

# RELATIONSHIP BETWEEN METEOROLOGICAL DROUGHT AND REGIONAL YIELDS OF SELECTED CROPS

## VZTAH MEZI METEOROLOGICKÝM SUCHEM A REGIONÁLNÍMI VÝNOSY VYBRANÝCH PLODIN

**Hlavinka P., Trnka M., Semerádová D., Žalud Z., Rischbeck P.**

Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: phlavinka@centrum.cz, zalud@mendelu.cz

---

### ABSTRACT

The relationship between detrended yields of selected crops (spring barley and winter wheat) and meteorological drought assessed by Palmer's Z-index was studied. Analysis was carried out for the period from 1961 to 2000. The assessment was conducted in 74 selected districts within Czech Republic. In 42 districts for spring barley and in 26 districts for winter wheat was detected statistically significant dependence between yields and derived product of relative monthly Z-index. Coefficients of correlation for selected variables in individual districts varied from 0.70 to 0.11 (for spring barley) and from 0.59 to 0.02 (for winter wheat). Data analysis proved that severe droughts (e.g. in 1981 and 2000) could be linked with significant reduction of yields of spring barley and winter wheat through region of southern Moravia. The study also shows that yields of spring barley are more dependent on water stress than yields of winter wheat.

**Key words:** Palmer's Z-index, spring barley, winter wheat

### ABSTRAKT

V rámci předkládané práce byl studován vztah mezi detrendovanými výnosy vybraných plodin (ječmen jarní a pšenice ozimá) a meteorologickým suchem hodnoceným pomocí Palmerova Z-indexu. Analýza byla provedena na datech z období 1961-2000, přičemž hodnocení proběhlo v 74 okresech v ČR. Z toho ve 42 okresech u ječmene jarního a 26 u pšenice ozimé byla prokázána statisticky významná závislost mezi výnosy a výskytem sucha popsáno s využitím relativního měsíčního Z-indexu. Koeficient korelace u sledovaných proměnných dosahoval v jednotlivých okresech hodnot 0,70 až 0,11 (pro ječmen jarní) a současně 0,59 až 0,02 (pro pšenici ozimou). Studie také potvrdila, že v Jihomoravském kraji mohou být silné epizody sucha (např. v letech 1981 a 2000) spojeny s výrazným poklesem ve výnosech jak u pšenice ozimé, tak ječmene jarního. Výsledky také prokázaly vyšší vliv sucha na tvorbu výnosů u ječmene jarního (oproti pšenici ozimé).

**Klíčová slova:** Palmerův Z-index, ječmen jarní, pšenice ozimá

## ÚVOD

Sucho je nedílnou součástí podmínek klimatu, které ovlivňovaly a budou ovlivňovat životní prostředí i národní ekonomiky v řadě regionů včetně střední Evropy (např. Možný, 2004 nebo Svoboda et al., 2002). Sucho je primárně vyvoláno deficitem srážek během určitého sledovaného období. Doposud neexistuje jednotná obecně přijatelná definice sucha, nicméně obvykle rozlišujeme 4 typy sucha (např. Heim 2002) a to tzv. sucho meteorologické, zemědělské, hydrologické a socioekonomické. Meteorologické sucho je nejčastěji popisováno jako záporná odchylka srážek od normálu během určitého časového období, avšak jeho specifická a tedy prakticky použitelná definice musí být dále upřesněna pro jednotlivé regiony (např. Heim, 2002; Svoboda et al., 2002 atd.).

Obecně platí, že meteorologické sucho vede ke vzniku deficitu dostupné vody v půdě, což negativně ovlivňuje růst a vývoj rostlin, způsobuje problémy při zásobování vodou apod. (Wilhite a Glantz, 1985). Potřeba vody u kulturních rostlin pak závisí zejména na aktuálních meteorologických podmínkách (tj. na kombinaci vlhkosti a teploty vzduchu, intenzitě záření a rychlosti větru), na fenologické fázi, fyzikálních a biologických vlastnostech půdy a v neposlední řadě na fyziologických parametrech samotné plodiny (odrůdy).

Předkládaná práce se zabývá zkoumáním prakticky využitelné vazby mezi výskytem sucha a výnosy jarního ječmene a pšenice ozimé na území České republiky. Studium tohoto vztahu bylo provedeno na datech z období 1961 až 2000. Získané výsledky mohou být dále využity ke studiu vlivu tohoto fenoménu na vybrané plodiny jak v podmínkách současného tak budoucího klimatu.

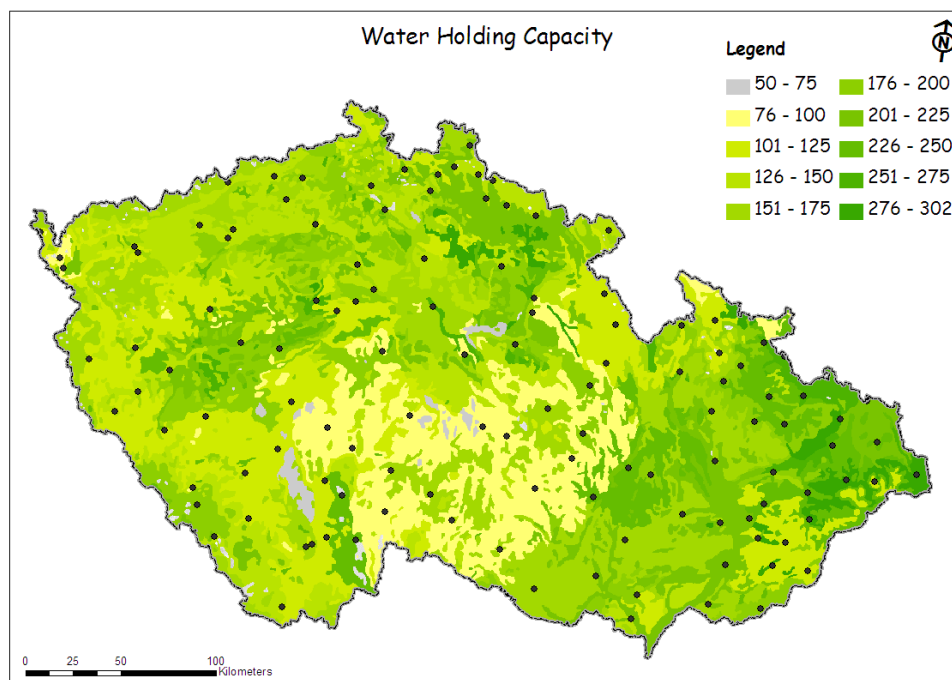
Jednou z možností, jak determinovat výskyt sucha je využití Palmerova Z-indexu (Palmer, 1965). Studie Quiringa a Papakryiakou (2003) provedená pro obilnářskou oblast jižní Kanady uvádí tento indikátor jako nejvhodnější nástroj k předpovědi úrovně výnosů jarní pšenice (*Tritium aestivum L.*) v případě, že se během vegetace vyskytne významný vlhkostní stres. Jako další byly v Kanadské studii stejným způsobem hodnoceny ještě Palmerův Index Intenzity Sucha (PDSI), Standardizovaný srážkový index (SPI) a index sucha NOAA, avšak při jejich použití byly dosaženy horší výsledky. I na základě toho byl pro účely této práce zvolen jako indikátor sucha právě Z-index.

## MATERIÁL A METODIKA

Samotný výpočet Palmerova Z-indexu vychází z vodní bilance studovaného území, která zahrnuje úhrn srážek za sledované období (typicky 1 měsíc), aktuální obsah a pohyb vody v půdě a výdejovou odtokovou a evapotranspirační složku. Zahrnutý výpočet Evapotranspirace vychází z Thornthwaitovy metody (Thornthwaite, 1948). Palmer vyšel z předpokladu, že půdní profil je možné redukovat na dvě vrstvy, svrchní ornici a spodní vrstvu kořenovou. Dokud není orniční vrstva plně nasycena vodou, nedochází k její perkolaci do vrstvy spodní. Povrchový odtok je do výpočtu indexu zahrnut až v okamžiku, kdy jsou obě půdní vrstvy nasyceny na hodnotu maximální retenční kapacity a současně je pokryt výdej vody evapotranspirací v příslušném měsíci. Hodnota retenční kapacity půdního profilu

(viz. Obr. 1) tak představuje významný vstupní parametr. Maximální retenční schopnost půd byla stanovena pro 25 základních půdních typů a to na základě databáze 1071 výběrových sond Komplexního průzkumu půd. Každému půdnímu polygonu na digitální mapě půdních typů ČR 1:1 000 000 byla následně přiřazena příslušná hodnota retenční kapacity, která vstupovala do jednotlivých výpočtů.

*Obr. 1 Mapa retenční kapacity půdy na území ČR. Body na mapě znázorňují polohu 125 klimatologických stanic, ze kterých byla využita denní data k výpočtu a interpolaci měsíčního relativního Z-indexu.*

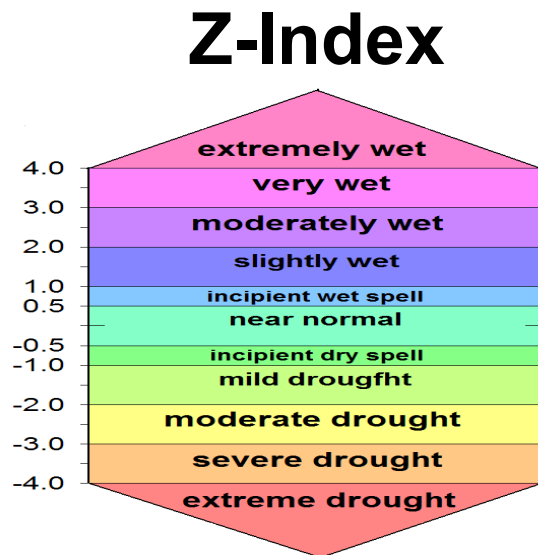


Na základě klimatologické analýzy zkoumané lokality/území zavedl Palmer pojem „klimatologického optima“ (KO) pro dané podmínky, který umožňuje odvodit bezrozměrnou hodnotu indexu a porovnávat ji s údaji z jiných stanic či období. Stanovení Z-indexu začíná odvozením složek vodní bilance a v konečné fázi je rozdíl mezi skutečnými srážkami a hodnotou KO převeden na bezrozměrné číslo označované jako Z-index. Jde tedy o odchylku srážek od KO v konkrétním měsíci bez ohledu na stav vodní bilance v předcházejícím období. Sucho je potom detekováno zápornými hodnotami Z-indexu (viz. Obr. 2). Pro daný měsíc může být Z-index využit jako výchozí a klíčová složka pro výpočet PDSI, kdy se navíc zohledňují i hodnoty Z-indexu v období předešlém (Heim, 2002).

V předkládané studii byl jako indikátor sucha konkrétně aplikován tzv. relativní Palmerův Z-index (Dubrovský et al., 2005), který nám umožňuje lépe provádět klimatologická mezistaniční srovnání. Relativní Palmerův Z-index je modifikací původního výpočtu, kdy pro celé území ČR byla stanovena jednotná hodnota klimatologického optima. Pomocí prostorové analýzy byly odvozeny průměrné hodnoty relativních Z-indexů na orné

půdě (viz. Obr. 3) pro každý okres. Konkrétně se jednalo o hodnoty indexu pro měsíce duben, květen a červen v letech 1961 – 2000. Ke konečnému porovnání s výnosy byly využity sumy relativního Z-indexu za uvedené tři měsíce.

Obr. 2 Klasifikace hodnot Palmerova Z-indexu (Palmer, 1965) podle Dubrovský et al. (2005).



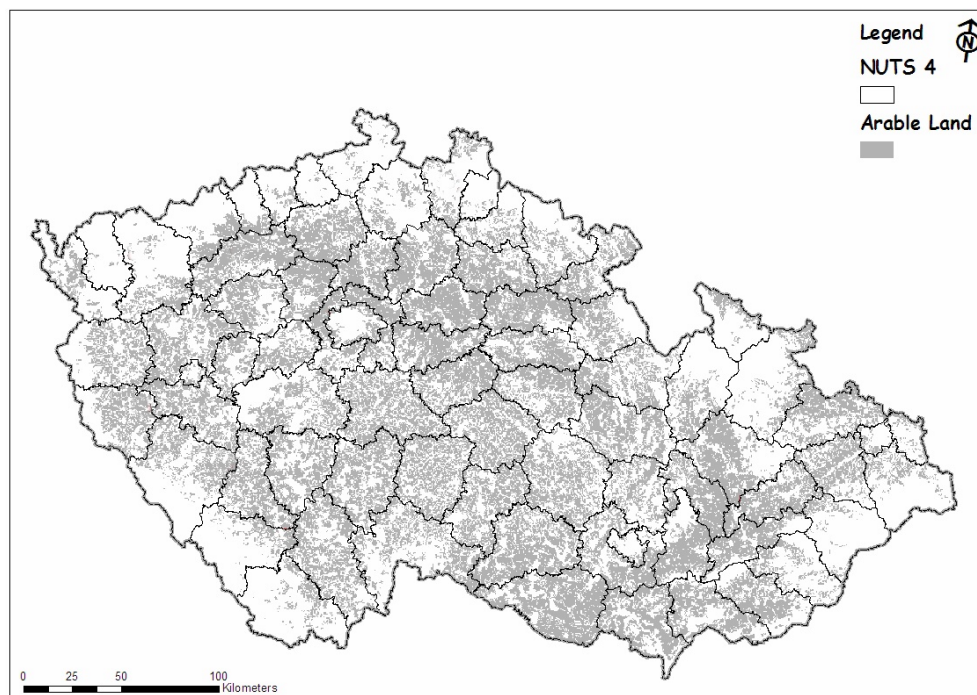
Ze zdrojů Českého statistického úřadu (ČSÚ) byly pro tuto studii získány průměrné výnosy jarního ječmene a pšenice ozimé v jednotlivých okresech ČR za období 1961-2000. Okresy Jeseník, Plzeň-město a Brno-město byly ze základního souboru dat pro jejich malou výměru pěstování sledovaných plodin vyřazeny.

Analýza vstupního souboru dat prokázala významný trend ve vývoji výnosů obou vybraných plodin během sledovaného období, což odpovídá změnám v pěstebních technologiích (např. úroveň hnojení, zavádění nových odrůd, meliorace, intenzivní ochrana rostlin atp.). Proto bylo před zahájením další práce nutné tento faktor ze vstupních dat odstranit, a tak získat průměrné detrendované výnosy pro všechny zahrnuté okresy.

Základním kritériem pro hodnocení vztahu mezi relativním Z-indexem a detrendovanými okresními výnosy sledovaných plodin byl v rámci této studie koeficient korelace. Statistická významnost závislosti mezi výše uvedenými veličinami pak byla určena na 5% a 1% hladině významnosti.

V rámci této práce byly rovněž okresy ČR rozděleny na základě clusterové analýzy (v prostředí statistického programu SPSS) do 6 regionů. Kritériem pro jejich rozčlenění byl chod relativního Z-indexu v období 1961-2000. Do clusterové analýzy nebyly zařazeny okresy, u kterých pěstební plocha ječmene jarního nebo pšenice ozimé ve více než 2/3 let nepřesáhla 0,5% jejich výměry v rámci ČR.

Obr. 3 Mapa okresů ČR s vyznačenou rozlohou orné půdy (šedá barva).



U rozdělených okresů do šesti skupin byla porovnáována závislost úrovně výnosů na hodnotách relativního Z-indexu souhrnně v takto vymezených regionech. V každé z šesti oblastí byla závislost mezi sledovanými veličinami hodnocena pomocí vybraných statistických metod (viz. výsledky a diskuze).

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Závislost mezi detrendovanými výnosy vybraných plodin (ječmen jarní a pšenice ozimá) a relativními Z-indexy (sumy za měsíce duben, květen a červen) pro daný okres a rok popisuje Tabulka 1, která uvádí koeficienty korelace mezi zmíněnými veličinami. Ve 42 (pro ječmen j.) a 26 (pro pšenici o.) ze 74 hodnocených okresů byla prokázána statisticky významná závislost (hladina významnosti 1%). Nejvyšší stupeň závislosti výnosu ječmene j. na relativním Z-indexu byl zjištěn v okrese Brno-venkov ( $r = 0,62$ ) a u pšenice o. v okrese Litoměřice ( $r = 0,59$ ). Naopak nejnižší stupeň závislosti byl u ječmene j. prokázán v okresech Olomouc a Karviná (v obou případech  $r = 0,10$ ) a pšenice o. vykazovala nejnižší závislost na relativním Z-indexu v okrese Sokolov ( $r = 0,02$ ). Průměrně koeficienty korelace ze 74 hodnocených okresů u ječmene j. dosáhly hodnoty 0,41 a u pšenice o. 0,33. Ve srovnání s výsledky Quringa a Papakryiakou (2003) dosahují odvozené koeficienty korelace uvedené v Tabulce 1 nižších hodnot. To může být vysvětleno jednak celkově vlhčím charakterem podnebí ČR oproti Kanadským prériím, na kterých byla provedena zmíněná studie s jarní pšenicí. Význam má bezesporu i rozdílné zastoupení půdních druhů a rovněž může existovat větší tolerance jarního ječmene a pšenice ozimé vůči suchu v porovnání s pšenicí jarní.

Z Tabulky 1 i z Obrázků 4 a 5, které graficky znázorňují rozdělení okresů ČR do kategorií podle zjištěného koeficientu korelace (samostatně pro každou plodinu), je zřejmé, že

výnos ječmene jarního vykazuje vyšší závislost na relativním Z-indexu ve srovnání s pšenicí ozimou. Ječmen j. je rovněž suchem ohrožen ve více okresech.

Tab. 1 Přehled koeficientů korelace popisujících závislost mezi relativními Z-indexy (sumy za měsíce duben, květen a červen pro každý rok) a detrendovanými průměrnými výnosy jarního ječmene (j) a pšenice ozimé (p) za období 1961-2000. Tučným podtrženým písmem jsou označeny koeficienty korelace, které jsou důkazem existence statisticky významné závislosti mezi sledovanými veličinami (na 1% hladině významnosti) v daném okrese.

<b><u>Středočeský kraj:</u></b>			<b><u>Jihočeský kraj:</u></b>			<b><u>Západočeský kraj:</u></b>		
Okres	r (j)	r (p)	okres	r (j)	r (p)	okres	r (j)	r (p)
Praha hl.m.	0.18	0.20	České Budějovice	<b><u>0.49</u></b>	<b><u>0.50</u></b>	Domažlice	0.38	0.29
Benešov	<b><u>0.55</u></b>	<b><u>0.43</u></b>	Český Krumlov	<b><u>0.41</u></b>	0.21	Cheb	0.25	0.28
Beroun	<b><u>0.45</u></b>	<b><u>0.44</u></b>	Jindřichův Hradec	<b><u>0.51</u></b>	<b><u>0.47</u></b>	Karlovy Vary	0.37	0.26
Kladno	<b><u>0.50</u></b>	<b><u>0.41</u></b>	Pelhřimov	<b><u>0.52</u></b>	<b><u>0.40</u></b>	Klatovy	<b><u>0.49</u></b>	0.33
Kolín	<b><u>0.41</u></b>	0.29	Písek	<b><u>0.58</u></b>	<b><u>0.48</u></b>	Pižeň-jih	<b><u>0.41</u></b>	0.29
Kutná Hora	<b><u>0.58</u></b>	<b><u>0.47</u></b>	Prachatice	0.37	0.32	Pižeň-sever	<b><u>0.49</u></b>	<b><u>0.53</u></b>
Mělník	<b><u>0.43</u></b>	<b><u>0.44</u></b>	Strakonice	<b><u>0.51</u></b>	0.38	Rokycany	<b><u>0.51</u></b>	<b><u>0.41</u></b>
Mladá Boleslav	0.24	0.18	Tábor	<b><u>0.57</u></b>	<b><u>0.55</u></b>	Sokolov	0.24	0.02
Nymburk	0.27	0.16				Tachov	0.37	0.21
Praha - východ	0.35	0.33						
Praha - západ	<b><u>0.42</u></b>	0.37						
Příbram	<b><u>0.57</u></b>	<b><u>0.41</u></b>						
Rakovník	<b><u>0.48</u></b>	<b><u>0.42</u></b>						

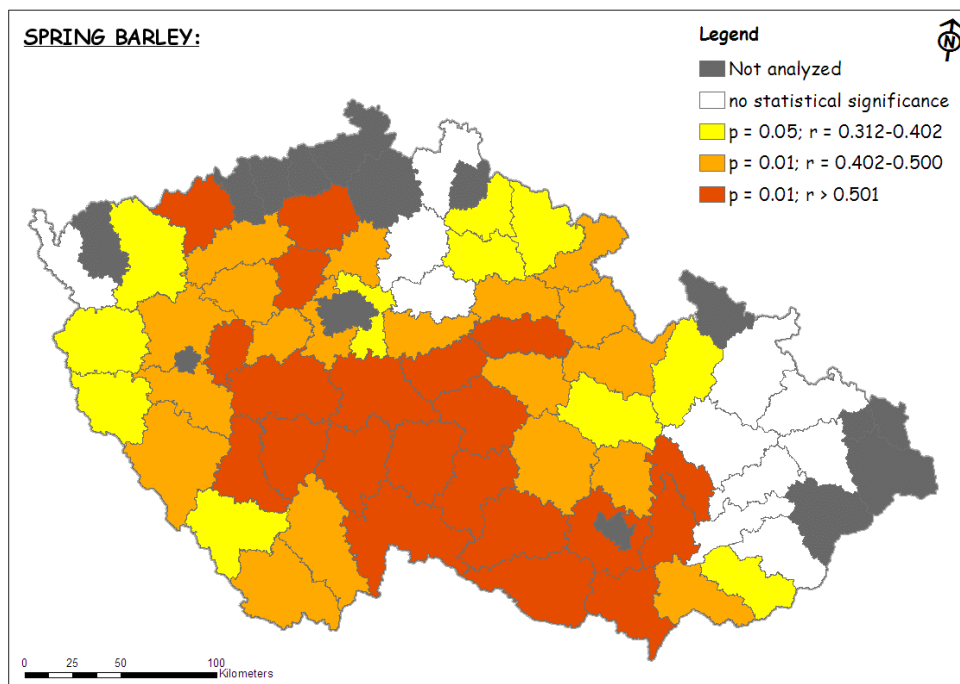
  

<b><u>Severočeský kraj:</u></b>			<b><u>Východočeský kraj:</u></b>			<b><u>Severomoravský kraj:</u></b>		
okres	r (j)	r (p)	okres	r (j)	r (p)	okres	r (j)	r (p)
Česká Lípa	0.24	0.24	Havlíčkův Brod	<b><u>0.60</u></b>	0.29	Bruntál	0.23	0.16
Děčín	0.33	0.34	Hradec Králové	<b><u>0.44</u></b>	0.37	Frýdek-Místek	0.17	0.15
Chomutov	<b><u>0.55</u></b>	<b><u>0.51</u></b>	Chrudim	<b><u>0.46</u></b>	0.34	Karviná	0.11	0.09
Jablonec nad N.	0.26	0.33	Jičín	0.37	0.27	Nový Jičín	0.18	0.11
Liberec	0.29	0.31	Náchod	<b><u>0.46</u></b>	0.27	Olomouc	0.22	0.26
Litoměřice	<b><u>0.57</u></b>	<b><u>0.59</u></b>	Pardubice	<b><u>0.54</u></b>	0.38	Opava	0.18	0.03
Louny	<b><u>0.50</u></b>	<b><u>0.52</u></b>	Rychnov nad K.	<b><u>0.41</u></b>	0.30	Ostrava-město	0.17	0.33
Most	<b><u>0.50</u></b>	<b><u>0.50</u></b>	Semily	0.35	0.35	Přerov	0.27	0.26
Teplice	0.31	0.39	Svitavy	0.39	0.16	Šumperk	0.38	<b><u>0.43</u></b>
Ústí nad Labem	0.27	0.10	Trutnov	<b><u>0.40</u></b>	0.32	Vsetín	0.36	0.13
			Ústí nad Orlicí	<b><u>0.44</u></b>	0.26			

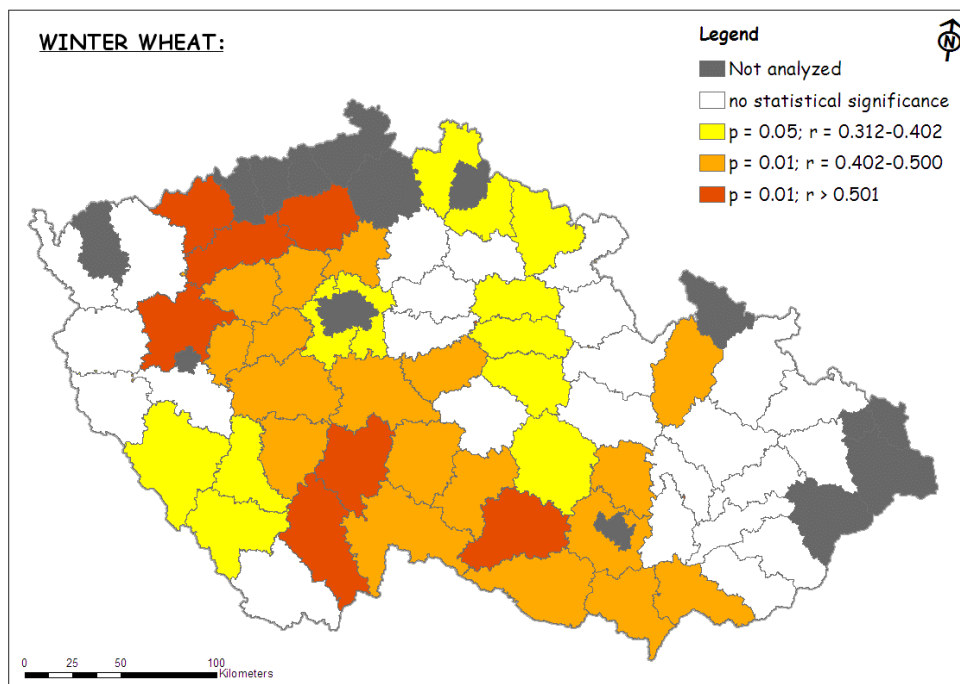
  

<b><u>Jihomoravský kraj:</u></b>		
okres	r (j)	r (p)
Blansko	<b><u>0.48</u></b>	<b><u>0.43</u></b>
Brno-venkov	<b><u>0.70</u></b>	<b><u>0.47</u></b>
Břeclav	<b><u>0.56</u></b>	<b><u>0.50</u></b>
Zlín	0.16	0.05
Hodonín	<b><u>0.41</u></b>	<b><u>0.42</u></b>
Jihlava	<b><u>0.56</u></b>	<b><u>0.43</u></b>
Kroměříž	0.23	0.17
Prostějov	<b><u>0.50</u></b>	0.16
Třebíč	<b><u>0.60</u></b>	<b><u>0.53</u></b>
Uherské Hradiště	0.34	0.10
Vyškov	<b><u>0.63</u></b>	0.30
Znojmo	<b><u>0.62</u></b>	<b><u>0.49</u></b>
Žďár nad Sázavou	<b><u>0.46</u></b>	0.35

Obr. 4 Rozdělení okresů do kategorií podle koeficientu korelace mezi detrendovanými výnosy jarního ječmene a relativními Z-indexy (suma za duben až červen) v období 1961-2000. Hodnoty z okresů, u nichž ve 2/3 let nepřesáhla výměra j. ječmene či pšenice o. 0,5% jejich pěstební plochy v rámci ČR pro daný rok, nebyly do mapy zařazeny (v mapě jsou vyznačeny šedou barvou).



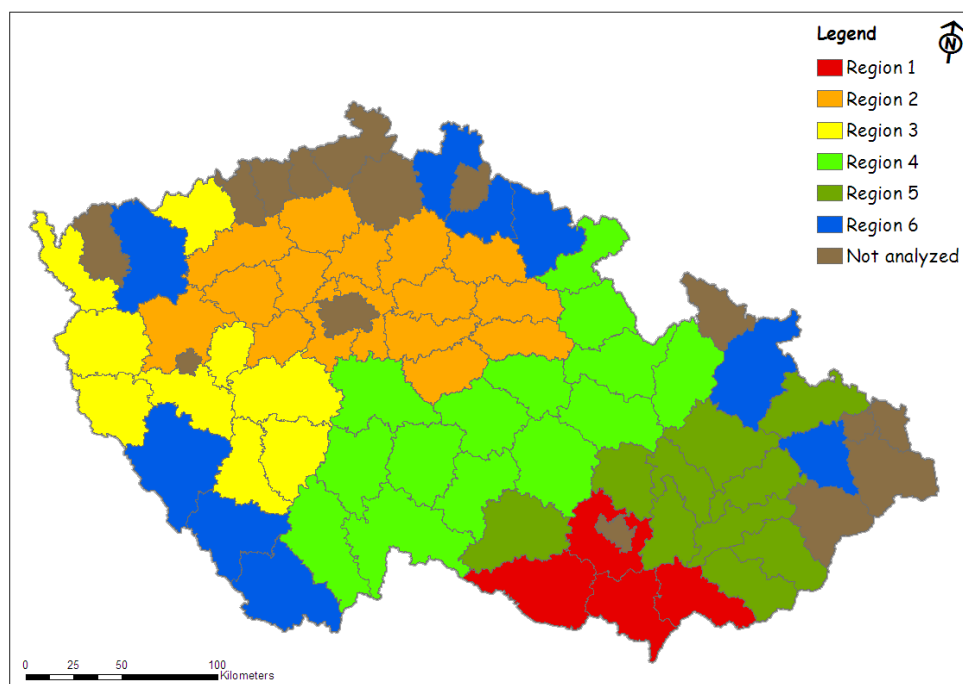
Obr. 5 Rozdělení okresů do kategorií podle koeficientu korelace mezi detrendovanými výnosy pšenice ozimé a relativními Z-indexy (suma za duben až červen) v období 1961-2000. Hodnoty z okresů, u nichž ve 2/3 let nepřesáhla výměra j. ječmene či pšenice o. 0,5% jejich pěstební plochy v rámci ČR pro daný rok, nebyly do mapy zařazeny (v mapě jsou vyznačeny šedou barvou).



Rozdělení okresů na základě clusterové analýzy (v prostředí statistického programu SPSS) do 6 regionů uvádí Obrázek 6, přičemž určujícím kritériem byl chod relativního Z-indexu na orné půdě (suma za duben až červen). Do clusterové analýzy nebyly zařazeny okresy, u kterých se jedna z plodin ve 2/3 sledovaných let nepěstovala na větší ploše než 0,5% její celkové výměry v rámci ČR pro příslušný rok. Pro jednotlivé regiony byla následně provedena srovnávací analýza.

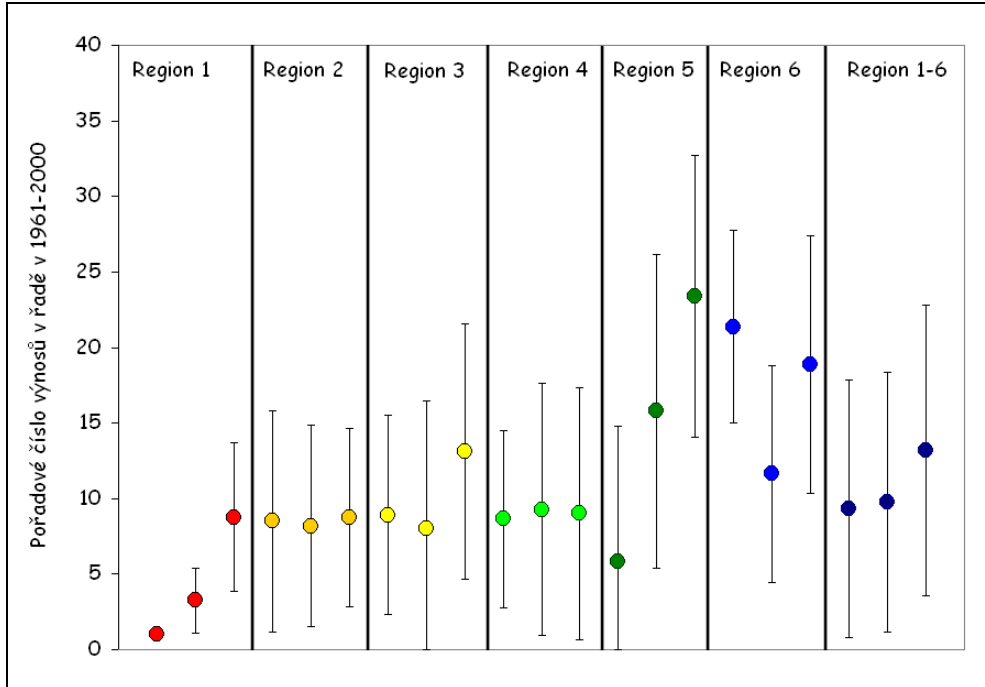
Nejprve byly v každém z okresů seřazeny vegetační sezóny podle úrovně relativního Z-indexu od nejsušší k nejvlhčí. Současně byly pro stejné území seřazeny průměrné roční výnosy od nejnižšího k nejvyššímu. V dalším kroku bylo ve všech regionech stanoveno průměrné pořadí výnosů odpovídající postupně třem nejsušším ročníkům v příslušných okresech. Pokud předpokládáme, že stres suchem negativně ovlivňuje výnosy, pak musí být průměrné pořadí výnosů v suchých ročnících menší než 15 resp. 10. Z Obrázků 7 a 8, srovnávajících regiony z tohoto hlediska, je patrné, že nejvíce negativně se sucho projevuje v regionu 1 a nejmenší vliv na výnos má v regionech 5 a 6. Do regionu 1, který je tedy suchem z pohledu obou sledovaných plodin nejvíce ohrožen, spadají okresy Brno-venkov, Znojmo, Břeclav a Hodonín. Výrazné sucho dále značně ovlivňuje výnosy obou plodin v regionech 2, 3 a 4. Region 5 zahrnující zejména okresy ze středu Moravy a okrajově okresy z Jižní a Severní Moravy není suchem z tohoto pohledu tak ovlivňován, nicméně i zde může mít přítomnost extrémního sucha vliv na výnos jarního ječmene. Obecně i z této analýzy vyplývá, že ječmen jarní je více negativně ovlivněn výskytem výrazného sucha v období duben až červen.

*Obr. 6 Rozdělení 62 okresů na základě clusterové analýzy (dle chodu relativního Z-indexu v období duben až červen) do 6 regionů. Hnědou barvou je označeno 15 okresů, které nebyly analyzovány neboť výměra pěstování ječmene j. či pšenice o. měla ve 2/3 let méně než 0,5% jejich pěstební plochy v daném roce na území ČR.*

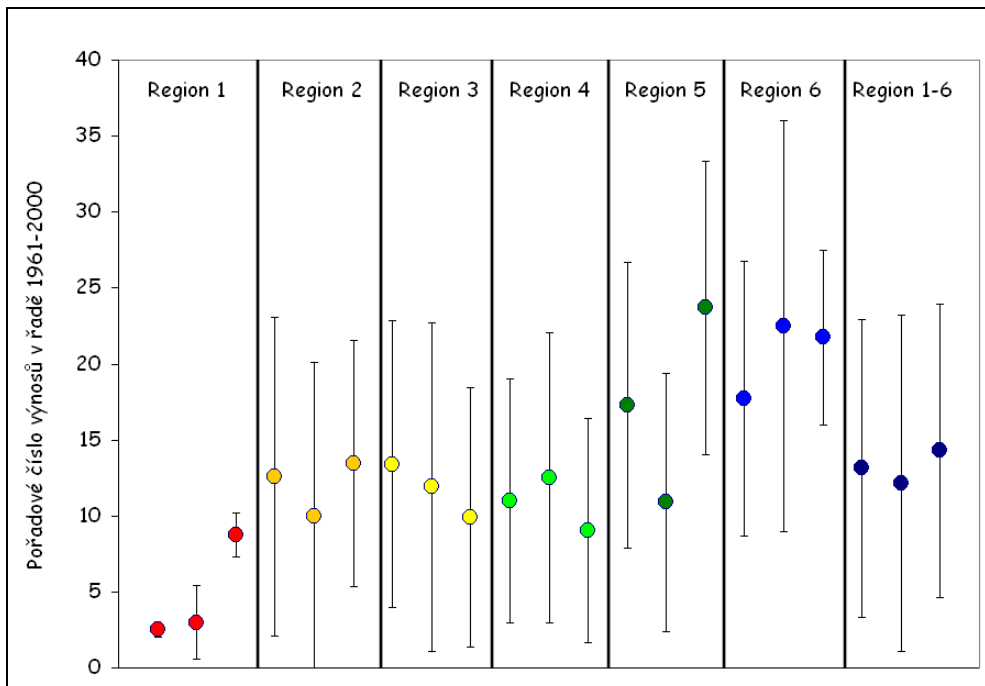




Obr. 7 Srovnání oblastí z hlediska průměrného pořadového čísla detrendovaných výnosů ječmene jarního (seřazeno od nejnižšího k nejvyššímu výnosu) vždy postupně pro 3 nejsušší ročníky v příslušném regionu (dle sumy relativního Z-indexu za duben až červen) v období 1961-2000. V obrázku jsou mimo průměrů rovněž vyznačeny směrodatné odchylky pořadových čísel výnosů.

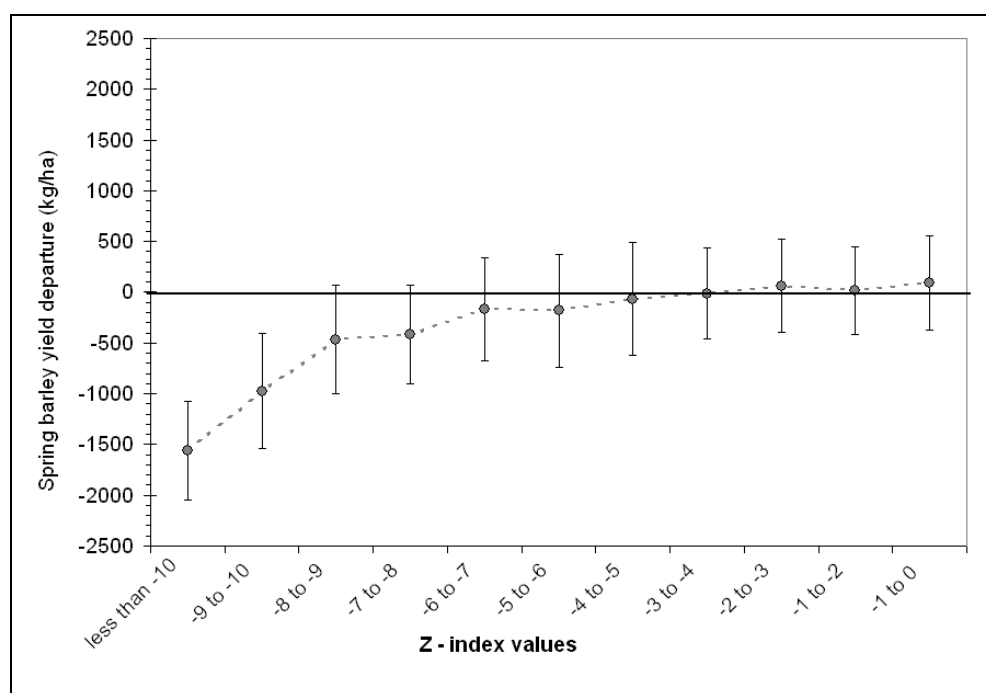


Obr. 8 Srovnání oblastí z hlediska průměrného pořadového čísla detrendovaných výnosů pšenice ozimé (seřazeno od nejnižšího k nejvyššímu výnosu) vždy postupně pro 3 nejsušší ročníky v příslušném regionu (dle sumy relativního Z-indexu za duben až červen) v období 1961-2000. V obrázku jsou mimo průměrů rovněž vyznačeny směrodatné odchylky pořadových čísel výnosů.

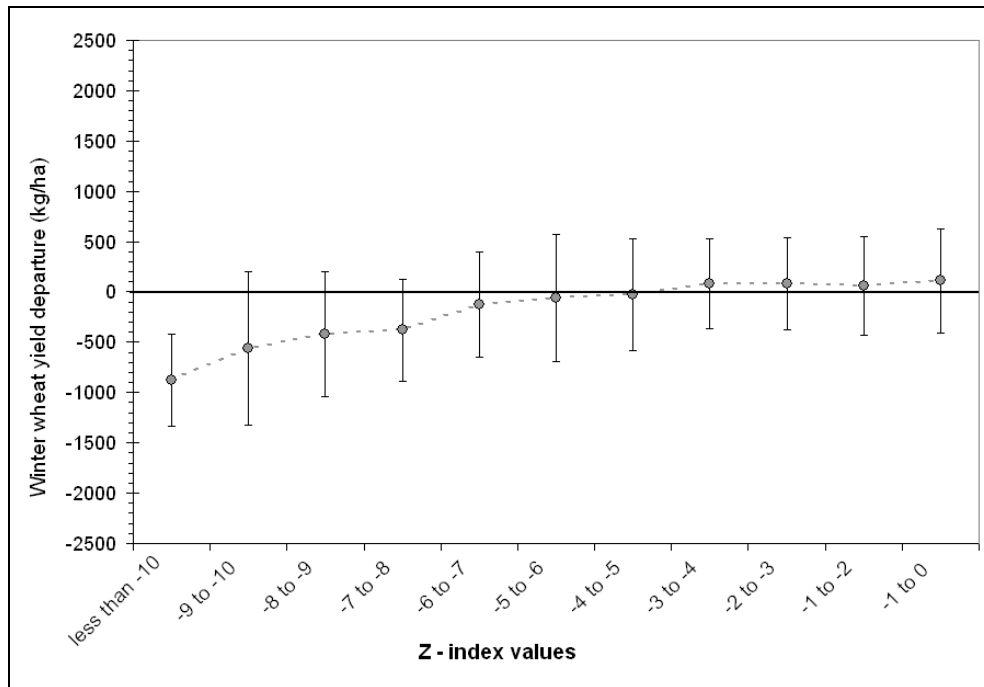


U okresů zařazených do clusterové analýzy byla dále sledována redukce detrendovaných výnosů (v kg/ha) oproti průměrným hodnotám (v daném okresu) za období 1961-2000 ve vztahu k hodnotě relativního Z-indexu (suma za duben až červen). Tuto závislost popisují Obrázek 9 (j. ječmen) a Obrázek 10 (pšenice o.). Pokud došlo k poklesu uvedené sumy relativního Z-indexu pod hodnotu -10, pak průměrná redukce výnosu u pšenice o. dosáhla téměř 1000 kg/ha a u j. ječmene přesáhla 1500 kg/ha. Hodnoty vynesené v těchto dvou obrázcích opět potvrzují, že sucho vyjádřené relativním Z-indexem více působí (negativně) na ječmen j.

*Obr. 9 Závislost průměru a směrodatných odchylek redukce detrendovaných výnosů j. ječmene na záporných hodnotách relativního Z-indexu (suma za duben až červen) v období 1961-2000.*

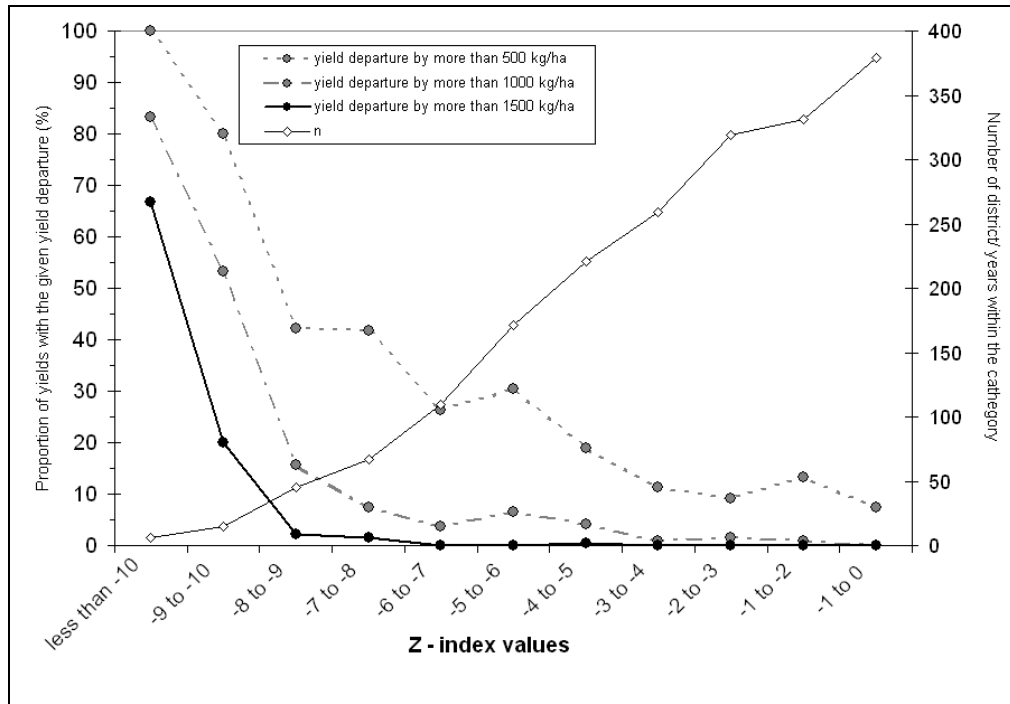


Obr. 10 Závislost průměru a směrodatných odchylek redukce detrendovaných výnosů pšenice ozimé na záporných hodnotách relativního Z-indexu (suma za duben až červen) v období 1961-2000.

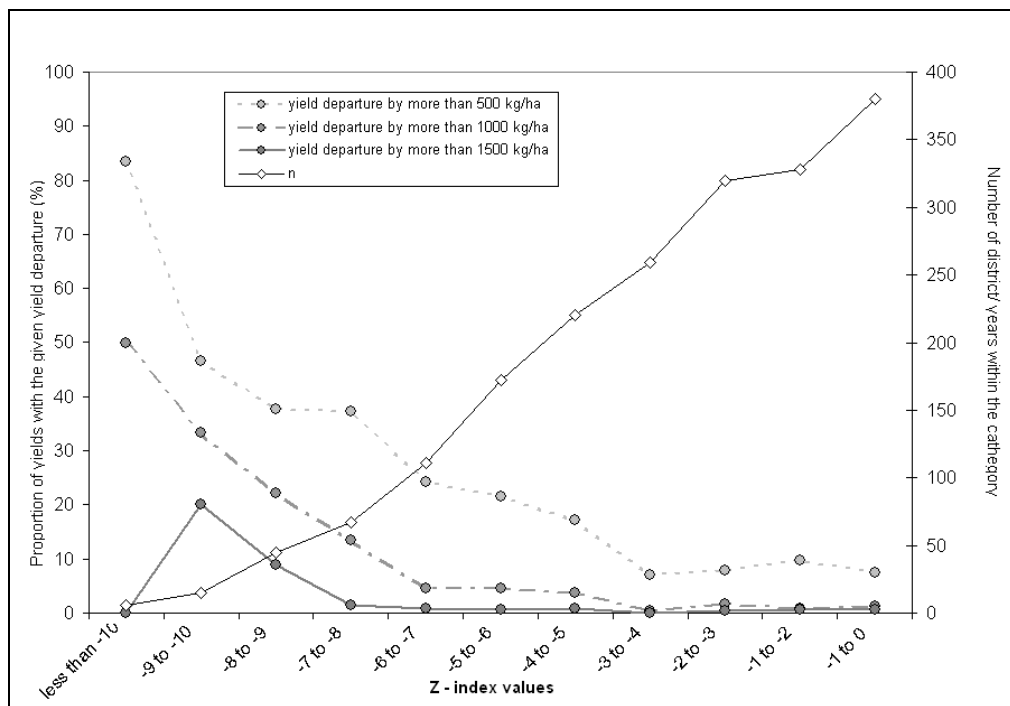


V neposlední řadě byla sledována závislost mezi zápornými hodnotami relativního Z-indexu a počtem výnosů (v %), u kterých došlo k jejich redukci o více než 500, 1000 a 1500 kg/ha (oproti průměrné hodnotě v daném okrese). Z Obrázků 11 a 12 popisujících tuto závislost, vyplývá, že k redukci výnosů dochází pouze v případech mimořádně nízkých hodnot relativního Z-indexu. I v tomto případě se o něco méně výrazně projevuje výskyt sucha na výnosech pšenice ozimé. V těchto grafech je navíc vyznačena četnost vegetačních období náležejících do intervalů podle hodnot relativního Z-indexu (sumy za duben až červen).

Obr. 11 Závislost mezi hodnotami relativního Z-indexu (suma za duben až červen) a počtem výnosů ječmene jarního (v %), u kterých došlo k jejich redukci o více než 500, 1000 a 1500 kg/ha (oproti průměrné hodnotě v daném okrese). V grafu je navíc vyznačena četnost vegetačních období (n) náležejících do intervalů podle hodnot relativního Z-indexu.

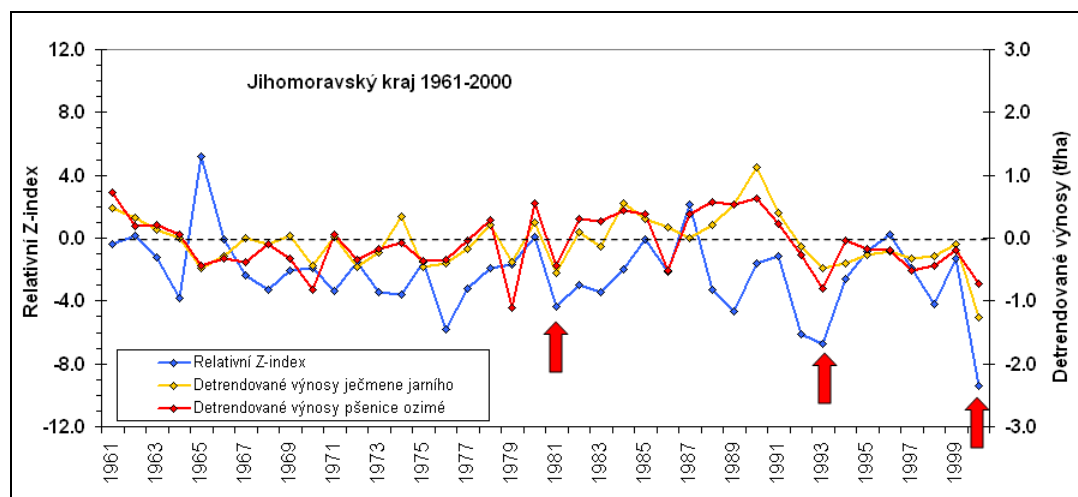


Obr. 12 Závislost mezi hodnotami relativního Z-indexu (suma za duben až červen) a počtem výnosů pšenice ozimé (v %), u kterých došlo k jejich redukci o více než 500, 1000 a 1500 kg/ha (oproti průměrné hodnotě v daném okrese). V grafu je navíc vyznačena četnost vegetačních období (n) náležejících do intervalů podle hodnot relativního Z-indexu.

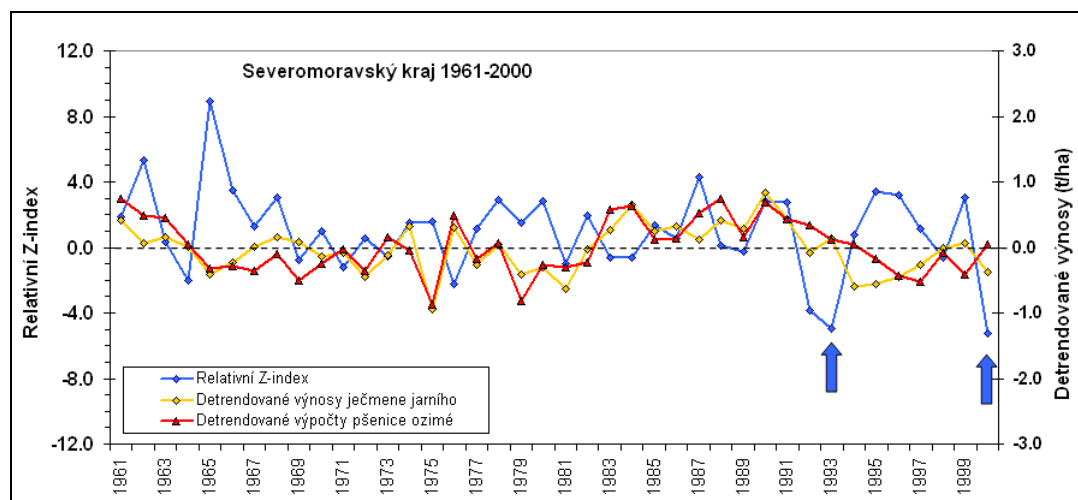


Rozdílné chování závislosti výnosů j. ječmene a pšenice o. na relativním Z-indexu (suma za duben až červen) v okresech Jižní a Severní Moravy je kromě clusterové analýzy dobře patrné i z Obrázků 13 a 14, na kterých je zachycen chod sucha a detrendovaných výnosů v období 1961-2000. Z uvedených grafů vyplývá, že v okresech Jihomoravského kraje jsou výnosy sledovaných plodin více ovlivněny výskytem sucha. Zde bylo například v letech 1981, 1993 a 2000 určité snížení produkce obou plodin dozajista zapříčiněno výskytem sucha. U okresů Severomoravského kraje je patrné, že zde relativní Z-index nedosahuje tak nízkých hodnot a pokud takový případ nastane (např. sucho v letech 1993 a 2000), pak tento stav není doprovázen významnou redukcí ve výnosech sledovaných plodin. Pouze v roce 2000 by zde mohla být část nevýznamného poklesu ve výnosu u j. ječmene vysvětlena výskytem sucha. Tento rozdíl mezi okresy Jihomoravského a Severomoravského kraje je zapříčiněn odlišností jak v klimatických tak pedologických podmínkách, což činí Jihomoravský kraj více zranitelný v rámci zemědělského sucha.

*Obr. 13 Chod sucha kvantifikovaného pomocí relativního Z-indexu (suma za duben až červen) a průměrů detrendovaných výnosů ječmene j. a pšenice o. v okresech Jihomoravského kraje během období 1961-2000.*



Obr. 14 Chod sucha kvantifikovaného pomocí relativního Z-indexu (suma za duben až červen) a průměrů detrendovaných výnosů ječmene j. a pšenice o. v okresech Severomoravského kraje během období 1961-2000.



## ZÁVĚR

Z výsledků předkládané práce vyplývá, že výnosy jarního ječmene i pšenice ozimé jsou v podmínkách České republiky ovlivňovány výskytem sucha, které bylo v rámci této studie kvantifikováno pomocí relativního Palmerova Z-indexu. Ze získaných závislostí mezi uvedenými veličinami je však zřejmé, že sucho není jediným zdrojem stresu způsobujícího redukci výnosů, neboť růst a vývoj sledovaných plodin je ovlivněn celou řadou vzájemně složitě provázaných faktorů a ne všechny jsou zahrnuty do konstrukce Palmerova Z-indexu. Vhodnější nástrojem pro predikci výnosů, oproti sledovanému Z-indexu, mohou tedy být růstové modely, jakožto nástroje využívající komplexnější přístup k popisu vývoje rostlin, včetně formování výnosu.

Ze studie vyplývá, že ječmen jarní je v podmínkách ČR více náchylný k výskytu sucha v období duben až červen než pšenice ozimá. Současně se na základě provedených analýz prokázalo, že jednou z ohrožených oblastí z hlediska sucha ve spojení s produkcí sledovaných plodin je Jižní Morava. Tento fakt je způsoben jak podmínkami klimatickými (kombinace vyšších průměrných ročních teplot vzduchu a nižších srážkových úhrnů), tak i půdními. Naopak mezi nejméně ohrožené oblasti z tohoto pohledu náleží okresy Střední Moravy, což je pozitivní zjištění zejména v souvislosti s jejich produkční rolí v rámci našeho státu. Menší ovlivnění suchem je zde zapříčiněno vlhčím klimatem (např. oproti Jižní Moravě) a současně výskytem kvalitních půd umožňujících částečnou redukci dopadů sucha. Nicméně se prokázalo, že ječmen jarní může být do jisté míry postižen výskytem sucha i napříč tak rozdílnými regiony, jako je Jižní a Severní Morava.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato studie mohla být zpracována a publikována díky podpoře projektu Interní grantové agentury MZLU v Brně č. IG260171 a projektu AKTION Česká republika-Rakousko č. 44p13.

## LITERATURA

Dubrovský M., Trnka M., Svoboda M., Hayes M., Wilhite D., Žalud Z., Semerádová D. (2005): Drought Conditions in the Czech Republic in Present and Changed Climate. in: EGU 2005, Vienna, April 25-29.

Heim R.R. (2002): A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. *Bulletin of the Amer. Meteorol. Society*: 1149-1165.

Možný M. (2004): Vymezení a intenzita sucha na území ČR v letech 1891-2003. ČHMÚ, 88 s.

Palmer W.C. (1965): Meteorological drought. Office of Climatology research paper no. 45, U.S. Weather Bureau, 58 pp.

Quiring S.M., Papakryiakou T.N. (2003): An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. *Agricultural and Forest Meteorology* 118, 49-62.

Svoboda M., Lecomte D., Hayes M., Heim R., Gleason K., Angel J., Rippey B., Tinker R., Palecki M., Stooksbury D., Miskus D., Stephens S. (2002): The Drought Monitor. *Bulletin of the Amer. Meteorol. Society* 2002: 1181-1190.

Thornthwaite C.W. (1948): An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review* 38:55- 94.

Wilhite D.A. and Glantz M.H. (1985): Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International* 10(3):111–120.