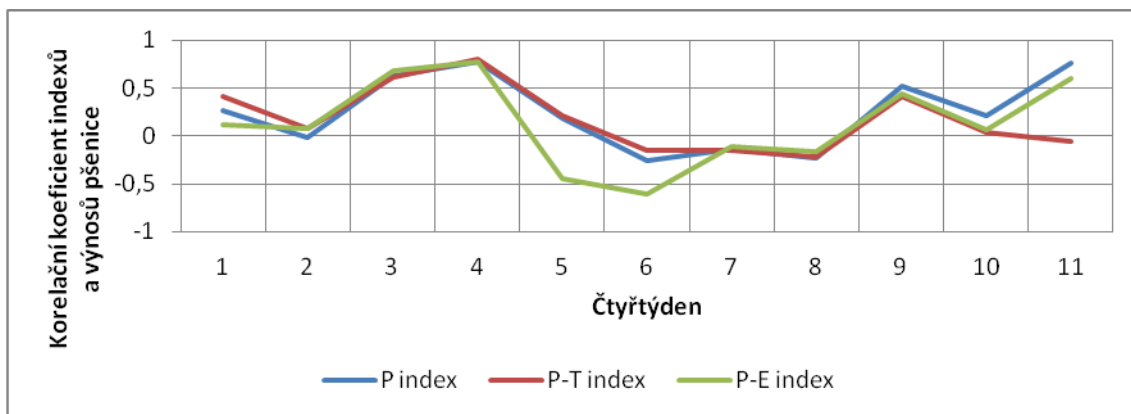
Jako kritická hodnota pro pšenici u všech zájmových indexů se projevil 9. týden v týdenním kroku, pro dvoutýdenní krok se stal nekorelovanější 8. dvoutýden a pro čtyřtýdenní krok je kritický 4. čtyřtýden. Tyto výsledky reprezentují grafy na **obrázcích 20 až 22**. Výsledné korelace kritických hodnot P indexu lze vidět v **přílohách 37 až 39**. Výsledné hodnoty kritických hodnot P-T indexu lze vidět v **přílohách 40 až 42** a výsledné hodnoty za P-E index lze vidět v **přílohách 43 až 35**.



Obrázek 20: Srovnání indexů agronomického sucha pro pšenici v týdenním kroku (autor)



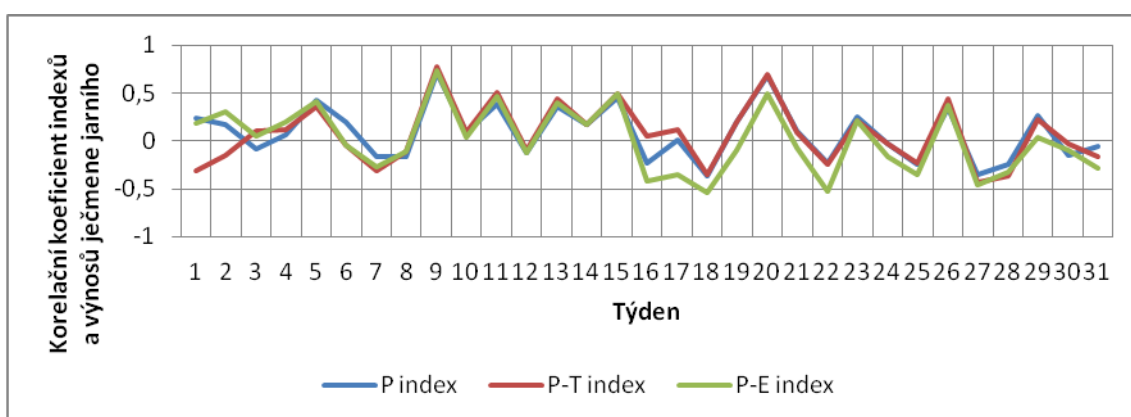
Obrázek 21: Srovnání indexů agronomického sucha pro pšenici ve dvoutýdenním kroku (autor)



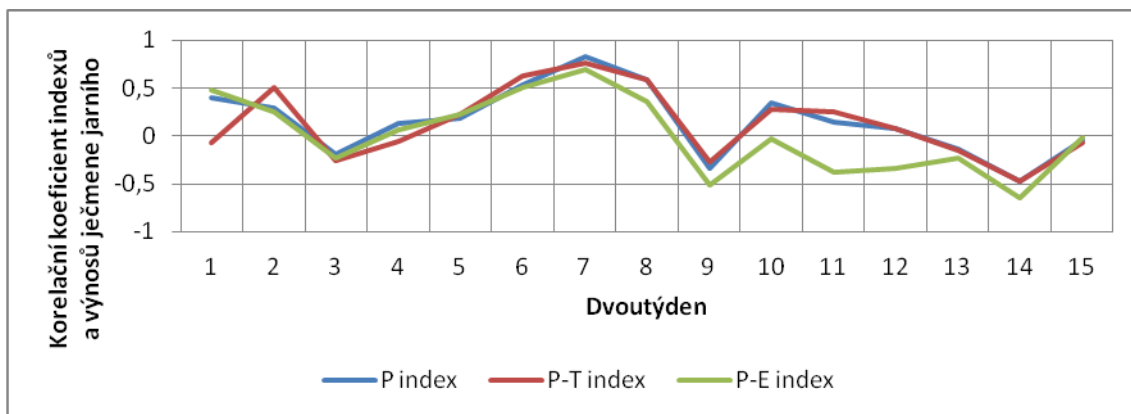
Obrázek 22: Srovnání indexů agronomického sucha pro pšenici ve čtyřtýdenním kroku (autor)

### 3.2.2 Korelace indexů sucha s výnosy ječmene jarního

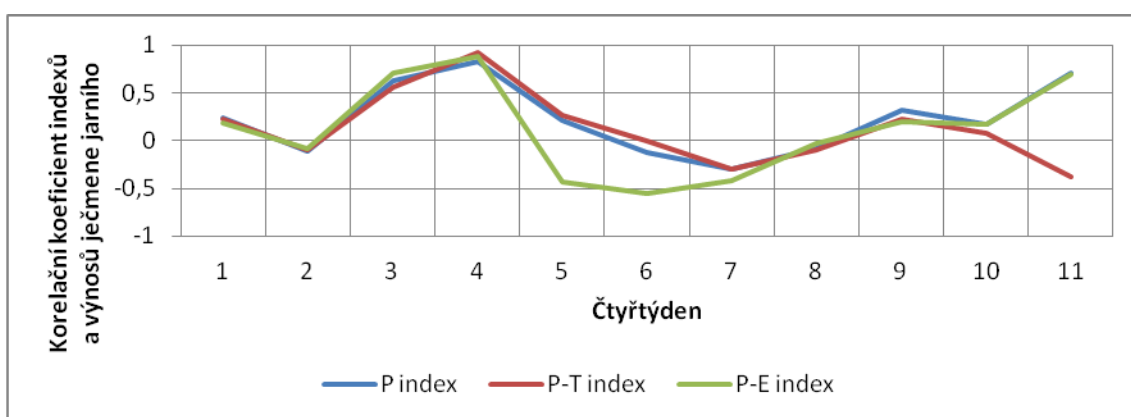
Výsledky indexů pro ječmen jarní jsou téměř shodné s výsledky pro pšenici. Jako kritická hodnota všech zájmových indexů pro ječmen jarní v týdenním kroku vyšel 9. týden. Pro dvoutýdenní krok je kritickou hodnotou 7. dvoutýden a pro čtyřtýdenní krok též 4. čtyřtýden, jak tomu bylo i u pšenice. Korelace těchto kritických hodnot pro P index je možné vidět v **přílohách 46 až 48**, pro P-T index v **přílohách 49 až 51** a pro P-E index pak v **přílohách 52 až 54**. Výše zmíněné hodnoty s nejužší korelací lze přehledně vidět v grafech na **obrázcích 23 až 25**.



Obrázek 23: Srovnání indexů agronomického sucha pro ječmen jarní v týdenním kroku (autor)



Obrázek 24: Srovnání indexů agronomického sucha pro ječmen jarní ve dvoutýdenním kroku (autor)



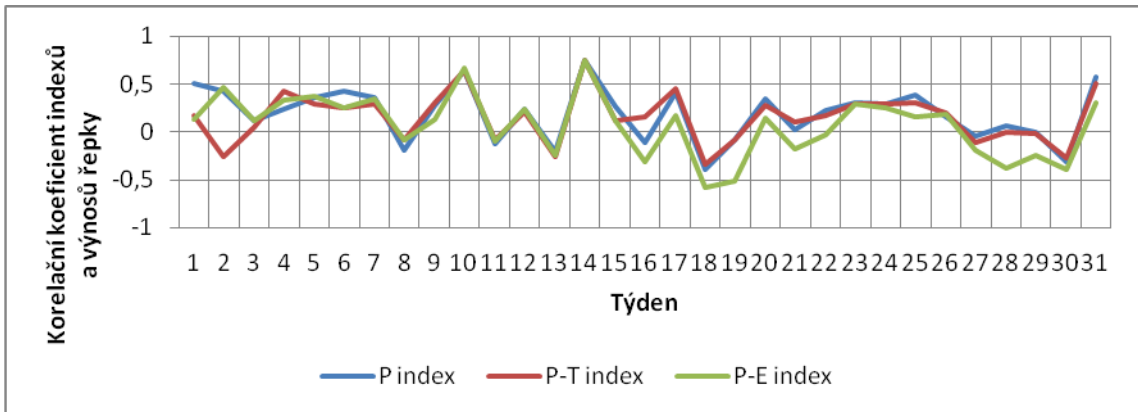
Obrázek 25: Srovnání indexů agronomického sucha pro ječmen jarní ve čtyřtýdenním kroku (autor)

### 3.2.3 Korelace indexů sucha s výnosy řepky

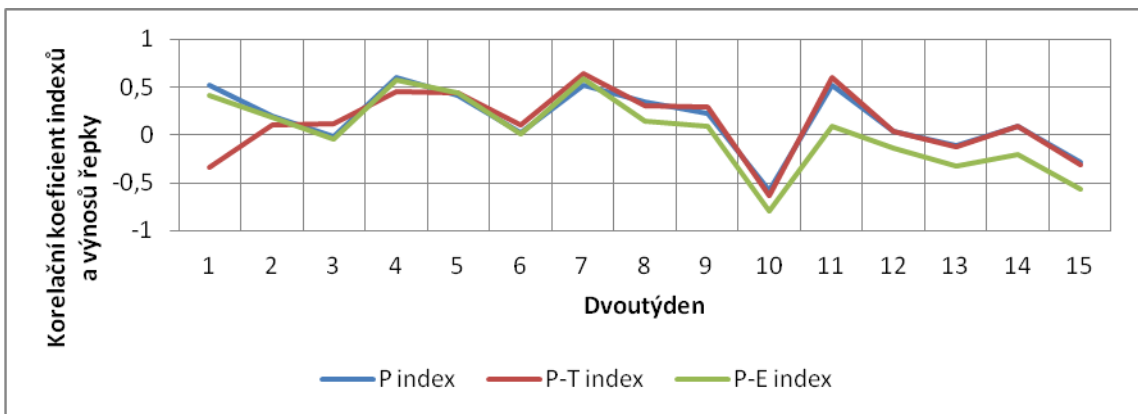
Výsledky indexů agronomického sucha pro řepku už tak jednoznačné nebyly. Kritická hodnota pro P index v týdenním kroku vyšla jako 14. týden. Ve dvoutýdenním kroku se kritická hodnota pro P index neprojevila. Pro čtyřtýdenní krok vyšla kritická hodnota jako 4. čtyřtýden. Korelace k těmto hodnotám lze vidět v **přílohách 55 a 56**. P-T index pro týdenní krok vykázal jako kritickou hodnotu taktéž 14. týden. Pro dvoutýdenní krok je kritická hodnota indexu 7. dvoutýden. Pro čtyřtýdenní krok se kritická hodnota indexu neprojevila. Korelace pro tyto hodnoty je možné vidět v **přílohách 57 a 58**. P-E index pro týdenní krok vykázal kritickou hodnotu jako předešlé indexy a to 14. týden. Pro dvoutýdenní krok jako kritická hodnota vyšla záporná korelace pro 10. dvoutýden. To se potvrdilo zápornou korelací v čtyřtýdenním kroku, kde vyšla kritická hodnota jako záporná korelace pro 5. čtyřtýden. Korelace pro tyto hodnoty lze vidět v **přílohách 59 až 61**. Výše zmíněné hodnoty lze pozorovat



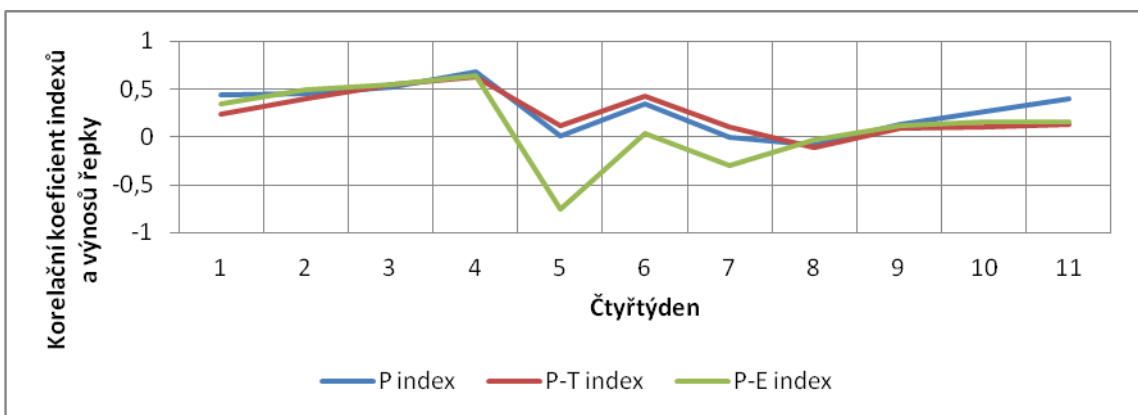
v grafech na **obrázcích 26 až 28**, kde lze s jistotou říci, že se hodnoty všech indexů sešly pouze v týdenním kroku na 14. týdnu.



**Obrázek 26: Srovnání indexů agronomického sucha pro řepku v týdenním kroku (autor)**



**Obrázek 27: Srovnání indexů agronomického sucha pro řepku ve dvoutýdenním kroku (autor)**



**Obrázek 28: Srovnání indexů agronomického sucha pro řepku ve čtyřtýdenním kroku (autor)**

V **tabulkách 16 až 18** jsou uvedeny mezní hodnoty jednotlivých indexů pro zájmové území Louny.

**Tabulka 16: Mezní hodnoty P indexu pro zájmové území Louny (autor)**

| <b>P index</b>   | extrémní<br>riziko<br>< Q5% | vysoké<br>riziko<br>< Q15% | zvýšené<br>riziko<br>< Q25% |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Týdenní krok     | 0.000                       | 0.935                      | 2.500                       |
| Dvoutýdenní krok | 1.990                       | 6.935                      | 10.250                      |
| Čtyřtýdenní krok | 6.820                       | 13.405                     | 22.125                      |

**Tabulka 17: Mezní hodnoty P-T indexu pro zájmové území Louny (autor)**

| <b>P-T index</b> | extrémní<br>riziko<br>< Q5% | vysoké<br>riziko<br>< Q15% | zvýšené<br>riziko<br>< Q25% |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Týdenní krok     | 0.000                       | 0.059                      | 0.167                       |
| Dvoutýdenní krok | 0.035                       | 0.433                      | 0.887                       |
| Čtyřtýdenní krok | -11.590                     | 1.349                      | 1.995                       |

**Tabulka 18: Mezní hodnoty P-E indexu pro zájmové území Louny (autor)**

| <b>P-E index</b> | extrémní<br>riziko<br>< Q5% | vysoké<br>riziko<br>< Q15% | zvýšené<br>riziko<br>< Q25% |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Týdenní krok     | 0.000                       | 0.158                      | 0.358                       |
| Dvoutýdenní krok | 0.161                       | 0.421                      | 0.591                       |
| Čtyřtýdenní krok | 0.461                       | 0.654                      | 0.793                       |

## Diskuse

Je jisté, že celkový výnos neovlivňuje pouze sucho, ale má na něj vliv mnoho faktorů. Jen zběžně uvedu promrzlost půdy na začátku vegetačního období, použitá agrotechnika, samotná vláhová potřeba rostliny, nadměrná vlhkost v době sklizně, dokonce i krátká povětrnostní situace jako krupobití, to vše má vliv na celkový výnos zemědělských plodin. Zůstává tedy otázkou, nakolik jsou tyto indexy sucha pravdivé a spolehlivé. Dá se předpokládat, že jakmile vykáže více indexů agronomického sucha, které jsou založeny na různých vstupních datech, stejné výsledky, roste pravděpodobnost toho, že na výsledný výnos mělo sucho opravdu určitý vliv.

V předchozích letech byly na Fakultě životního prostředí řešeny podobné projekty na výzkum agronomického sucha pro okresy Litoměřice, Rakovník, Louny, Žatec, Kutná Hora, Chrudim, Svatouš, Litomyšl, Náchod, Broumov, Hradec Králové, Pardubice, Nymburk, Brandýs nad Labem, Břeclav, Znojmo, Uherské Hradiště. Ve většině případů se prokázalo, že největší vliv sucha na výnos je v období května. Tato práce tento fakt potvrzuje, aspoň co se týče indexů vypočítaných ze zájmového území Louny.

Bohužel výsledky indexů agronomického sucha na zájmovém území Blšany nevyšly úplně přesvědčivě. I s podporou ze strany výpočtu indexů s daty z Loun nebyl výsledek o mnoho přesvědčivější. Otázkou je, proč je tento výsledek tak nepřesný. Jednou z možností je, že meteorologická data pro území Blšany byla pořízena ze stanice, která se nenachází přímo na zájmovém území. Proto výsledné korelace nevyšly tak těsně, jak by bylo potřeba. Další možností je, že desetiletá řada dat nebyla dostatečně dlouhá na to, aby se korelace projevíly, poněvadž se charakteristické vlastnosti statistických jednotek odrážejí lépe ve velkých statistických souborech než v souborech malých. (zákon velkých čísel) Je možné, že na určení specifického trendu klimatu (sucho v určitém období) takto dlouhá řada hydrometeorologických dat též nebyla dostatečná. V tomto ohledu vyšly lépe výsledky u některých výše zmíněných projektů řešených v minulosti na Fakultě životního prostředí, kdy byly zpracovány časové řady vstupních hodnot o délce 40 let.

Odlišnost výsledků indexů agronomického sucha z obou lokalit je přesto k podivu. Ačkoliv agronomické sucho disponuje poměrně velkou prostorovou variabilitou, lokalita Blšany je v podstatě součástí lokality Louny a rozdílnost výsledků jejich indexů není zanedbatelná.

Ačkoliv zrovna použité indexy mají tu výhodu, že jejich vstupní data se vyskytují v husté měřičské síti a v relativně dlouhých časových řadách, je přesto v dnešní době složité pro tak malá území, jakým je i povodí řeky Blšanky, vypočítat indexy sucha. A to z důvodu toho, že malá zemědělská družstva v dnešní době disponují pouze krátkými časovými řadami (řádově patnáctileté časové řady) o údajích sklizní a hektarových výnosů jednotlivých zemědělských plodin. Český statistický úřad shromažďuje údaje o sklizních a hektarových výnosech zemědělských plodin jednotlivých zemědělských podniků, avšak nemůže je poskytnout z důvodu zákonné ochrany individuálních údajů. Tyto údaje publikuje jen jako agregovaná anonymní data v rámci údajů za okresy. Tyto údaje za okresy jsou v dnešní době dostupné jen do roku 2001, dále se tyto údaje publikují už jen za kraje.

Určitou možností jak zpřesnit výsledky z Blšan, je získat zemědělské výnosy z více zemědělských podniků v okolí Blšan a na základě osevních ploch vypočítat vážený průměr zemědělských výnosů jednotlivých plodin. Tím by se získal daleko přesnější výsledek, vypovídající o reálné zemědělské situaci v území Blšany. Dále by bylo vítané opatřit si meteorologická data (nejlépe v denním kroku) přímo ze zájmové oblasti Blšany a s těmito daty si pomocí modelu Bilan vypočítat aktuální a potencionální evapotranspiraci. Takto pořízená data jsou předpokladem pro podstatně lepší výsledek.

## Závěr

Sucho, jako jeden z komplexních pojmů, který zdaleka neznamená jen lidové „už fakt dlouho nepršelo“, patří k přirozeným, přesto závažným ekologickým jevům. Tento termín bude s přibývajícím lidskou populací stále používanějším pojmem a to nejen proto, že se pitná voda v některých oblastech světa stává vzácností ale i proto, že počet lidí, kteří nedisponují dostatkem pitné vody, se neustále zvyšuje. Je prokázáno, že zásoby podzemní vody dlouhodobě klesají i v České republice.

Základní myšlenkou této práce bylo, potvrdit výskyt agronomického sucha na území České republiky. Tedy potvrdit skutečnost, že se sucho jako klimatický jev podílí nemalou měrou na výsledném výnosu zemědělských plodin. Pro posouzení vlivu agronomického sucha na zemědělské plodiny byly vybrány dvě reprezentativní lokality, kterými byly povodí řeky Blšanky a okres Louny. Tyto lokality mají mnoho společného, nejen že je povodí řeky Blšanky součástí okresu Louny, ale i to, že jsou obě tyto lokality známé tím, že se nachází ve srážkovém stínu Krušných hor.

Posuzování agronomického sucha v těchto lokalitách probíhalo skrze výpočty indexů agronomického sucha s nižší náročností na vstupní data i na výpočet. Použitými indexy byly P index, P-T index a P-E index. Složitější indexy sucha jakými jsou již zmiňovaný Palmerův index závažnosti sucha i jeho element Z-index nebyly pro tuto práci použity, poněvadž byly v minulosti shledány jako méně vhodné pro tento druh výzkumu. Vybranými plodinami, na kterých byl vliv sucha na jejich výnosy posuzován, byly pšenice, ječmen jarní a řepka olejka.

Cílem této práce bylo najít pomocí výpočtů indexů agronomického sucha vztah mezi zemědělskými výnosy a suchem v těchto dvou zájmových lokalitách. U lokality Louny se jasně prokázalo, že jistý vliv na výnosy pšenice a ječmene jarního má sucho v období května. Tento vliv se prokázal i pro řepku olejku avšak s jistým zpožděním, tedy přelom května a června. U lokality Blšany se neprokázal jednotný výsledek a to v tom smyslu, že při korelaci různě dlouhých období (tedy týdnů, dvoutýdnů a čtyřtýdnů) vykazovaly indexy jako výsledek, kdy má sucho vliv na zemědělské výnosy, vždy odlišné časové úseky ve vegetačním období plodin. Tudíž se nedá s jistotou říci, poněvadž indexy nepodalý jednoznačnou informaci, který časový úsek ve vegetačním období má skrze sucho vliv na zemědělské výnosy.

Práce může být jasnou ukázkou postupu pro výzkum agronomického sucha na relativně malých územích a předkládá fakt, že je potřeba mít vstupní hydrometeorologická data přímo z území, na kterém je výzkum řešen a co nejvíce reprezentativních vzorků<sup>13</sup> dat o výnosech zemědělských plodin pro možnost objektivní interpretace zemědělské situace na řešeném území. Tento případ platí pro lokalitu Blšany. Na druhou stranu práce ukazuje, že se dá i při relativně krátké časové řadě (10 let) vstupních dat dojít k úspěšným výsledkům. A to za předpokladu, že máme kvalitní hydrometeorologická data přímo z území a data o výnosech zemědělských plodin, které reprezentují zemědělskou situaci na celém řešeném území. Tento případ platí pro lokalitu Louny.

---

<sup>13</sup> myšleno co nejvíce dat o výnosech zemědělských plodin z více zemědělských společností

## Seznam použitých zdrojů informací

- [1] **ALLABY M., 2003:** *Droughts* – přepracované vydání, Facts on File Incorporated, New York, ISBN 08-160-4793-6, 212 stran
- [2] **BLINKA P., 2002:** *Metoda hodnocení sucha*, Česko-slovenská bioklimatická konference, Lednice na Moravě 2.-4. září 2002, ISBN 80-85813-99-8, strany 32-44
- [3] **NOVICKÝ O., 2011:** *Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR*, VÚV T. G. Masaryka, Praha, 84 stran
- [4] **ROŽNOVSKÝ J. et al., 2012:** *Sucho na území ČR a jeho dopady*, ČHMÚ Praha
- [5] **OGALLO L. J., GBECKOR-KOVE N., 1989:** *Drought and Desertification*, World Meteorological Organization, Geneva, 73 stran
- [6] **ALLEY W. M., 1984:** *The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions*, Journal of climate and applied meteorology, 23, strany 1100-1109
- [7] **PALMER W. C., 1965:** *Meteorological drought*, Research paper No 45. Office of Cimatology, Washington D.C., USA
- [8] **TALLAKSEN L. M., VAN LANEN H. A. J., 2004:** *Hydrological Drought*, (PPT prezentace)
- [9] **RATHORE M. S., 2005:** *State Level Analysis of Drought Policies and Impacts in Rajasthan, India*, International Water Management Institute, Working paper 93 : Drought Series Paper No. 6, Colombo, Sri Lanka, 40 stran
- [10] **BIDWELL J. V., 1973:** *A Methodology for Analysing Angricultural Drought*. In: Schulz E. F., Koelzer V. A., Mahmood K. Floods and Droughts, Proceeding of Second International Symposium in Hydrology, September 11-13, 1972, Fort Collins, Colorado, USA. Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, strany 515-522
- [11] **DRACUP J. A. at al., 1980:** *On Statistical Characteristics of Drought Events*, In: Water Resources Research, vol. 16, no. 2, strany 289 – 296

- [12] **ERIE L. J., 1981:** *Consumptive Use of Water by Major Crops in the Southwestern United States*, Agricultural Research Service, Conservation Research Report Number 29, United States Department of Agriculture
- [13] **SOBÍŠEK B. et al., 1993:** *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*, Academia Praha, (online), [cit.20.1.2013]  
<[http://www.ufa.cas.cz/html/meteo/slovník\\_8/VYKLAD/I\\_vyklad.htm#1018](http://www.ufa.cas.cz/html/meteo/slovník_8/VYKLAD/I_vyklad.htm#1018)>
- [14] **BAGAR R. in ROŽNOVSKÝ J., LITSCHMANN T., 2003:** *Potencionální ohrožení suchem podle souborů lesních typů*, Seminář „Mikroklima porostů“, Brno, ISBN 80-86690\_05-9, strany 115-119
- [15] **EDOM G., 2006:** *Xerophytes*, Chichester Harbour Education, (online), [cit. 10.3.2013]  
<<http://www.conservancy.co.uk/learn/downloads/fieldtrips/xerophytes.pdf>>
- [16] **RAHMAN I. M. M., 2012:** *Water stress in Plants: Causes, effects and Responses*, In: RAHMAN I. M. M., HASEGAWA H., 2012: *Water Stress*, InTech, Croatia, ISBN 978-953-307-963-9, 300 stran
- [17] **PIFFLOVÁ L. et al., 1956:** *Příručka pro fenologické pozorovatele*, Hydrometeorologický ústav, Praha, 152 str.
- [18] **BOČEK S., 2007:** *Růst a vývoj ovocných dřevin, Malý životní cyklus – fenologické fáze*, (PPT prezentace)
- [19] **LITSCHMANN T., ROŽNOVSKÝ J., 2001:** *Palmerův index závažnosti sucha a jeho aplikace pro lokalitu Žabčice*, Sucho, hodnocení a predikce, Pracovní seminář, Brno, 9 stran
- [20] **KARL. R. T., 1986:** *The Sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-Index to their Calibration coefficients Including Potential Evapotranspiration*, National Climatic Data Center, Asheville, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, no 25, strany 77-86
- [21] **GUTTMAN N. B., 1998:** *Comparing the Palmer Drought Index and The Standardized Precipitation index*, *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 34, no. 1, strany 113-121
- [22] **BERAN et al., 2011:** *Zjednodušení metody výpočtu potencionální evapotranspirace v nové verzi modelu Bilan*, *VTEI*, 53, III/2011, strany 17-20



## Seznam obrázků a tabulek

|  |    |
|--|----|
| OBRÁZEK 1: PRŮBĚH HYDROLOGICKÉHO SUCHA (TALLAKSEN, VAN LANEN, 2004) <sup>[8]</sup> .....   | 15 |
| OBRÁZEK 2: VLÁHOVÁ POTŘEBA PŠENICE (ERIE L. J., 1981) <sup>[12]</sup> .....  | 17 |
| OBRÁZEK 3: VLÁHOVÁ POTŘEBA KUKUŘICE (ERIE L. J., 1981) <sup>[12]</sup> .....   | 17 |
| OBRÁZEK 4: GEOMETRICKÉ VYJÁDRĚNÍ VÝPARU (ALLABY, 2003) <sup>[1]</sup> .....  | 21 |
| OBRÁZEK 5: SCHÉMA VODNÍ BILANCE PŘI VÝPOČTU PDSI (LITSCHMANN, 2001) <sup>[19]</sup> .....  | 25 |
| OBRÁZEK 6: ORIENTAČNÍ MAPA ZÁJMOVÝCH ÚZEMÍ (AUTOR) .....   | 30 |
| OBRÁZEK 7: ORIENTAČNÍ MAPA ZDROJŮ DAT NA ZÁJMOVÝCH ÚZEMÍCH (AUTOR) .....   | 31 |
| OBRÁZEK 8: POROVNÁNÍ VÝNOSŮ PŠENICE Z OBOU LOKALIT (AUTOR) .....   | 35 |
| OBRÁZEK 9: POROVNÁNÍ VÝNOSŮ JEČMENE Z OBOU LOKALIT (AUTOR) .....   | 35 |
| OBRÁZEK 10: POROVNÁNÍ VÝNOSŮ ŘEPKY Z OBOU LOKALIT (AUTOR) .....  | 35 |
| OBRÁZEK 11: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO PŠENICI V TÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....   | 40 |
| OBRÁZEK 12: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO PŠENICI VE DVOUTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 41 |
| OBRÁZEK 13: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO PŠENICI VE ČTYŘTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 41 |
| OBRÁZEK 14: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO JEČMEN JARNÍ V TÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 42 |
| OBRÁZEK 15: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO JEČMEN JARNÍ VE DVOUTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....   | 42 |
| OBRÁZEK 16: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO JEČMEN JARNÍ VE ČTYŘTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....   | 43 |
| OBRÁZEK 17: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO ŘEPKU V TÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....   | 44 |
| OBRÁZEK 18: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO ŘEPKU VE DVOUTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 44 |
| OBRÁZEK 19: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO ŘEPKU VE ČTYŘTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 44 |
| OBRÁZEK 20: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO PŠENICI V TÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....   | 46 |
| OBRÁZEK 21: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO PŠENICI VE DVOUTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 46 |
| OBRÁZEK 22: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO PŠENICI VE ČTYŘTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 47 |
| OBRÁZEK 23: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO JEČMEN JARNÍ V TÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 47 |
| OBRÁZEK 24: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO JEČMEN JARNÍ VE DVOUTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....   | 48 |
| OBRÁZEK 25: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO JEČMEN JARNÍ VE ČTYŘTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....   | 48 |
| OBRÁZEK 26: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO ŘEPKU V TÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....   | 49 |
| OBRÁZEK 27: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO ŘEPKU VE DVOUTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 49 |
| OBRÁZEK 28: SROVNÁNÍ INDEXŮ AGRONOMICKÉHO SUCHA PRO ŘEPKU VE ČTYŘTÝDENNÍM KROKU (AUTOR) .....  | 49 |
|  |    |
| TABULKA 1: SLOVNÍ VYJÁDRĚNÍ HODNOT PDSI (ALLEY, 1984) <sup>[6]</sup> .....   | 14 |
| TABULKA 2: KLIMATICKÉ TYPY PODLE THORNTHWAITEA (SOBÍŠEK ET AL., 1993) <sup>[13]</sup> .....  | 19 |
| TABULKA 3: FENOLOGICKÉ FÁZE PODLE PIFFLOVÉ (PIFFLOVÁ, 1956) <sup>[17]</sup> - UPRAVENO AUTOREM .....   | 23 |
| TABULKA 4: STUPNICE PRO POSOUZENÍ ZÁVAŽNOSTI SUCHA DLE Z-INDEXU (LITSCHMANN, 2001) <sup>[19]</sup> .....   | 27 |
| TABULKA 5: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY PRŮTOKŮ BLŠANKY PRO OBDOBÍ 2001 – 2010 (AUTOR) .....   | 32 |
| TABULKA 6: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY PRO PRŮTOKY V ŘECE BLŠANCE V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH PRO OBDOBÍ 2001 – 2010 (AUTOR) .....                                  | 32 |
| TABULKA 7: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY DENNÍCH, TÝDENNÍCH, DVOUTÝDENNÍCH A ČTYŘTÝDENNÍCH SRÁŽKOVÝCH ÚHRNŮ ZE STANICE ŽATEC PRO OBDOBÍ 2001 – 2010 (AUTOR) ..... | 33 |
| TABULKA 8: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY PRŮMĚRNÝCH DENNÍCH, TÝDENNÍCH, DVOUTÝDENNÍCH A ČTYŘTÝDENNÍCH TEPLŮ ZE STANICE ŽATEC PRO OBDOBÍ 2001 – 2010 (AUTOR) ..... | 33 |
| TABULKA 9: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY TÝDENNÍCH, DVOUTÝDENNÍCH A ČTYŘTÝDENNÍCH SRÁŽKOVÝCH ÚHRNŮ ZE STANICE LOUNY PRO OBDOBÍ 2001 – 2010 (AUTOR) .....          | 33 |
| TABULKA 10: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY PRŮMĚRNÝCH TÝDENNÍCH, DVOUTÝDENNÍCH A ČTYŘTÝDENNÍCH TEPLŮ ZE STANICE LOUNY PRO OBDOBÍ 2001 – 2010 (AUTOR) .....         | 33 |
| TABULKA 11: MATICE INDEXŮ (AUTOR) .....  | 37 |

|  |    |
|--|----|
| TABULKA 12: VÝSLEDNÉ HODNOTY SPEARMANOVÍ KORELACE A JEJICH HODNOTY TESTU NULOVOSTI (AUTOR) ..... | 38 |
| TABULKA 13: MEZNÍ HODNOTY P INDEXU PRO ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ BLŠANY (AUTOR) .....                        | 45 |
| TABULKA 14: MEZNÍ HODNOTY P-T INDEXU PRO ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ BLŠANY (AUTOR) .....                      | 45 |
| TABULKA 15: MEZNÍ HODNOTY P-E INDEXU PRO ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ BLŠANY (AUTOR) .....                      | 45 |
| TABULKA 16: MEZNÍ HODNOTY P INDEXU PRO ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ LOUNY (AUTOR) .....                         | 50 |
| TABULKA 17: MEZNÍ HODNOTY P-T INDEXU PRO ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ LOUNY (AUTOR) .....                       | 50 |
| TABULKA 18: MEZNÍ HODNOTY P-E INDEXU PRO ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ LOUNY (AUTOR) .....                       | 50 |

## Seznam příloh

|   |    |
|---|----|
| PŘÍLOHA 1: VYBRANÉ INDEXY SUCHA POUŽÍVANÉ VE SVĚTĚ .....  | 61 |
| PŘÍLOHA 2: GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PRŮTOKŮ V ŘECE BLŠANCE.....  | 62 |
| PŘÍLOHA 3: N-LETÉ PRŮTOKY V JEDNOTLIVÝCH PROFILECH ŘEKY BLŠANKY .....   | 62 |
| PŘÍLOHA 4: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY PRO ÚHRN SRÁŽEK NA ÚZEMÍ BLŠAN V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH PRO OBDOBÍ<br>2001 - 2010..... | 63 |
| PŘÍLOHA 5: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY PRO TEPLoty NA ÚZEMÍ BLŠAN V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH PRO OBDOBÍ 2001 -<br>2010 .....    | 63 |
| PŘÍLOHA 6: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY PRO ÚHRN SRÁŽEK NA ÚZEMÍ LOUN V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH PRO OBDOBÍ<br>2001 - 2010.....  | 64 |
| PŘÍLOHA 7: ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ HODNOTY PRO TEPLoty NA ÚZEMÍ LOUN V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH PRO OBDOBÍ 2001 -<br>2010 .....     | 64 |
| PŘÍLOHA 8: AGREGAČNÍ R SKRIPT .....   | 65 |
| PŘÍLOHA 9: KORELAČNÍ R SKRIPT .....   | 66 |
| PŘÍLOHA 10: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P INDEXU PRO 7. TÝDEN.....  | 66 |
| PŘÍLOHA 11: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P INDEXU (LOUNY) PRO 8. DVOUTÝDEN .....                                       | 67 |
| PŘÍLOHA 12: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P INDEXU (LOUNY) PRO 4. ČTYŘTÝDEN.....  | 67 |
| PŘÍLOHA 13: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 15. TÝDEN.....   | 67 |
| PŘÍLOHA 14: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 8. DVOUTÝDEN.....  | 68 |
| PŘÍLOHA 15: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-T INDEXU (LOUNY) PRO 4. ČTYŘTÝDEN.....                                      | 68 |
| PŘÍLOHA 16: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 21. TÝDEN.....   | 68 |
| PŘÍLOHA 17: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-E INDEXU (LOUNY) PRO 8. DVOUTÝDEN .....                                     | 69 |
| PŘÍLOHA 18: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 11. DVOUTÝDEN.....   | 69 |
| PŘÍLOHA 19: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 3. ČTYŘTÝDEN .....   | 69 |
| PŘÍLOHA 20: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P INDEXU PRO 15. TÝDEN .....  | 70 |
| PŘÍLOHA 21: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P INDEXU (LOUNY) PRO 1. DVOUTÝDEN.....                                | 70 |
| PŘÍLOHA 22: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P INDEXU (LOUNY) PRO 9. ČTYŘTÝDEN .....                               | 70 |
| PŘÍLOHA 23: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 15. TÝDEN .....  | 71 |
| PŘÍLOHA 24: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 8. DVOUTÝDEN .....                                     | 71 |
| PŘÍLOHA 25: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-T INDEXU (LOUNY) PRO 9. ČTYŘTÝDEN .....                             | 71 |
| PŘÍLOHA 26: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 7. TÝDEN .....   | 72 |
| PŘÍLOHA 27: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-E INDEXU (LOUNY) PRO 9. ČTYŘTÝDEN .....                             | 72 |
| PŘÍLOHA 28: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P INDEXU PRO 7. TÝDEN .....   | 72 |
| PŘÍLOHA 29: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P INDEXU PRO 1. DVOUTÝDEN.....  | 73 |
| PŘÍLOHA 30: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P INDEXU PRO 1. ČTYŘTÝDEN .....   | 73 |
| PŘÍLOHA 31: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 27. TÝDEN .....  | 73 |
| PŘÍLOHA 32: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 1. DVOUTÝDEN .....   | 74 |
| PŘÍLOHA 33: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 11. ČTYŘTÝDEN.....   | 74 |
| PŘÍLOHA 34: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 27. TÝDEN .....  | 74 |
| PŘÍLOHA 35: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-E INDEXU (LOUNY) PRO 10. DVOUTÝDEN .....                                      | 75 |
| PŘÍLOHA 36: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-E INDEXU (LOUNY) PRO 2. ČTYŘTÝDEN .....                                       | 75 |
| PŘÍLOHA 37: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P INDEXU PRO 9. TÝDEN.....  | 75 |
| PŘÍLOHA 38: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P INDEXU PRO 8. DVOUTÝDEN.....  | 76 |
| PŘÍLOHA 39: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P INDEXU PRO 4. ČTYŘTÝDEN .....   | 76 |
| PŘÍLOHA 40: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 9. TÝDEN.....  | 76 |
| PŘÍLOHA 41: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 8. DVOUTÝDEN.....  | 77 |
| PŘÍLOHA 42: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 4. ČTYŘTÝDEN .....   | 77 |

|   |    |
|---|----|
| PŘÍLOHA 43: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 9. TÝDEN.....              | 77 |
| PŘÍLOHA 44: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 8. DVOUTÝDEN.....          | 78 |
| PŘÍLOHA 45: KORELACE VÝNOSŮ PŠENICE S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 4. ČTYŘTÝDEN .....         | 78 |
| PŘÍLOHA 46: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P INDEXU PRO 9. TÝDEN .....       | 78 |
| PŘÍLOHA 47: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P INDEXU PRO 7. DVOUTÝDEN .....   | 79 |
| PŘÍLOHA 48: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P INDEXU PRO 4. ČTYŘTÝDEN.....    | 79 |
| PŘÍLOHA 49: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 9. TÝDEN .....     | 79 |
| PŘÍLOHA 50: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 7. DVOUTÝDEN ..... | 80 |
| PŘÍLOHA 51: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 4. ČTYŘTÝDEN.....  | 80 |
| PŘÍLOHA 52: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 9. TÝDEN .....     | 80 |
| PŘÍLOHA 53: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 7. DVOUTÝDEN ..... | 81 |
| PŘÍLOHA 54: KORELACE VÝNOSŮ JEČMENE JARNÍHO S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 4. ČTYŘTÝDEN.....  | 81 |
| PŘÍLOHA 55: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P INDEXU PRO 14. TÝDEN .....                | 81 |
| PŘÍLOHA 56: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P INDEXU PRO 4. ČTYŘTÝDEN .....             | 82 |
| PŘÍLOHA 57: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 14. TÝDEN .....              | 82 |
| PŘÍLOHA 58: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-T INDEXU PRO 7. DVOUTÝDEN .....           | 82 |
| PŘÍLOHA 59: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 14. TÝDEN .....              | 83 |
| PŘÍLOHA 60: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 10. DVOUTÝDEN .....          | 83 |
| PŘÍLOHA 61: KORELACE VÝNOSŮ ŘEPKY S HODNOTAMI P-E INDEXU PRO 5. ČTYŘTÝDEN.....            | 83 |

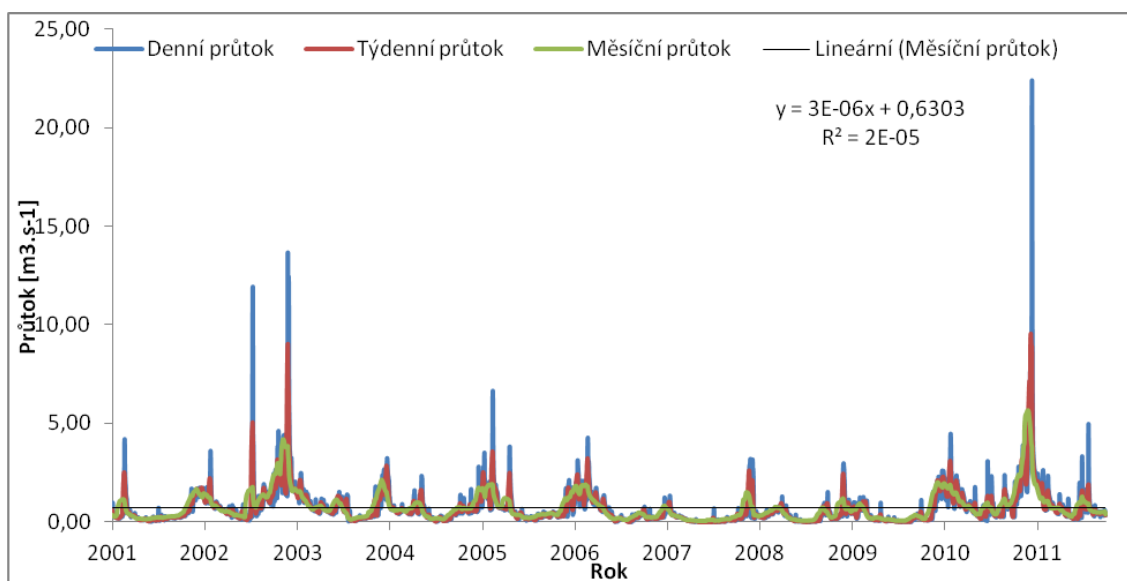
## Přílohy

**Příloha 1: Vybrané indexy sucha používané ve světě**

|         |   |         |  |
|---------|---|---------|--|
| ADI     | Aggregate Drought Index                           | PHDI    | Palmer Hydrological Drought Index            |
| API     | Antecedent Precipitation Index                    | PMDI    | Palmer Modified Drought Index                |
| BFI     | Base Flow Index                                   | Q90     | Low Flow Index                               |
| BMDI    | Bhalme-Mooly Drought Index                        | RAI     | Rainfall Anomaly Index                       |
| CMI     | Crop Moisture Index                               | RDI     | Reclamation Drought Index                    |
| CSDI    | Crop Specific Drought Index                       | RDI     | Reconnaissance Drought Index                 |
| CDI     | Corn Drought Index                                | RDRI    | Remote Sensing Drought Risk Index            |
| CWSI    | Crop Water Stress index                           | RSDI    | Regional Streamflow Deficiency Index         |
| DECILES | Deciles   | SAI     | Standardized Anomaly Index                   |
| DFI     | Drought Frequency Index                           | SCI     | Soybean Drought Index                        |
| DSI     | Drought Severity Index                            | SDI     | Sperling Drought Index                       |
| DTx     | Agricultural Drought Index                        | sPDSI   | Selfcalibrated Palmer Drought Severity Index |
| EDI     | Effective Drought Index                           | SPI     | Standardized Precipitation Index             |
| ETDI    | Evapotranspiration Deficit Index                  | SMDI    | Soil Moisture Deficit Index                  |
| GRI     | Groundwater Resource Index                        | SMDI    | Soil Moisture Drought Index                  |
| GVWI    | Global Vegetation Water moisture Index            | SRWI    | Simple Ratio Water Index                     |
| KBDI    | Keetch-Byran Drought Index                        | SVI     | Standardized Vegetation Index                |
| LWCI    | Leaf Water Content Index                          | SWI     | Standardized Water Level Index               |
| MPDI    | Modified Perpendicular Drought Index              | SWSI    | Surface Water Supply Index                   |
| NBR     | Normalized Burn Ratio                             | TCI     | Temperature Condition Index                  |
| NDII    | Normalized Difference Infrared Index              | TVDI    | Temperature Vegetation Dryness               |
| NDVI    | Normalized Difference Vegetation Index            | VCADI   | Vegetation Condition Albedo Drought Index    |
| NDVIA   | Anomaly of Normalized Difference Vegetation Index | VCI     | Vegetation Condition Index                   |
| NDWI    | Normalized Difference Water Index                 | VegDRI  | Vegetation Drought Response Index            |
| NMDC    | Normalized Multi-Band Drought Index               | VHI     | Vegetation Health Index                      |
| NMDI    | Normalized Multi-Band Index                       | VITT    | Vegetation Index/Temperature Trapezoid       |
| %N      | Percentage of normal                              | VTCI    | Vegetation Temperature Condition Index       |
|         | Index podle odtoku                                | VTI     | Vegetation Temperature Index                 |
| PAI     | Palfai Aridity Index                              | WI      | Water Index                                  |
| PDI     | Perpendicular Drought Index                       | Z-Index | Palmer Moisture Anomaly Index                |
| PDSI    | Palmer Drought Severity Index                     | NI      | Nesterov Index                               |

**Zdroj: Novický (2011)**

## Příloha 2: Grafické znázornění průtoků v řece Blšance



Zdroj: autor

## Příloha 3: N-leté průtoky v jednotlivých profilech řeky Blšanky

| Blšanka N-leté průtoky                                     |     |      |      |      |      |      |      |       |
|--|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| profil nad Očihovským potokem - 233,8 km <sup>2</sup>      |     |      |      |      |      |      |      |       |
| N  | 1   | 2    | 5    | 10   | 20   | 50   | 100  | Třída |
| Q <sub>N</sub>   | 3,8 | 6,2  | 10,6 | 14,7 | 19,5 | 27,2 | 34,0 | IV    |
| profil nad Podvineckým potokem - 135,7 km <sup>2</sup>     |     |      |      |      |      |      |      |       |
| N  | 1   | 2    | 5    | 10   | 20   | 50   | 100  | Třída |
| Q <sub>N</sub>   | 8,1 | 13,4 | 22,8 | 31,6 | 92,0 | 58,5 | 73,2 | IV    |
| profil nad Podhorou  |     |      |      |      |      |      |      |       |
| N  | 1   | 2    | 5    | 10   | 20   | 50   | 100  | Třída |
| Q <sub>N</sub>   | 6,6 | 10,8 | 18,5 | 25,6 | 34,1 | 47,4 | 59,4 | IV    |
| profil nad Mlýneckým potokem - 66,0 km <sup>2</sup>        |     |      |      |      |      |      |      |       |
| N  | 1   | 2    | 5    | 10   | 20   | 50   | 100  | Třída |
| Q <sub>N</sub>   | 5,1 | 8,3  | 14,2 | 19,7 | 26,2 | 36,4 | 45,6 | IV    |
| profil pod Řepany - 43,0 km <sup>2</sup>                   |     |      |      |      |      |      |      |       |
| N  | 1   | 2    | 5    | 10   | 20   | 50   | 100  | Třída |
| Q <sub>N</sub>   | 3,8 | 6,2  | 10,6 | 14,7 | 19,5 | 27,2 | 34,0 | IV    |
| profil nad Struhařovským potokem - 26,4 km <sup>2</sup>    |     |      |      |      |      |      |      |       |
| N  | 1   | 2    | 5    | 10   | 20   | 50   | 100  | Třída |
| Q <sub>N</sub>   | 2,8 | 4,6  | 7,9  | 11,0 | 14,6 | 20,3 | 25,3 | IV    |
| N - velké vody opakující se jednou za N let                |     |      |      |      |      |      |      |       |
| Q <sub>N</sub> - průtoky v m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> |     |      |      |      |      |      |      |       |

Zdroj: internet <[http://dvt.seso.cz/DVT\\_dpp/web\\_4210/index.html?b\\_char\\_hydrolo.htm](http://dvt.seso.cz/DVT_dpp/web_4210/index.html?b_char_hydrolo.htm)>

**Příloha 4: Základní statistické hodnoty pro úhrn srážek na území Blšan v jednotlivých měsících pro období 2001 - 2010**

| Měsíc    | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD     |
|----------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|--------|
| leden    | 4.200   | 10.400        | 15.600 | 18.510 | 24.870        | 43.400  | 11.951 |
| únor     | 0.000   | 8.925         | 15.100 | 15.790 | 19.580        | 39.400  | 11.370 |
| březen   | 1.400   | 14.280        | 19.950 | 41.010 | 53.500        | 123.400 | 43.820 |
| duben    | 0.400   | 17.900        | 28.600 | 26.890 | 33.850        | 64.500  | 18.609 |
| květen   | 14.300  | 47.180        | 53.050 | 54.360 | 61.970        | 93.800  | 20.940 |
| červen   | 28.500  | 36.220        | 55.250 | 57.310 | 67.550        | 103.500 | 24.469 |
| červenec | 31.100  | 62.650        | 76.450 | 82.720 | 97.000        | 158.100 | 37.050 |
| srpen    | 16.400  | 39.380        | 56.200 | 70.770 | 93.120        | 197.200 | 53.002 |
| září     | 0.000   | 27.800        | 40.450 | 42.090 | 62.150        | 75.800  | 23.615 |
| říjen    | 1.300   | 9.725         | 15.350 | 21.580 | 37.880        | 44.000  | 15.971 |
| listopad | 1.600   | 15.800        | 34.050 | 40.090 | 59.680        | 109.400 | 34.149 |
| prosinec | 0.600   | 16.750        | 28.400 | 33.540 | 53.270        | 79.100  | 25.100 |

Zdroj: autor

**Příloha 5: Základní statistické hodnoty pro teploty na území Blšan v jednotlivých měsících pro období 2001 - 2010**

| Měsíc    | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD    |
|----------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|-------|
| leden    | -5.063  | -2.744        | -0.966 | -0.431 | 1.709         | 5.438   | 3.145 |
| únor     | -2.964  | -1.027        | 1.170  | 1.270  | 4.047         | 4.582   | 2.808 |
| březen   | 2.371   | 4.572         | 4.874  | 4.722  | 5.285         | 6.418   | 1.155 |
| duben    | 8.413   | 8.804         | 9.674  | 9.922  | 10.260        | 13.060  | 1.496 |
| květen   | 12.650  | 14.100        | 14.790 | 14.640 | 15.620        | 15.970  | 1.136 |
| červen   | 15.880  | 16.930        | 18.270 | 18.000 | 18.590        | 20.590  | 1.442 |
| červenec | 18.600  | 19.350        | 19.440 | 19.870 | 19.590        | 22.570  | 1.299 |
| srpen    | 16.790  | 18.780        | 18.920 | 19.020 | 19.830        | 21.040  | 1.249 |
| září     | 12.630  | 13.320        | 14.070 | 14.380 | 15.280        | 16.760  | 1.382 |
| říjen    | 6.023   | 8.438         | 9.227  | 9.080  | 9.564         | 12.100  | 1.594 |
| listopad | 3.450   | 3.836         | 4.906  | 4.934  | 5.937         | 6.490   | 1.189 |
| prosinec | -4.340  | -0.501        | 0.290  | 0.107  | 0.864         | 3.637   | 2.089 |

Zdroj: autor

**Příloha 6: Základní statistické hodnoty pro úhrn srážek na území Loun v jednotlivých měsících pro období 2001 - 2010**

| Měsíc    | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD     |
|----------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|--------|
| leden    | 7.500   | 13.950        | 26.700 | 26.600 | 37.950        | 51.000  | 15.376 |
| únor     | 4.700   | 14.530        | 17.400 | 18.320 | 23.800        | 29.500  | 7.656  |
| březen   | 3.700   | 12.350        | 17.900 | 20.930 | 28.430        | 55.700  | 15.674 |
| duben    | 3.000   | 17.850        | 22.850 | 27.650 | 32.200        | 62.200  | 18.070 |
| květen   | 35.700  | 57.050        | 74.300 | 70.470 | 81.300        | 113.100 | 22.945 |
| červen   | 28.400  | 52.520        | 59.550 | 62.690 | 77.200        | 95.900  | 20.881 |
| červenec | 27.000  | 53.730        | 71.500 | 69.730 | 75.920        | 110.600 | 24.406 |
| srpen    | 17.400  | 47.330        | 64.250 | 72.970 | 94.250        | 152.900 | 39.711 |
| září     | 10.90   | 25.430        | 42.000 | 42.850 | 64.700        | 73.800  | 24.170 |
| říjen    | 10.70   | 14.700        | 24.900 | 27.400 | 37.750        | 54.800  | 14.858 |
| listopad | 9.100   | 12.620        | 30.600 | 36.650 | 50.520        | 88.400  | 28.114 |
| prosinec | 11.40   | 19.850        | 27.800 | 35.250 | 50.400        | 73.400  | 22.194 |

Zdroj: autor

**Příloha 7: Základní statistické hodnoty pro teploty na území Loun v jednotlivých měsících pro období 2001 - 2010**

| Měsíc    | Minimum | Percentil 25% | Medián | Průměr | Percentil 75% | Maximum | SD    |
|----------|---------|---------------|--------|--------|---------------|---------|-------|
| leden    | -5.400  | -2.925        | -1.000 | -0.580 | 1.700         | 5.400   | 3.329 |
| únor     | -3.300  | -1.350        | 1.100  | 1.160  | 4.250         | 4.700   | 3.013 |
| březen   | 2.000   | 4.300         | 4.700  | 4.540  | 5.325         | 6.300   | 1.259 |
| duben    | 8.500   | 9.025         | 9.550  | 10.090 | 10.650        | 13.200  | 1.499 |
| květen   | 12.800  | 14.150        | 14.750 | 14.810 | 15.880        | 16.500  | 1.293 |
| červen   | 15.800  | 17.100        | 18.150 | 18.090 | 18.700        | 21.300  | 1.610 |
| červenec | 18.700  | 19.400        | 19.600 | 20.040 | 19.700        | 23.200  | 1.368 |
| srpen    | 17.000  | 18.500        | 19.400 | 19.180 | 19.770        | 21.500  | 1.331 |
| září     | 12.700  | 13.250        | 14.000 | 14.360 | 15.180        | 17.300  | 1.544 |
| říjen    | 5.900   | 8.250         | 8.900  | 8.910  | 9.450         | 12.300  | 1.701 |
| listopad | 3.200   | 3.700         | 4.800  | 4.790  | 5.600         | 6.500   | 1.231 |
| prosinec | -4.900  | -0.725        | 0.300  | -0.040 | 1.000         | 3.500   | 2.257 |

Zdroj: autor



## Příloha 8: Agregáčnı́ R skript

```
data=read.table("srazky_zatec_denni_bez_114.txt",header=TRUE) # načtenı́ vı́chozı́ch dat
year=min(data$Y)      # definuje proměnnou
kk=1                 # definuje proměnnou
srazky_agregace=c()  # vytvořnı́ prázdnı́ vektor

while(year<max(data$Y+1)) # definuje while cyklus, který proběhne všemi roky
{
a=subset(data,data$Y==year) # vytvořnı́ subset o velikosti jednoho roku
aP=a$P
k=1

for (i in 1:trunc(length(aP)/7)) # definuje for cyklus, který proběhne aP subsetem v "sedmidennı́m" kroku
{
srazky_agregace[kk]=sum(aP[k:(k+6)]) # do prázdného vektoru vyplňuje jednotlivé agregace
k=k+7 # definuje změnu proměnné
kk=kk+1 # definuje změnu proměnné
}

year=year+1 # přeskok na další rok
}

date_matrix=matrix(nrow=length(srazky_agregace), ncol=4) # definuje matici pro výslednou agregaci
i <- 1 # definuje proměnnou
dny <- data$D # definuje proměnnou
dny_matice <- dny[1:(i+6)==(i+6)] # zapisuje každé sedmé datum z vektoru dnı́
mesice <- data$M # definuje proměnnou
mesice_matice <- mesice[1:(i+6)==(i+6)] # zapisuje každé sedmé datum z vektoru měsíců
roky <- data$Y # definuje proměnnou
roky_matice <- roky[1:(i+6)==(i+6)] # zapisuje každé sedmé datum z vektoru roků

length(dny_matice) <- length(srazky_agregace) # upravı́ délku vektoru dnı́ podle délky vektoru agregací
length(mesice_matice) <- length(srazky_agregace) # upravı́ délku vektoru měsíců podle délky vektoru agregací
length(roky_matice) <- length(srazky_agregace) # upravı́ délku vektoru roků podle délky vektoru agregací

date_matrix[,1]=dny_matice # zapíše nový vektor dnı́ do matice do prvního sloupce
date_matrix[,2]=mesice_matice # zapíše nový vektor měsíců do matice do druhého sloupce
date_matrix[,3]=roky_matice # zapíše nový vektor roků do matice do třetího sloupce
date_matrix[,4]=srazky_agregace # zapíše vektor agregací do matice do čtvrtého sloupce

write.table(date_matrix,file="srazky_zatec_tydenni_114.txt",sep=" ",) # výsledná matice se zapíše do souboru
txt
```

Zdroj: autor

## Příloha 9: Korelační R skript

```

data <- read.table ("PE_index_tydenni_zatec.txt", header=TRUE) # načtení meteorologických dat
vector <- read.table ("vynosy_repka.txt", header=FALSE)[, 1] # načtení dat o výnosech

kk=1 # definuje proměnnou

nnn=30 # definuje proměnnou "počet period"
P_matice=matrix(nrow=max(data$Y)-min(data$Y)+1,ncol=nnn+1,dimnames=list(c(min(data$Y):max(data$Y)),
c(1:(nnn+1)))) # tvorba korelační matice 10x31

for (rok in min(data$Y):max(data$Y)) # výběr bude probíhat ze všech let
{vyber=subset(data,data$Y==rok)
temp=which (vyber$M==3) # výběr bude začínat první hodnotou ve třetím měsíci
vybersrazekodB=vyber$P[temp[1]:(temp[1]+nnn)] # výběr hodnot P bude probíhat od 1. do 31. hodnoty
P_matice[kk,]=vybersrazekodB # vytvoří matici, kde sloupce jsou srážky a řádky jsou jednotlivé
roky
kk=kk+1 # výpočet nových rádků
}
# write.table(P_matice, file="matice_srazek_od_brezna.txt", sep=" ", ") # zapiše korelační matici do souboru
txt

korelace <- c() # vytvoří prázdný vektor

test <- c() # vytvoří prázdný vektor
zz=1 # definuje proměnnou

k=1
for (i in 1:ncol(P_matice)) # definuje for cyklus, který proběhne celou maticí
{
korelace[zz]=cor(vector , P_matice[,k] , method = "spearman") # naplní vektor "korelace" korelacemi podle
spearmana
k=k+1 # definuje změnu proměnné
zz=zz+1 # definuje změnu proměnné
}

zz=1 # definuje proměnnou
k=1 # definuje proměnnou
for (i in 1:ncol(P_matice)) # definuje for cyklus, který proběhne celou maticí
{
test[zz]=cor.test(vector , P_matice[,k] , method = "spearman", exact=FALSE)$p.value # naplní vektor
"test" jednotlivými p. value
k=k+1 # definuje změnu proměnné
zz=zz+1 # definuje změnu proměnné
}

pvalue_matice=matrix(nrow=31, ncol=2) # definuje matici 2x31
pvalue_matice[,1]=korelace # zapiše vektor korelací do matice do prvního sloupce
pvalue_matice[,2]=test # zapiše vektor p.value do matice do druhého sloupce

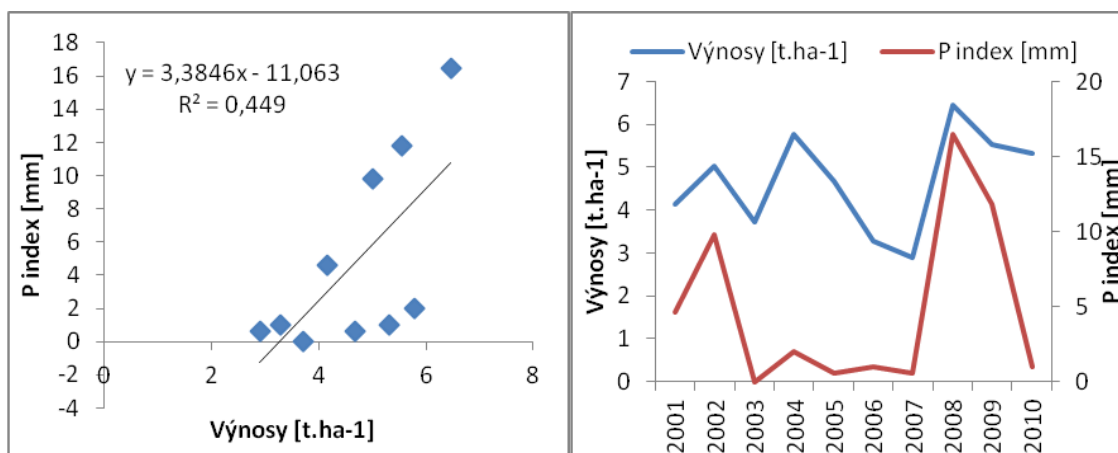
write.table(pvalue_matice,file="korelace.txt", sep=" ", ") # zapiše výslednou matici do souboru txt

tydny=1:31 # definuje proměnnou
hladina <- seq(0,05,0.05, length=31) # definuje proměnnou
plot(tydny, korelace, # tvorba grafu, zobrazení hodnot korelací
type = "l", # liniové zobrazení
main = "Korelace obilovin", xlab="Týdny", ylab="Korelace", # název grafu a os x,y
ylim = c(min(korelace), max(test))) # nastavení rozmezí grafu
lines(tydny, test, col = "steelblue") # zobrazení hodnot p.value
lines(tydny, hladina, col = "pink") # zobrazení hladiny významnosti v grafu

```

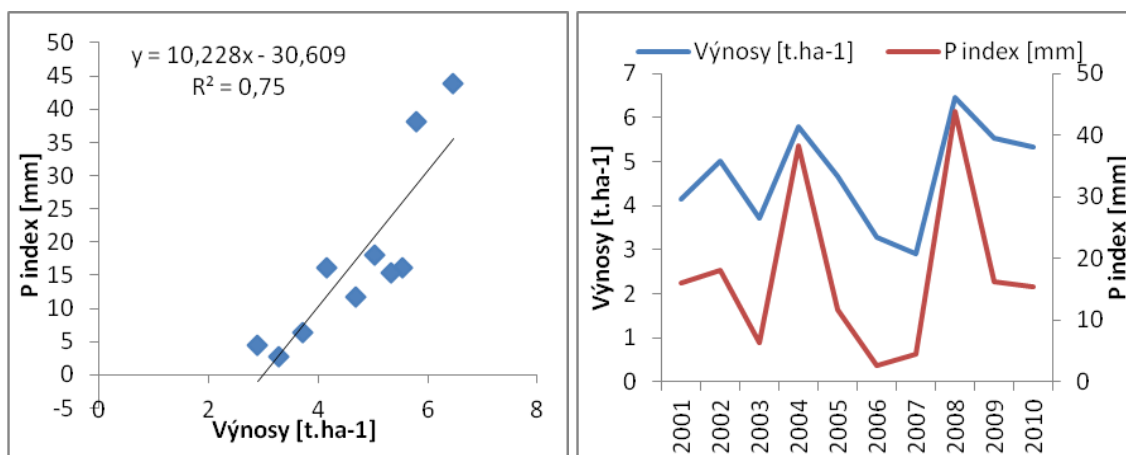
Zdroj: autor

## Příloha 10: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P indexu pro 7. týden



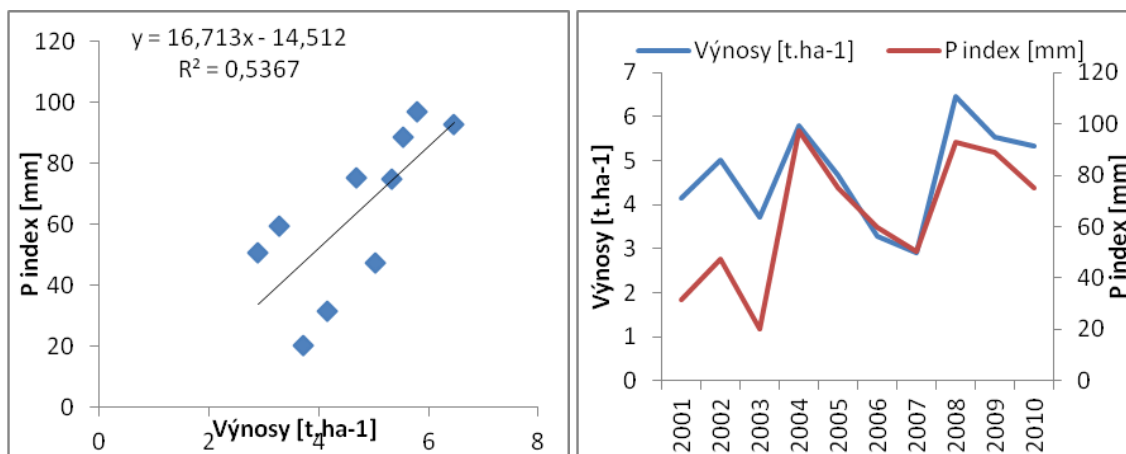
Zdroj: autor

**Příloha 11: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P indexu (Louny) pro 8. dvoutýden**



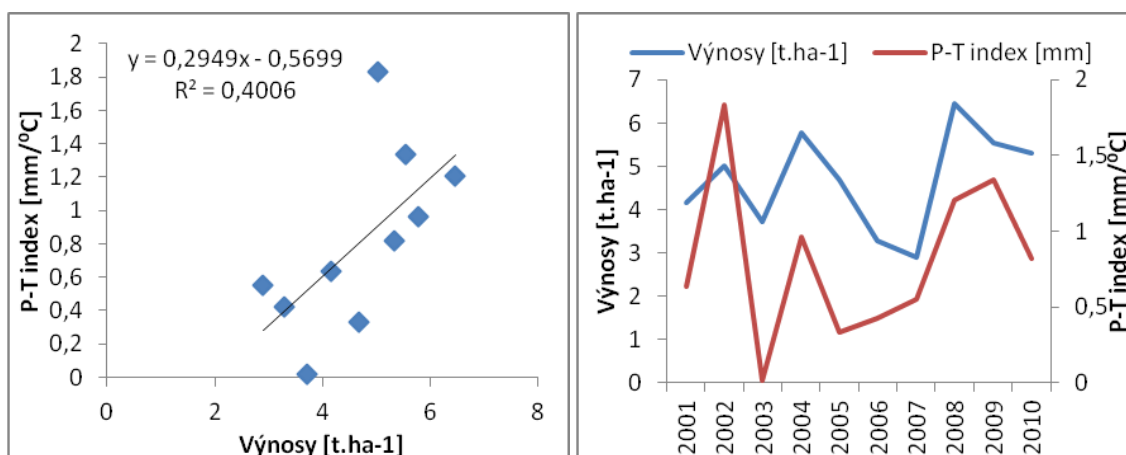
Zdroj: autor

**Příloha 12: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P indexu (Louny) pro 4. čtyřtýden**



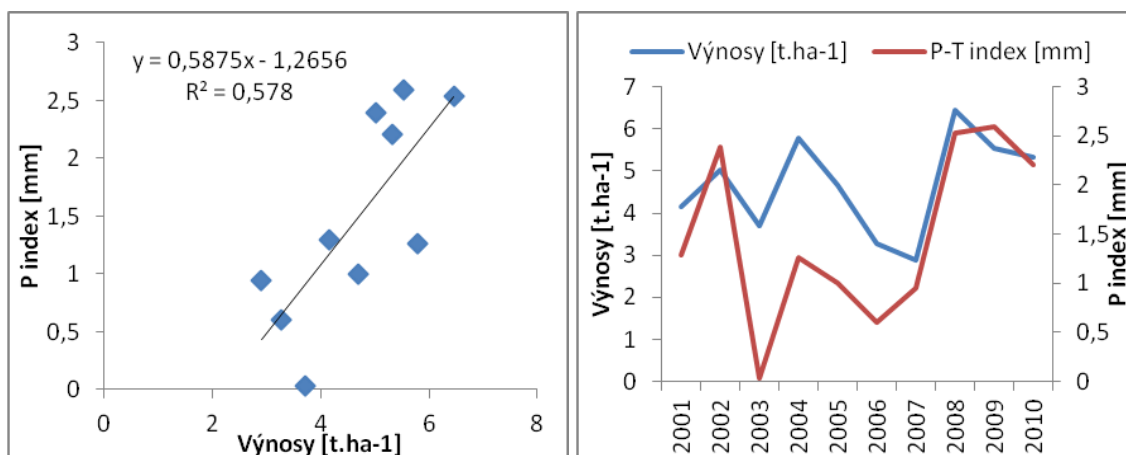
Zdroj: autor

**Příloha 13: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-T indexu pro 15. týden**



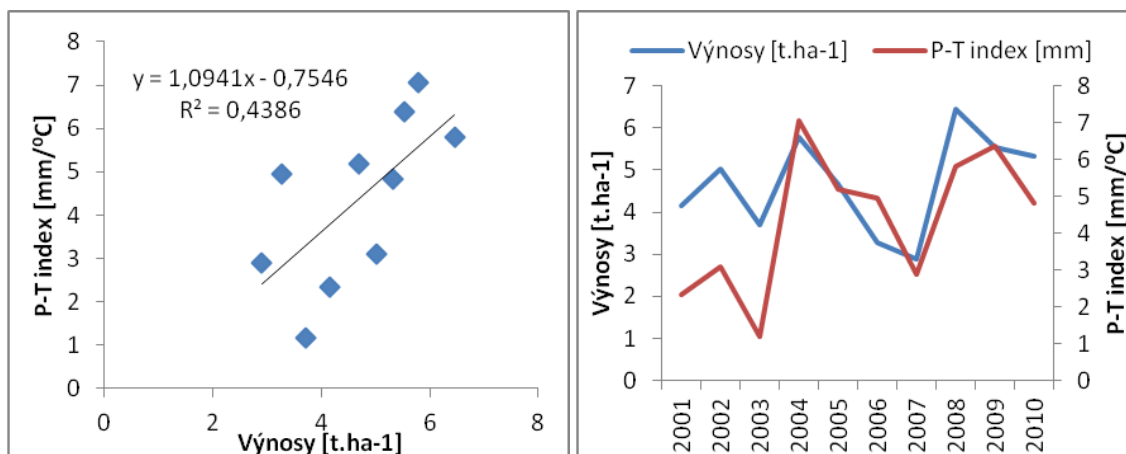
Zdroj: autor

**Příloha 14: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-T indexu pro 8. dvoutýden**



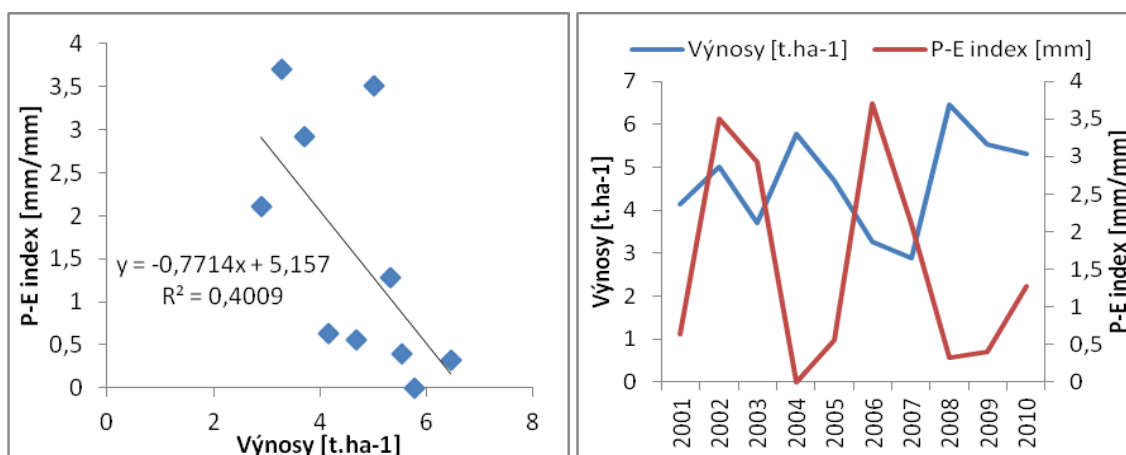
Zdroj: autor

**Příloha 15: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-T indexu (Louny) pro 4. čtyřtýden**



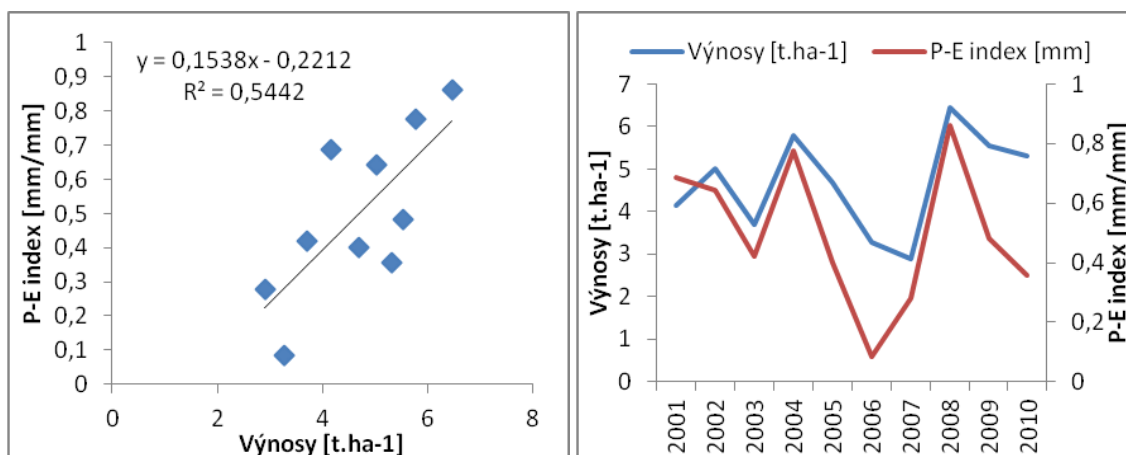
Zdroj: autor

**Příloha 16: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-E indexu pro 21. týden**



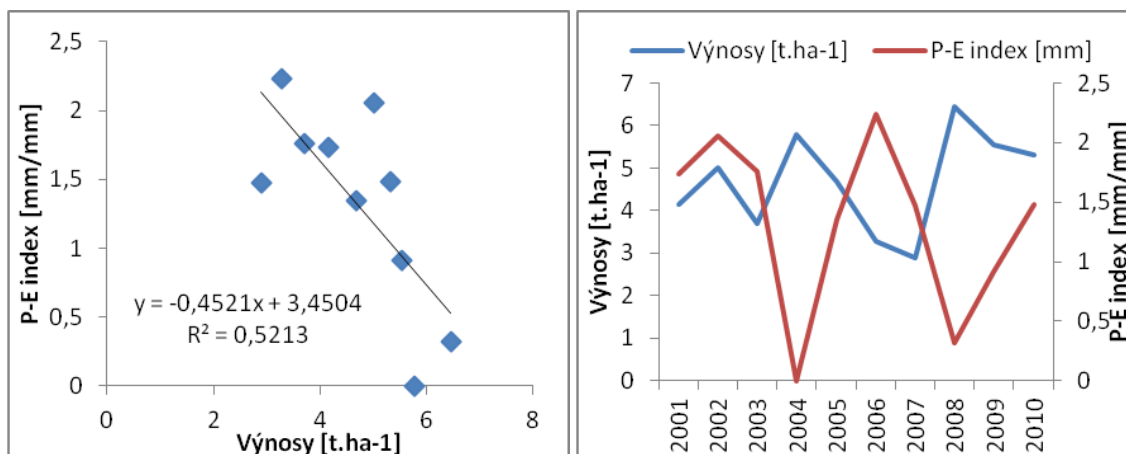
Zdroj: autor

**Příloha 17: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-E indexu (Louny) pro 8. dvoutýden**



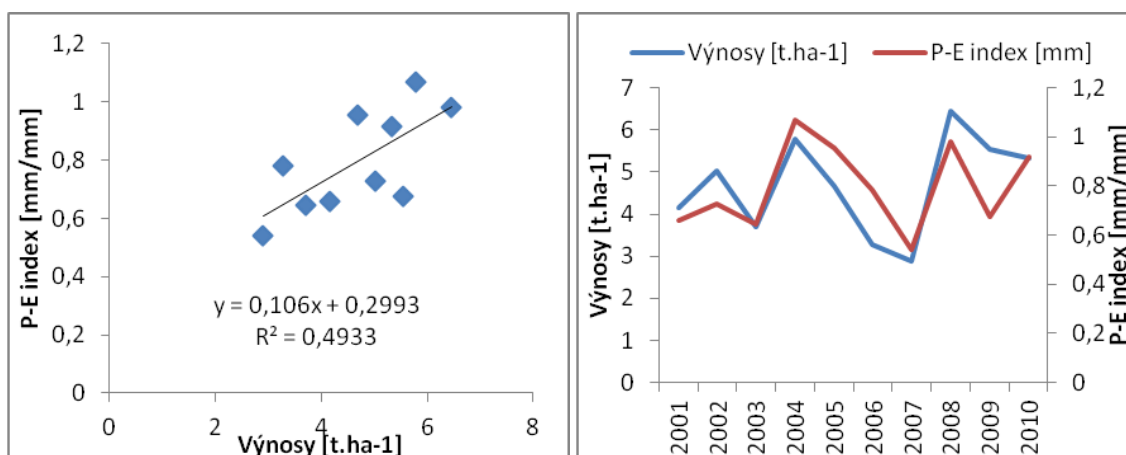
Zdroj: autor

**Příloha 18: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-E indexu pro 11. dvoutýden**



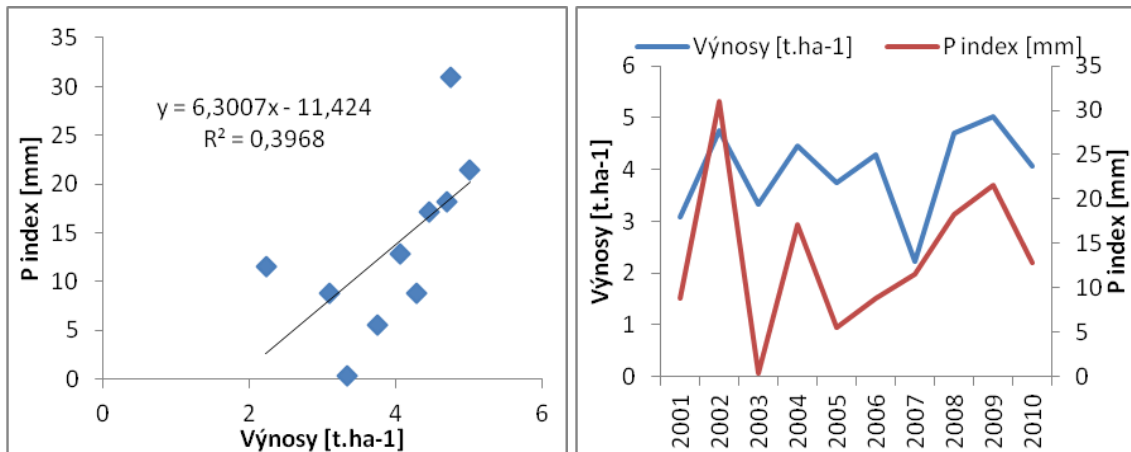
Zdroj: autor

**Příloha 19: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-E indexu pro 3. čtyřtýden**



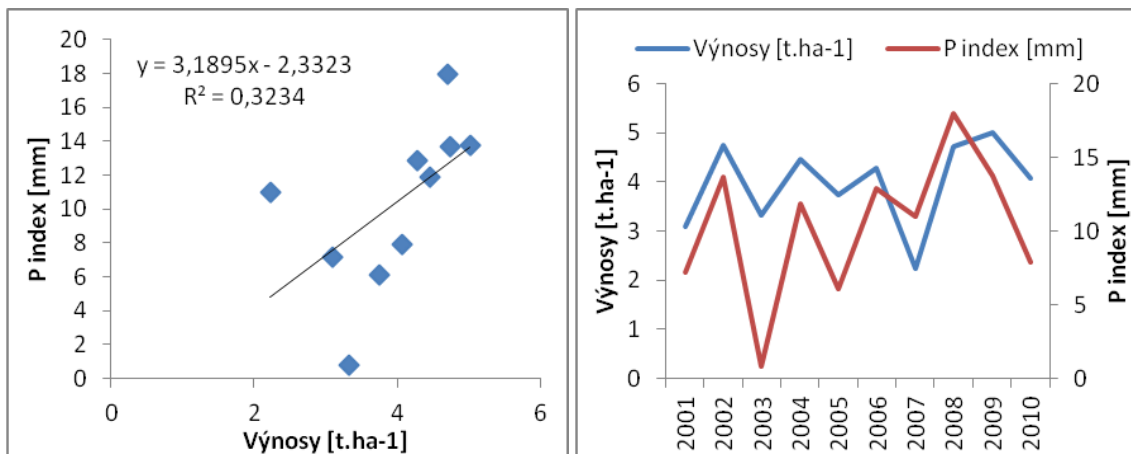
Zdroj: autor

**Příloha 20: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P indexu pro 15. týden**



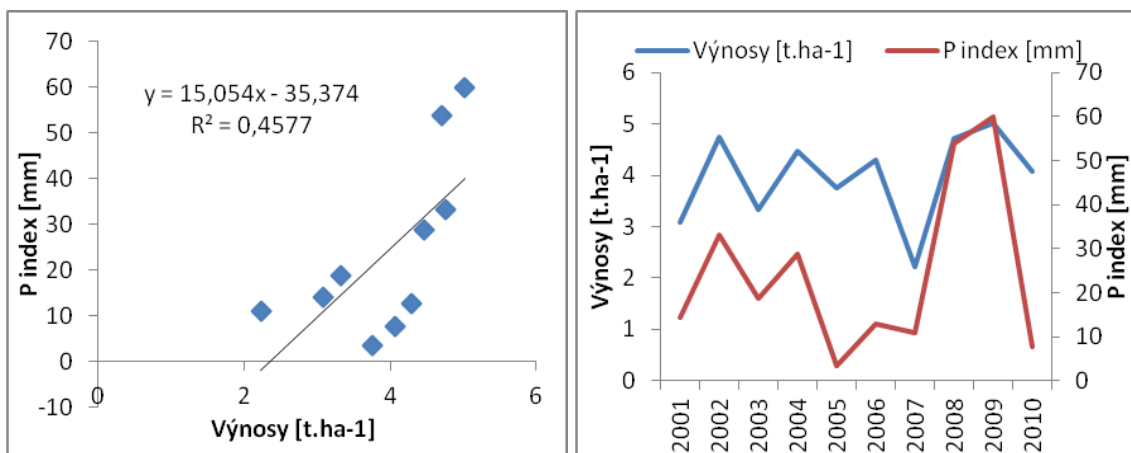
Zdroj: autor

**Příloha 21: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P indexu (Louny) pro 1. dvoutýden**



Zdroj: autor

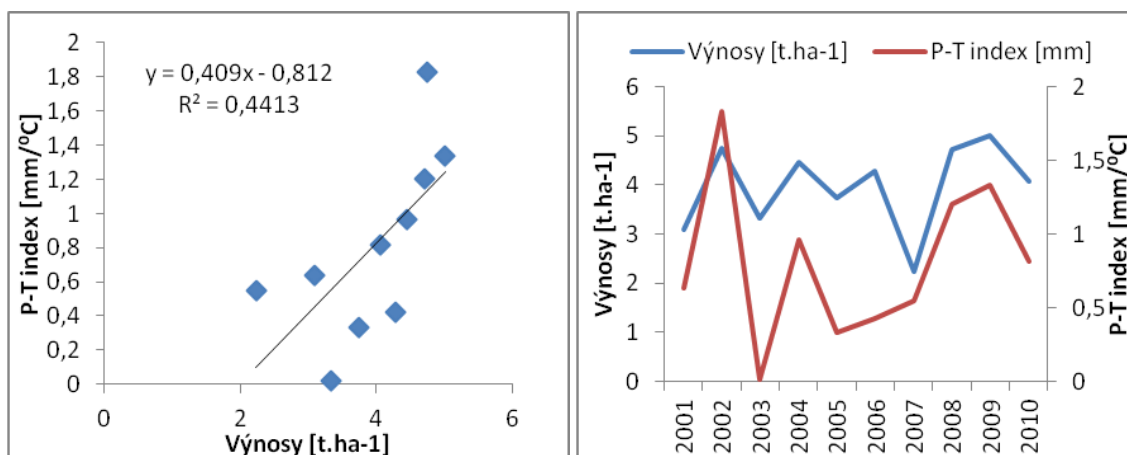
**Příloha 22: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P indexu (Louny) pro 9. čtyřtýden**



Zdroj: autor

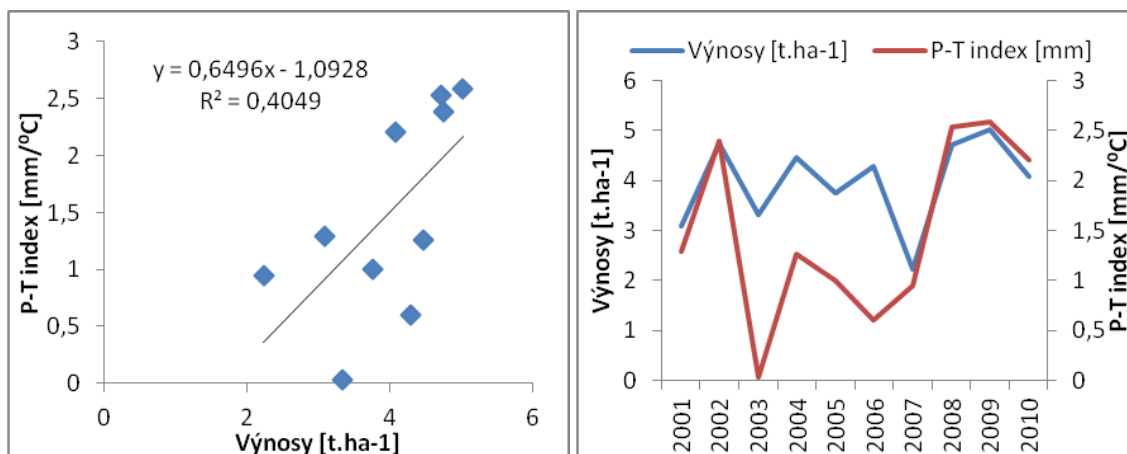


**Příloha 23: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-T indexu pro 15. týden**



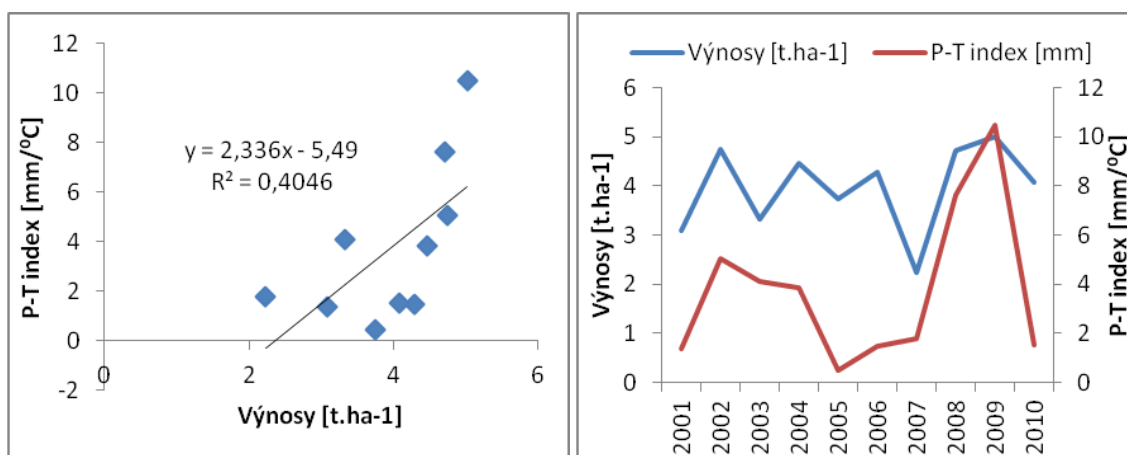
Zdroj: autor

**Příloha 24: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-T indexu pro 8. dvoutýden**



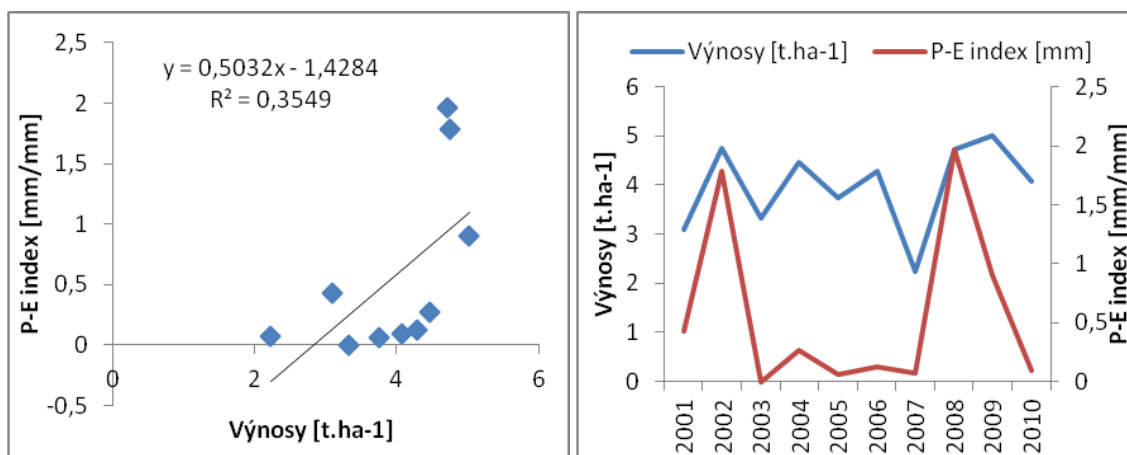
Zdroj: autor

**Příloha 25: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-T indexu (Louny) pro 9. čtyřtýden**



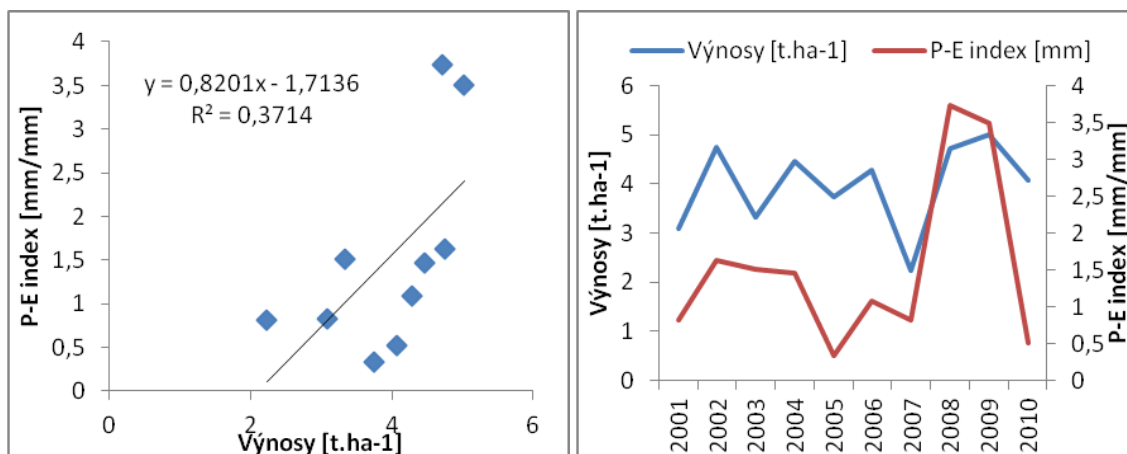
Zdroj: autor

**Příloha 26: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-E indexu pro 7. týden**



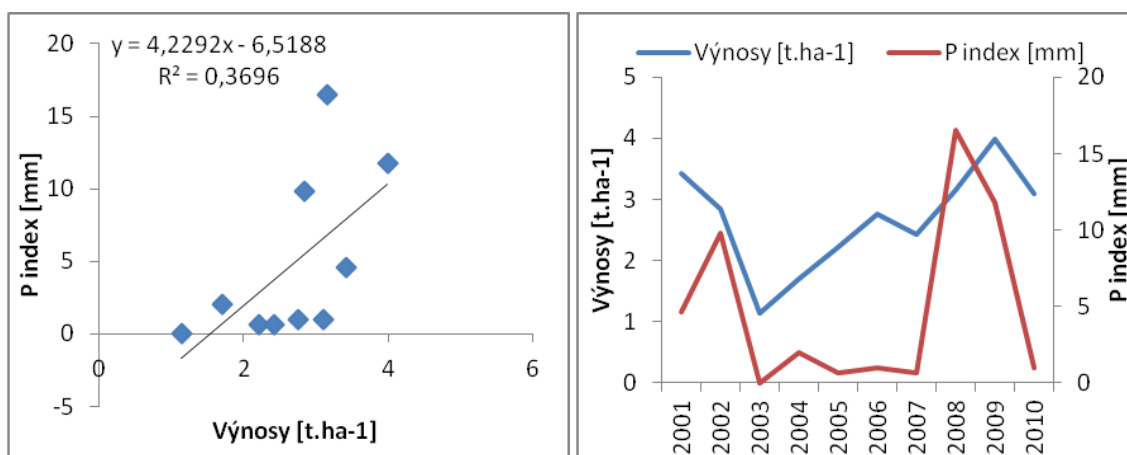
Zdroj: autor

**Příloha 27: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-E indexu (Louny) pro 9. čtyřtýden**



Zdroj: autor

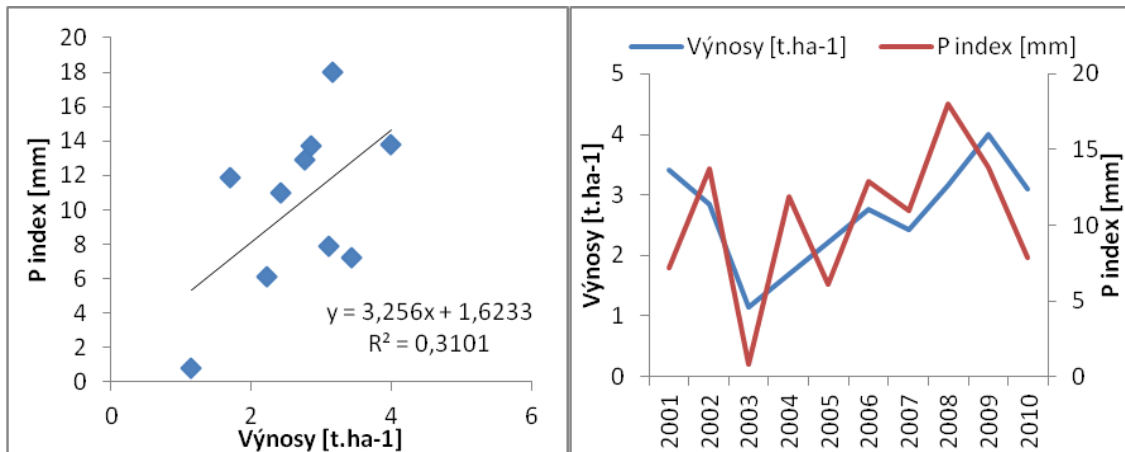
**Příloha 28: Korelace výnosů řepky s hodnotami P indexu pro 7. týden**



Zdroj: autor

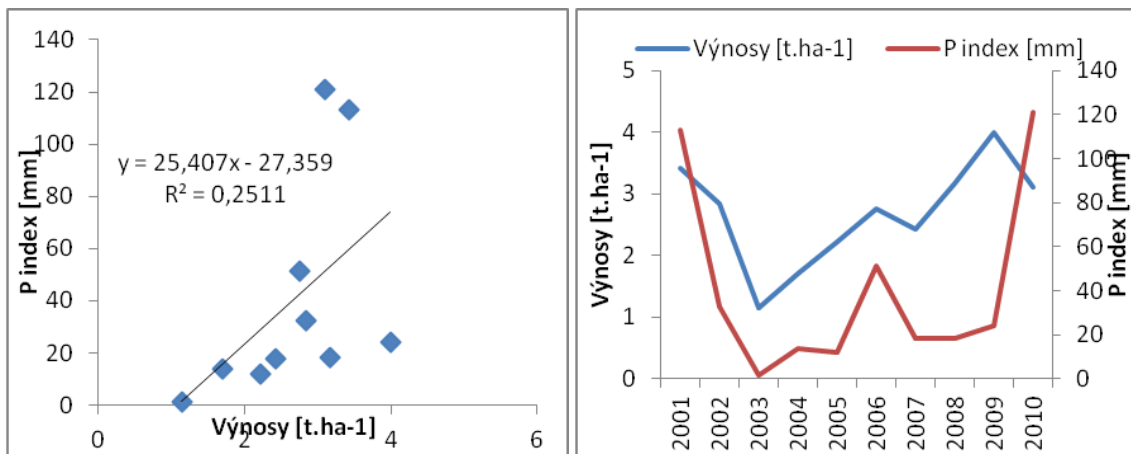


**Příloha 29: Korelace výnosů řepky s hodnotami P indexu pro 1. dvoutýden**



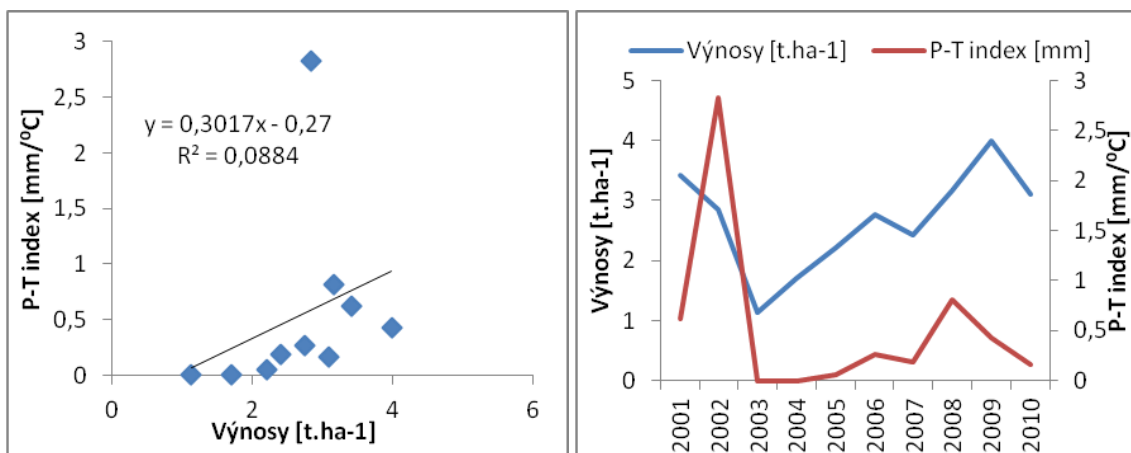
Zdroj: autor

**Příloha 30: Korelace výnosů řepky s hodnotami P indexu pro 1. čtyřtýden**



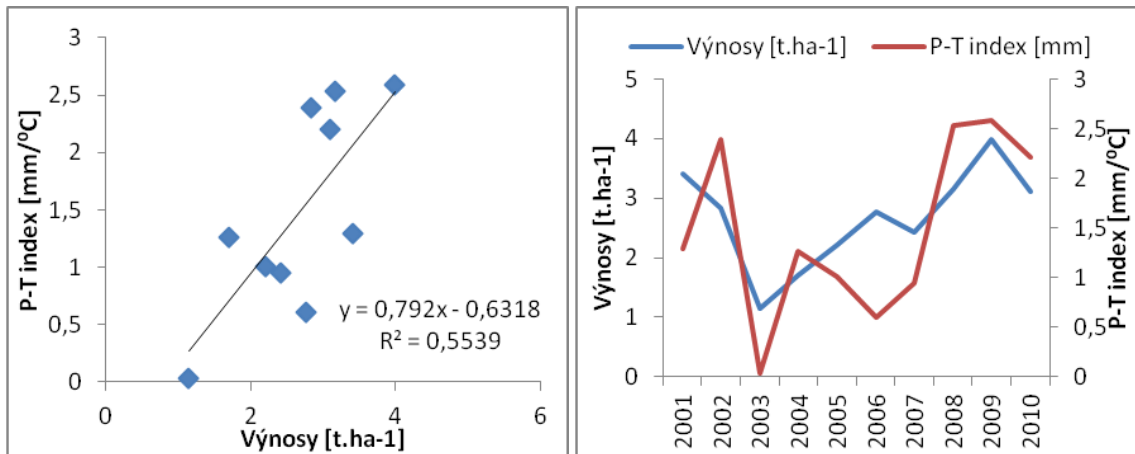
Zdroj: autor

**Příloha 31: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-T indexu pro 27. týden**



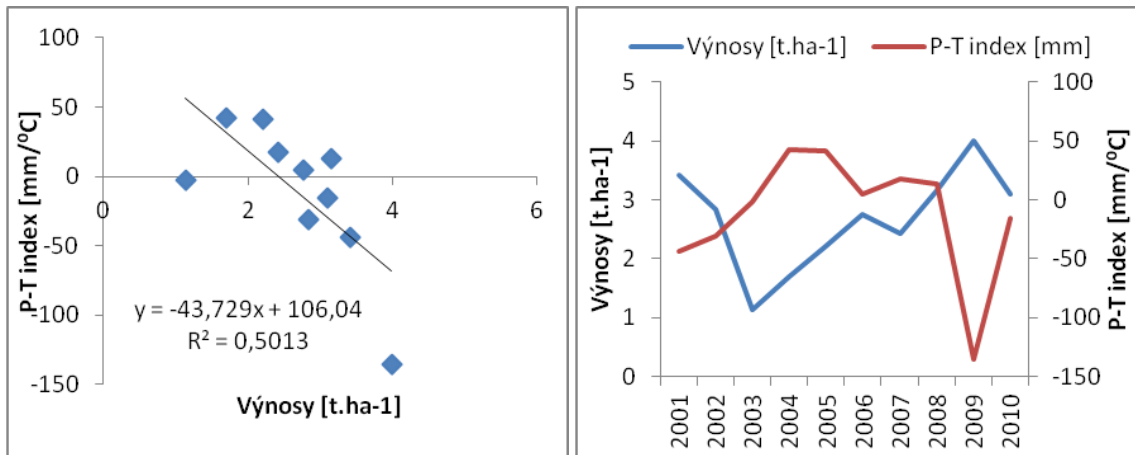
Zdroj: autor

**Příloha 32: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-T indexu pro 1. dvoutýden**



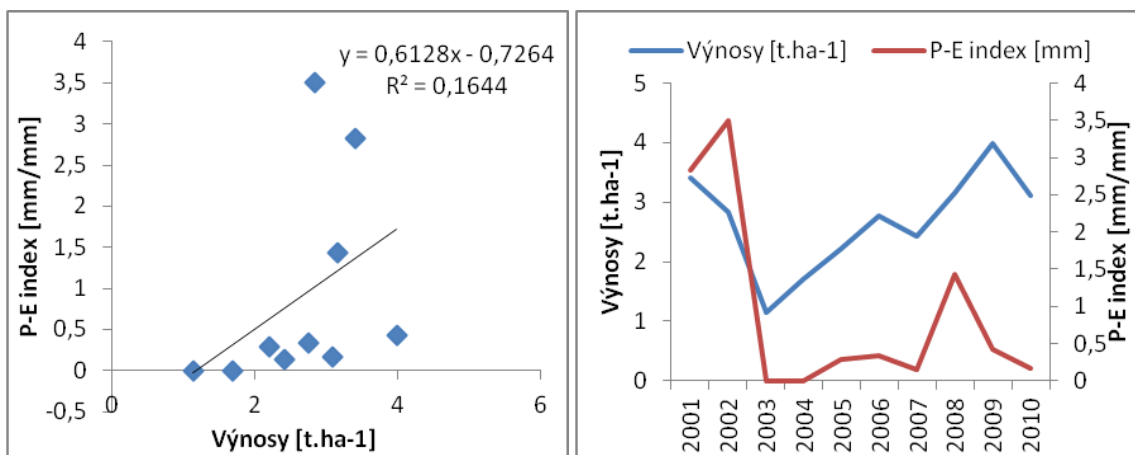
Zdroj: autor

**Příloha 33: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-T indexu pro 11. čtyřtýden**



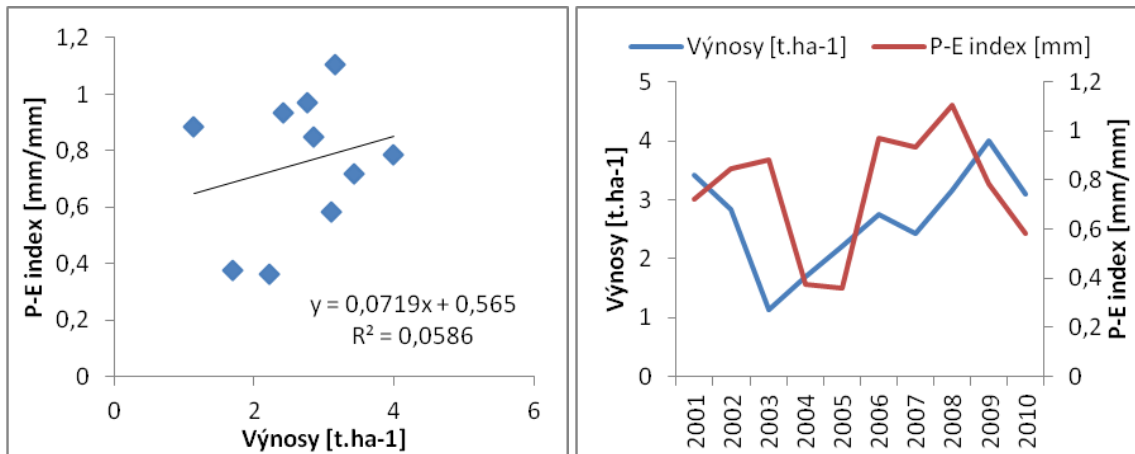
Zdroj: autor

**Příloha 34: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-E indexu pro 27. týden**



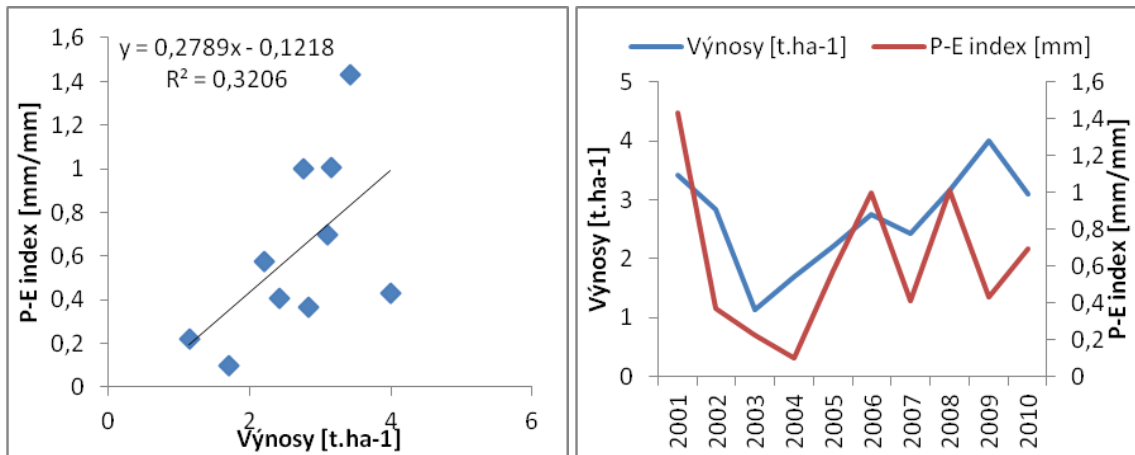
Zdroj: autor

**Příloha 35: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-E indexu (Louny) pro 10. dvoutýden**



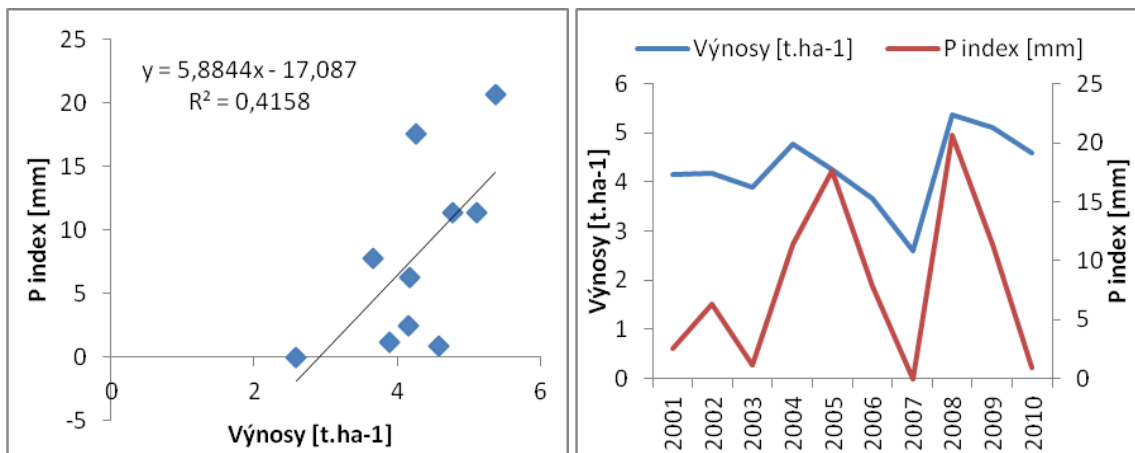
Zdroj: autor

**Příloha 36: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-E indexu (Louny) pro 2. čtyřtýden**



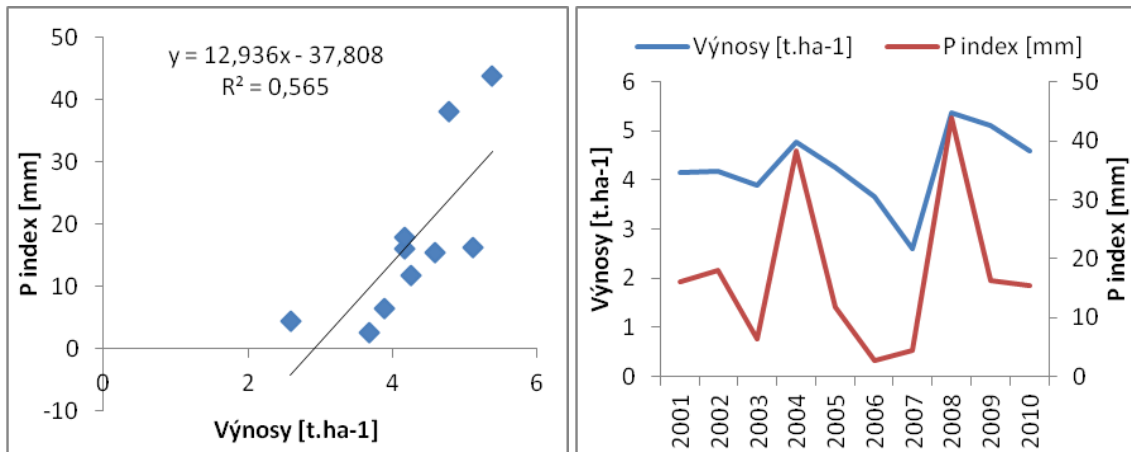
Zdroj: autor

**Příloha 37: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P indexu pro 9. týden**



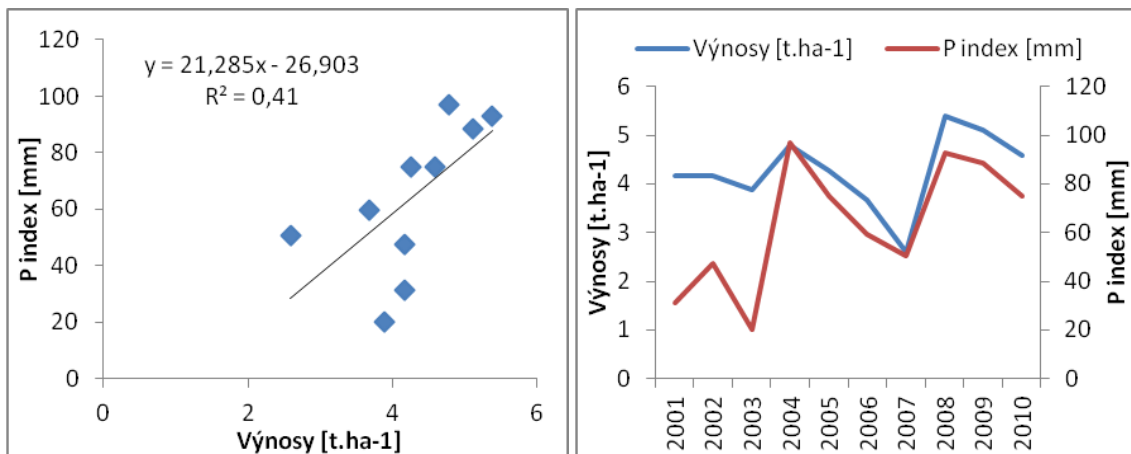
Zdroj: autor

**Příloha 38: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P indexu pro 8. dvoutýden**



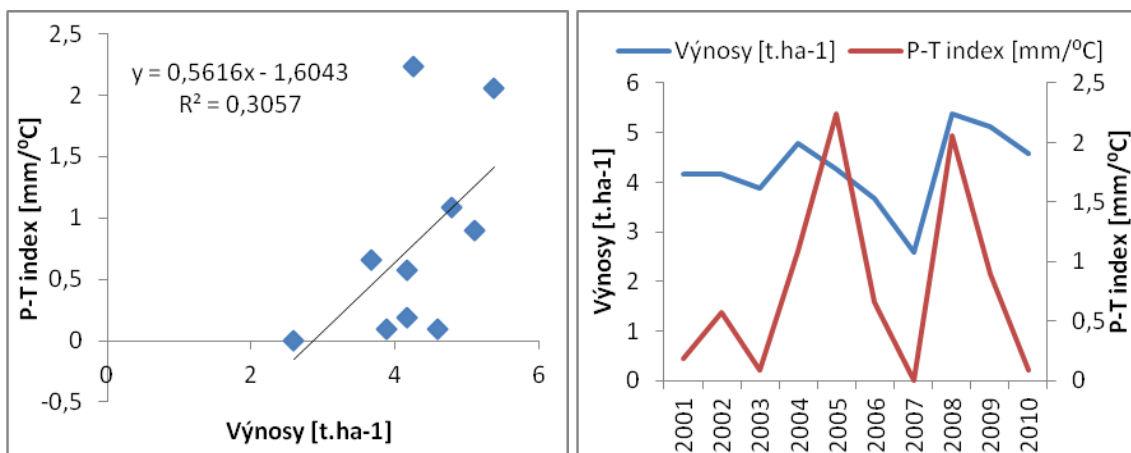
Zdroj: autor

**Příloha 39: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P indexu pro 4. čtyřtýden**



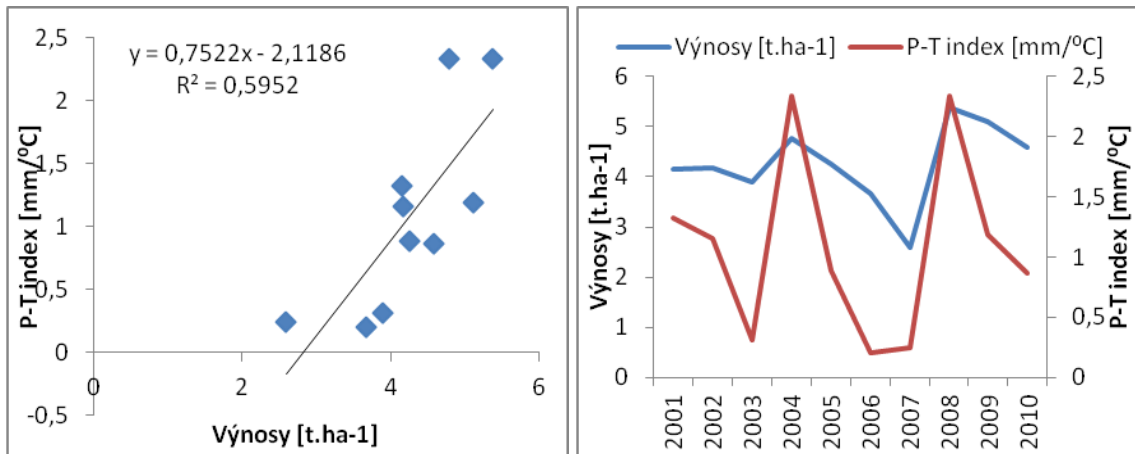
Zdroj: autor

**Příloha 40: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-T indexu pro 9. týden**



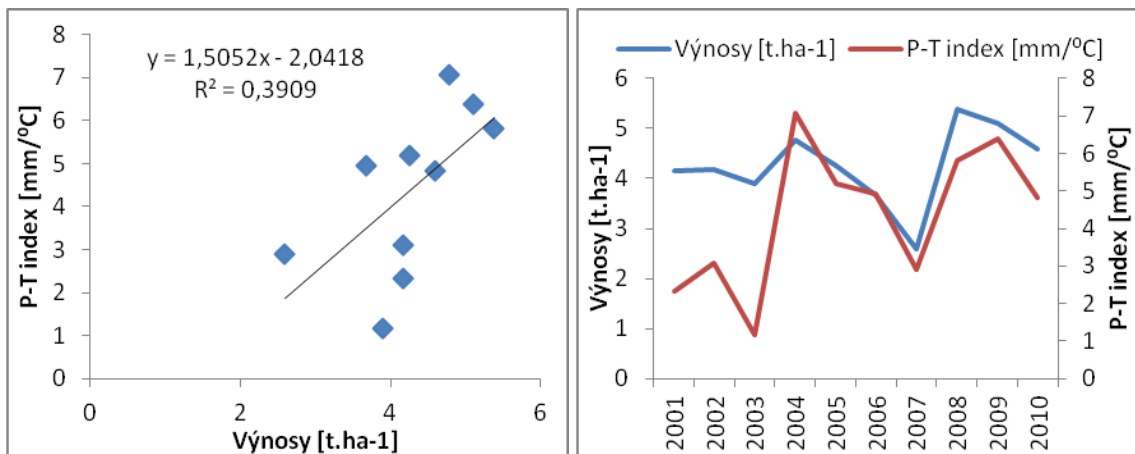
Zdroj: zdroj

**Příloha 41: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-T indexu pro 8. dvoutýden**



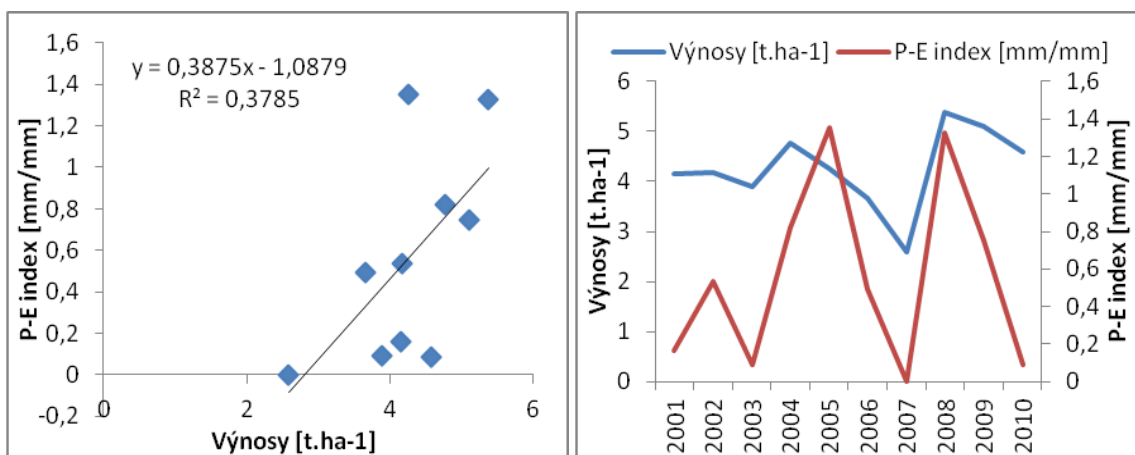
Zdroj: autor

**Příloha 42: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-T indexu pro 4. čtyřtýden**



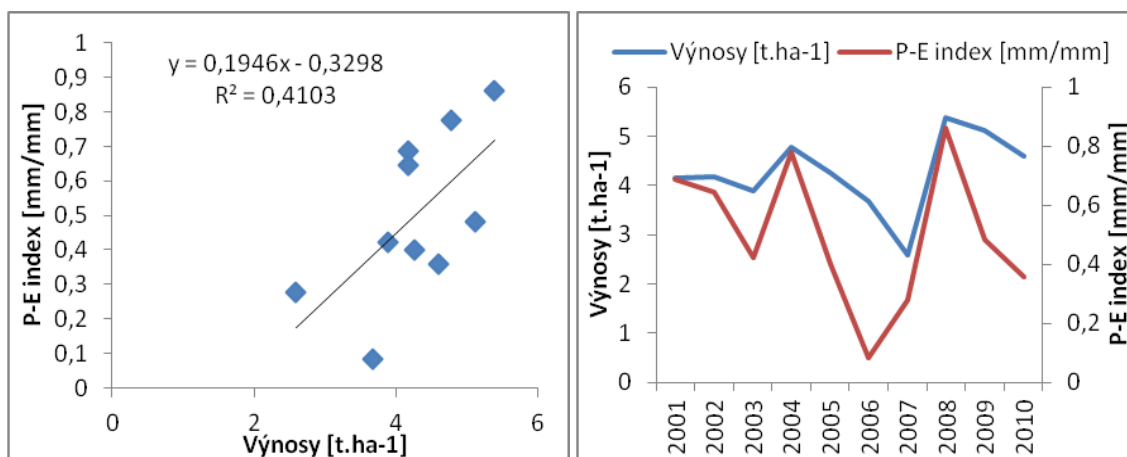
Zdroj: autor

**Příloha 43: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-E indexu pro 9. týden**



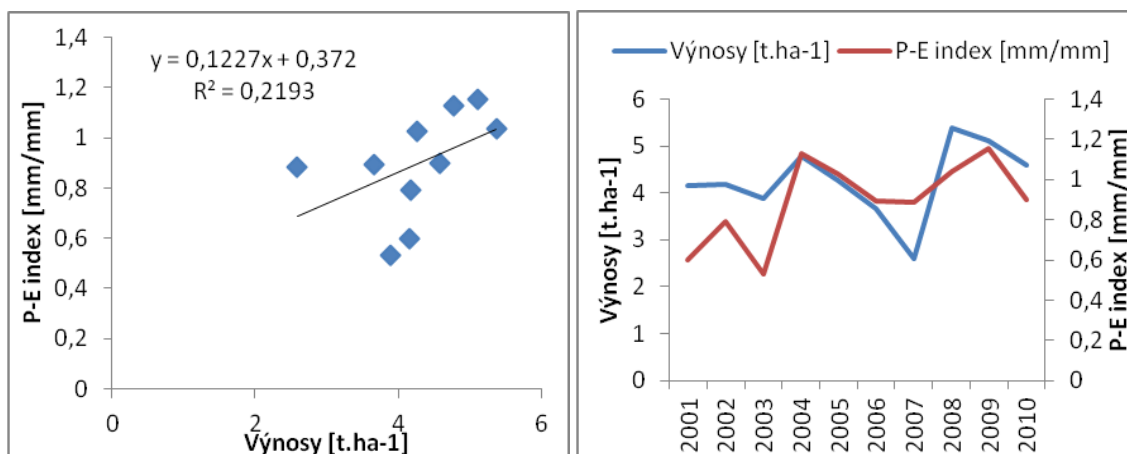
Zdroj: autor

**Příloha 44: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-E indexu pro 8. dvoutýden**



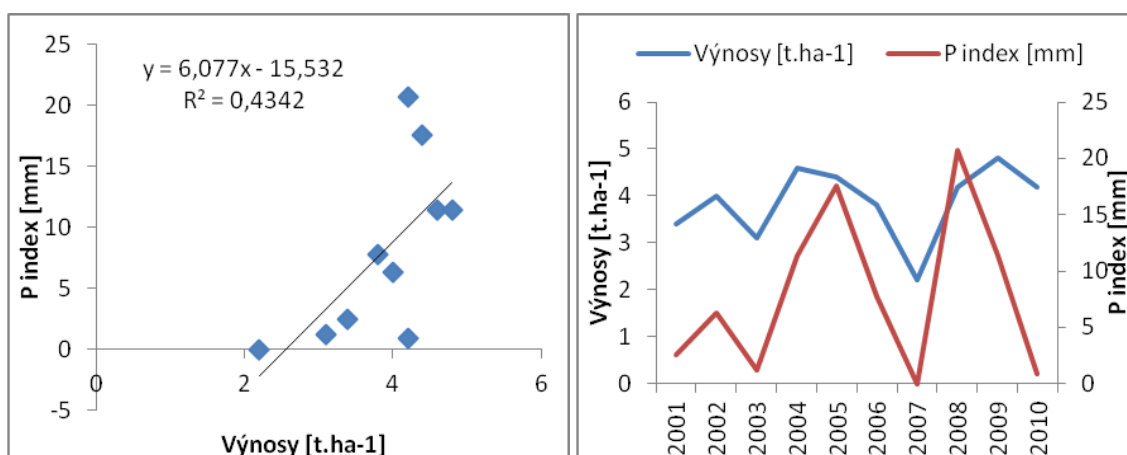
Zdroj: autor

**Příloha 45: Korelace výnosů pšenice s hodnotami P-E indexu pro 4. čtyřtýden**



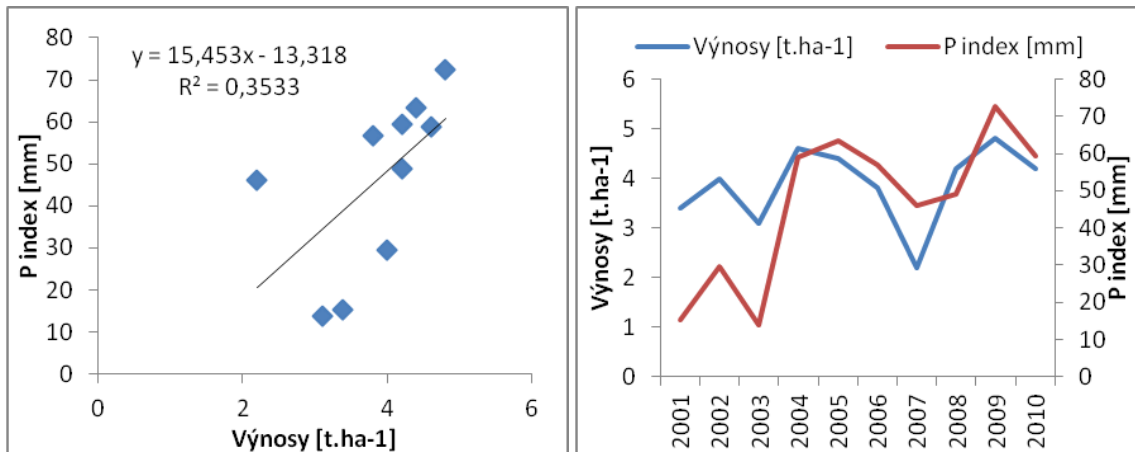
Zdroj: autor

**Příloha 46: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P indexu pro 9. týden**



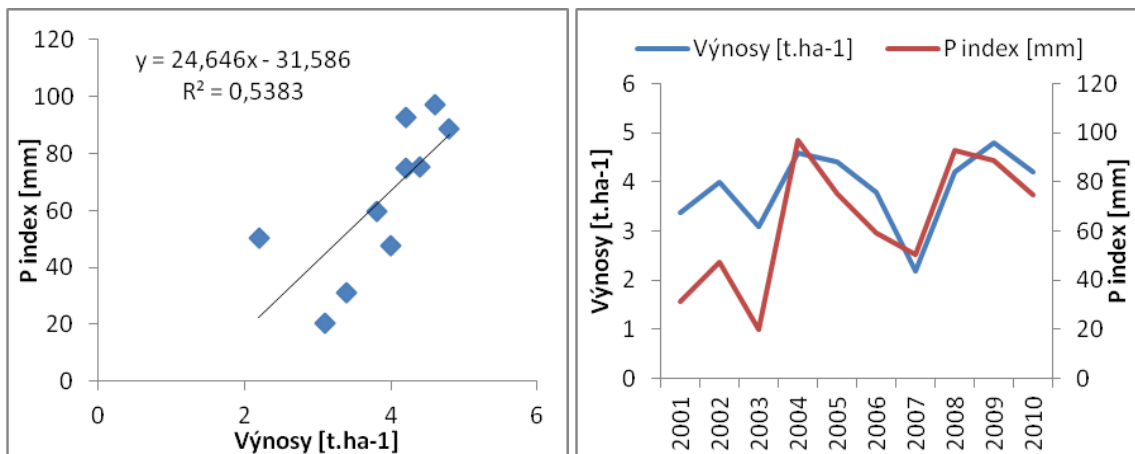
Zdroj: autor

**Příloha 47: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P indexu pro 7. dvoutýden**



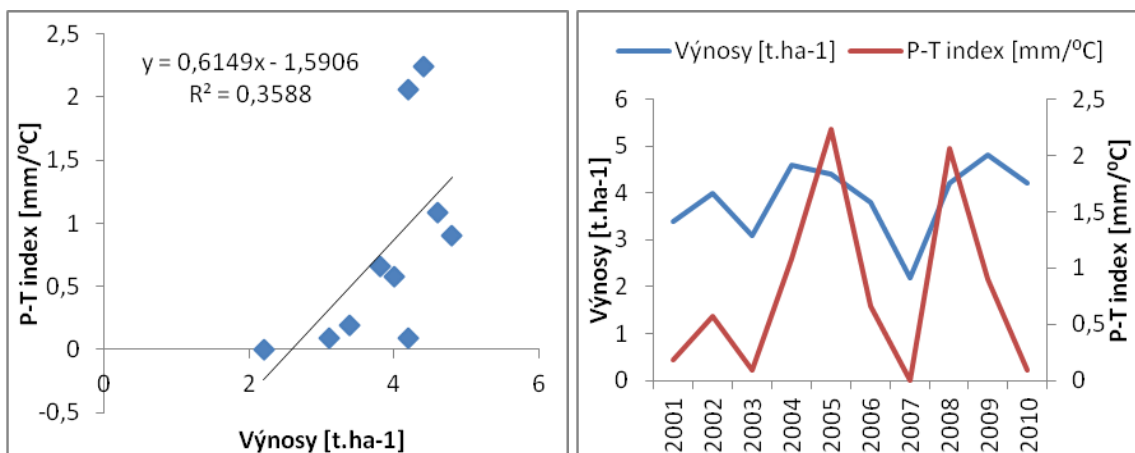
Zdroj: autor

**Příloha 48: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P indexu pro 4. čtyřtýden**



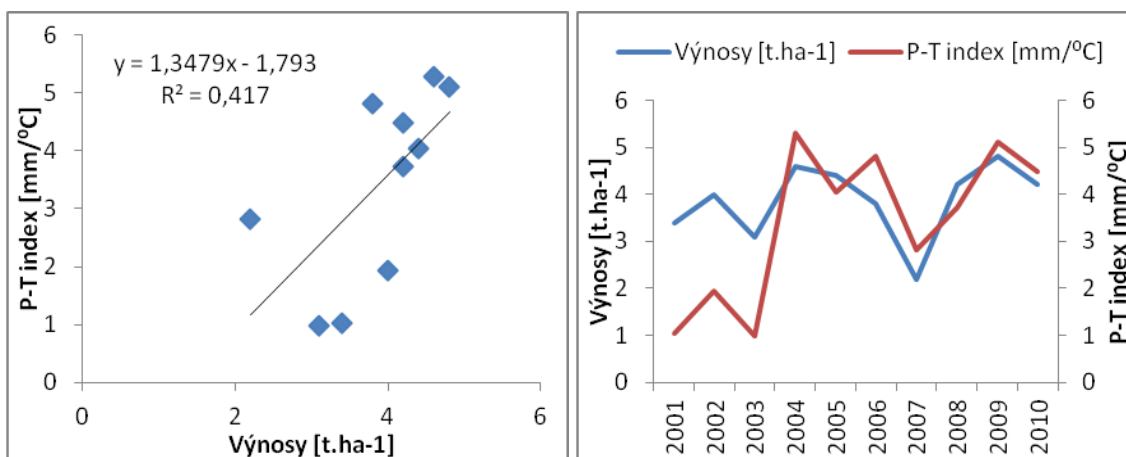
Zdroj: autor

**Příloha 49: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-T indexu pro 9. týden**



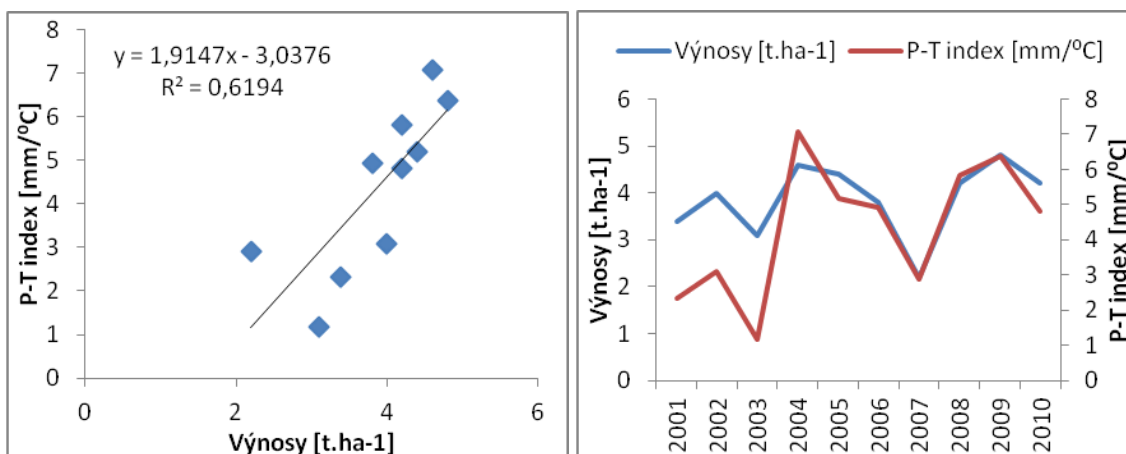
Zdroj: autor

**Příloha 50: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-T indexu pro 7. dvoutýden**



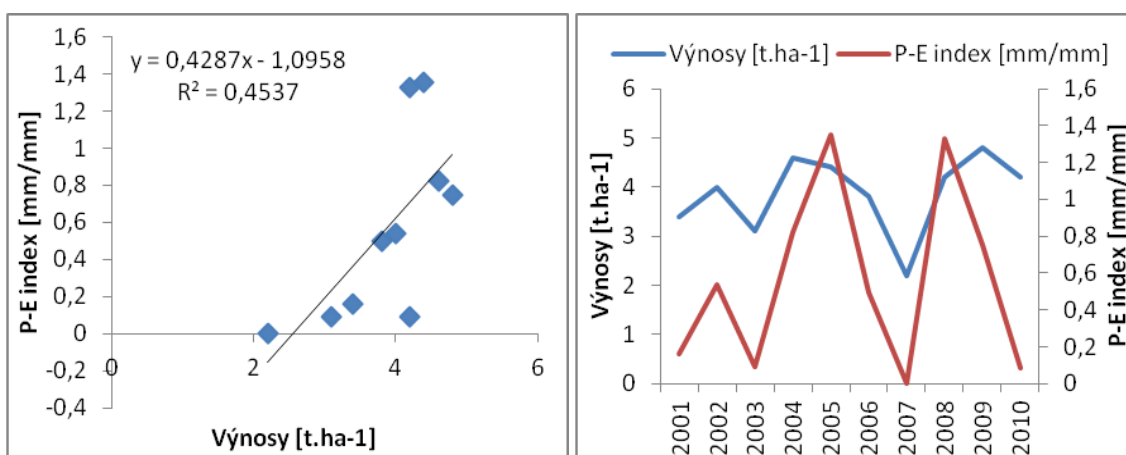
Zdroj: autor

**Příloha 51: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-T indexu pro 4. čtyřtýden**



Zdroj: autor

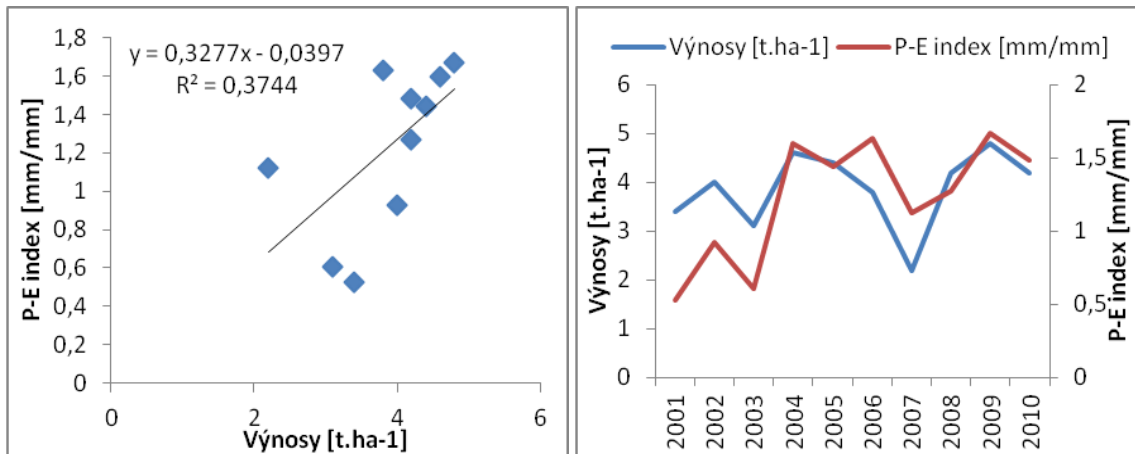
**Příloha 52: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-E indexu pro 9. týden**



Zdroj: autor

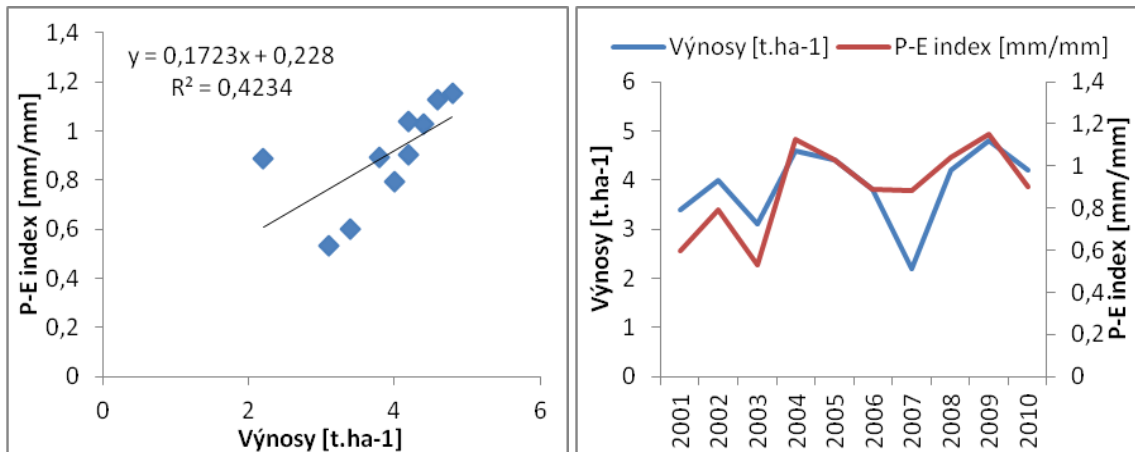


**Příloha 53: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-E indexu pro 7. dvoutýden**



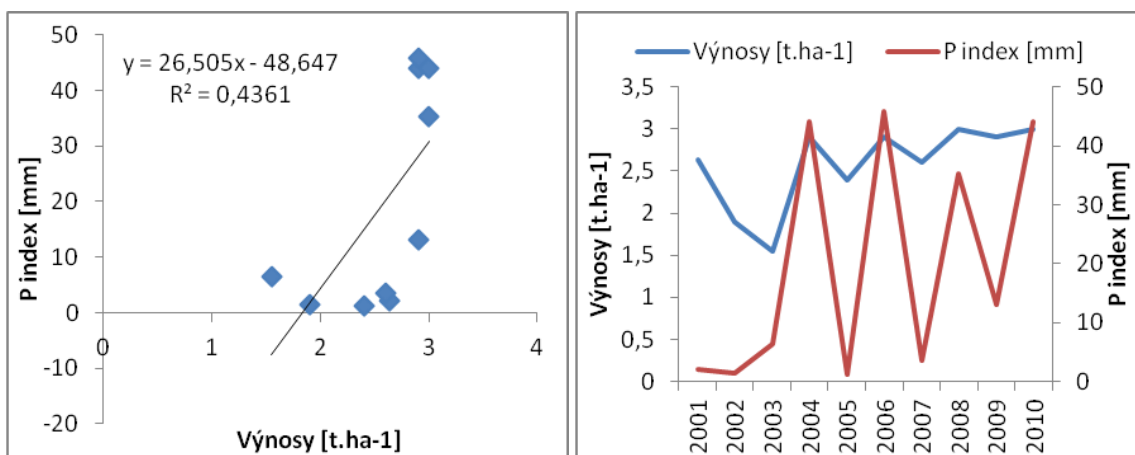
Zdroj: autor

**Příloha 54: Korelace výnosů ječmene jarního s hodnotami P-E indexu pro 4. čtyřtýden**



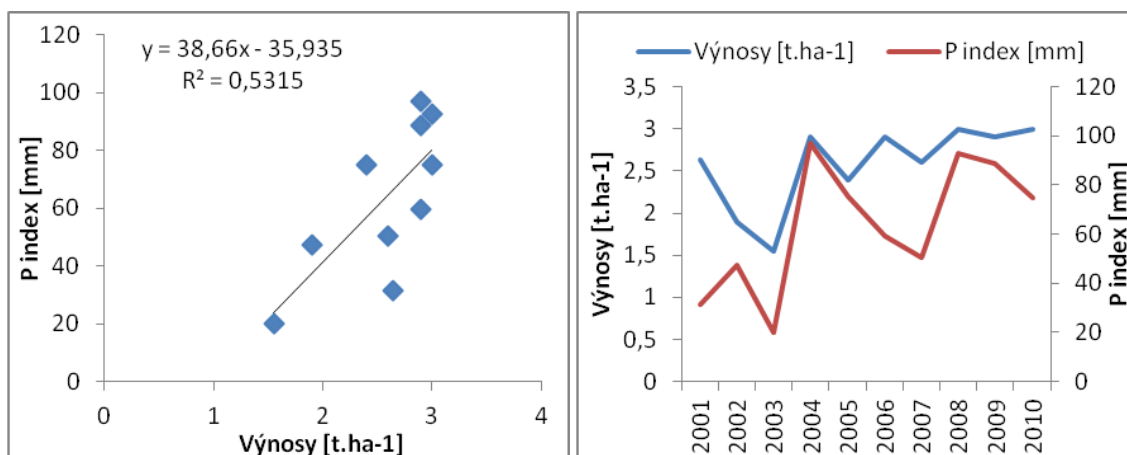
Zdroj: autor

**Příloha 55: Korelace výnosů řepky s hodnotami P indexu pro 14. týden**



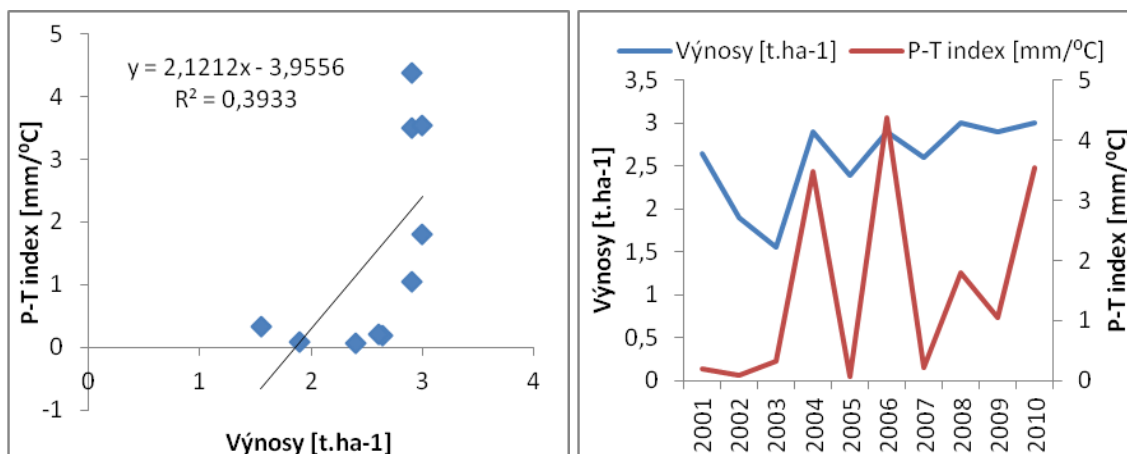
Zdroj: autor

**Příloha 56: Korelace výnosů řepky s hodnotami P indexu pro 4. čtyřtýden**



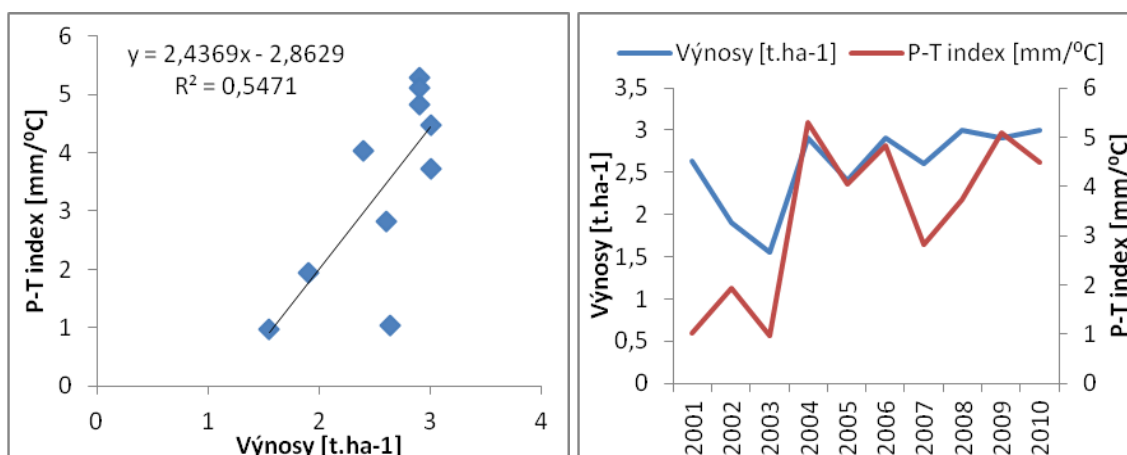
Zdroj: autor

**Příloha 57: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-T indexu pro 14. týden**



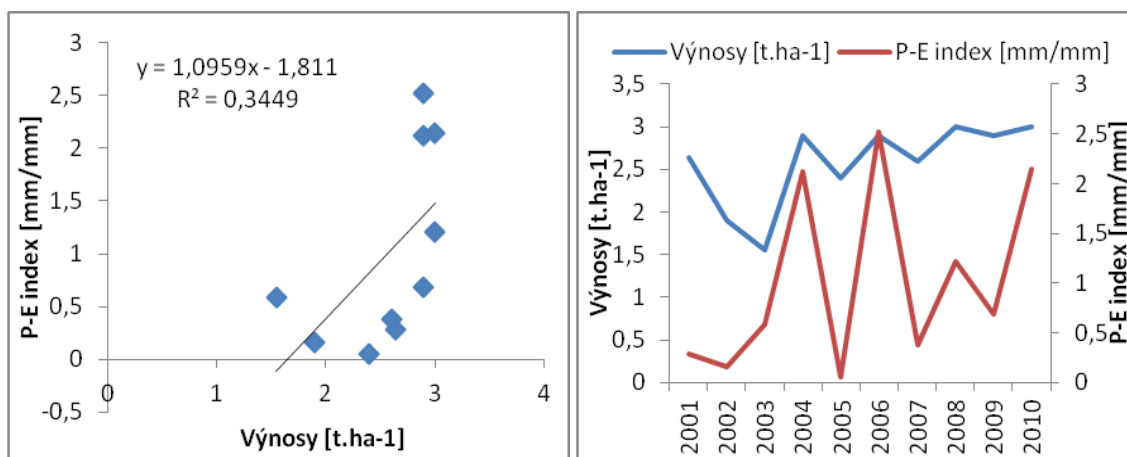
Zdroj: autor

**Příloha 58: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-T indexu pro 7. dvoutýden**



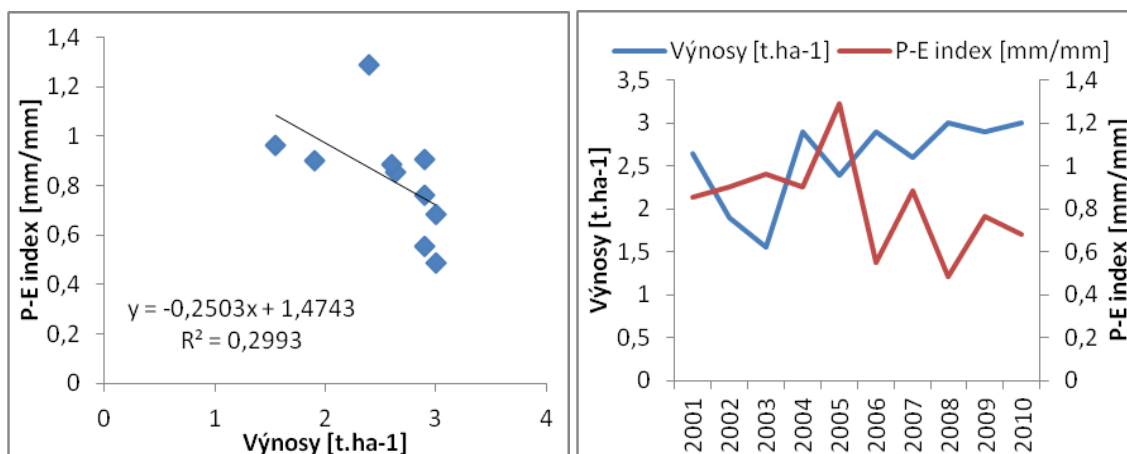
Zdroj: autor

**Příloha 59: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-E indexu pro 14. týden**



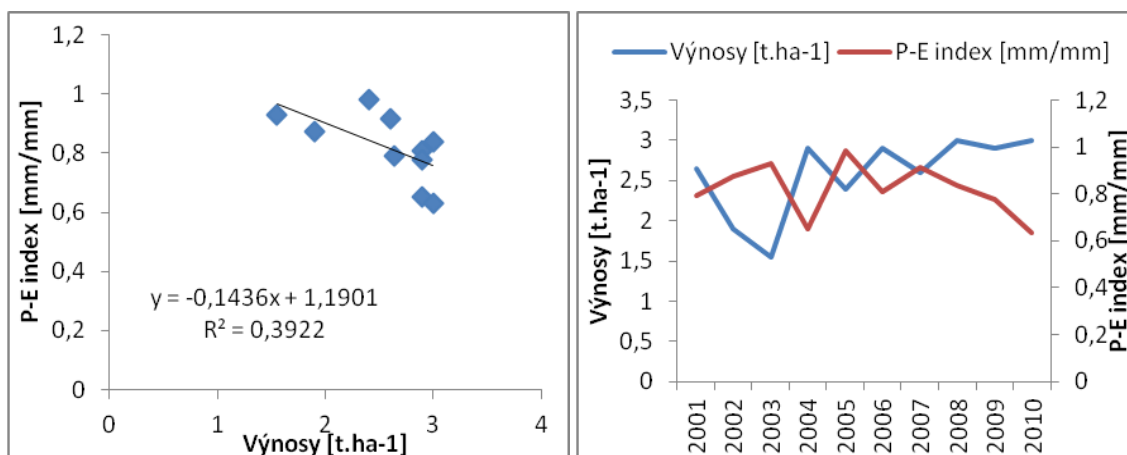
Zdroj: autor

**Příloha 60: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-E indexu pro 10. dvoutýden**



Zdroj: autor

**Příloha 61: Korelace výnosů řepky s hodnotami P-E indexu pro 5. čtyřtýden**



Zdroj: autor