

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Adaptační potenciál odolnosti řepky olejky vůči suchu,
horku a mrazu**

Diplomová práce

**Bc. Michaela Mašková
Zemědělství a rozvoj venkova
Rozvoj venkovského prostoru**

doc. Dr. Mgr. Vera Potopová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Adaptační potenciál odolnosti řepky olejky vůči suchu, horku a mrazu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 01.04.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Dr. Mgr. Vere Potopové za její vedení mé diplomové práce, pomoc a poskytnuté informace, které byly pro vznik této práce velice důležité.

Adaptační potenciál odolnosti řepky olejky vůči suchu, horku a mrazu

Souhrn

Práce se zaměřila na vlivy extrémních meteorologických jevů na území České republiky, a to dle jednotlivých krajů. Proběhlo vyhledání a zpracování potřebných dat z Českého statistického úřadu a Českého hydrometeorologického ústavu. Celkové zpracování a následná analýza a vyhodnocování dat proběhlo v rámci tabulkového procesoru umožňující práci s daty a řadu dalších činností, jednalo se o Microsoft Excel. Meteorologické a výnosové datové soubory byly vypočteny pro všechny kraje na úrovni NUTS2 (Středočeský kraj, Královéhradecký kraj, Karlovarský kraj, Liberecký kraj, Moravskoslezský kraj, Olomoucký kraj, Pardubický kraj, Plzeňský kraj, kraj Moravskoslezský, Jihočeský kraj, Jihomoravský kraj, Ústecký kraj, Vysočina a Zlínský kraj). V rámci statistického zhodnocení extrémních meteorologických jevů a jejich případné ovlivnění výnosu byla též vypracována pro každý kraj prognóza vývoje výnosu do rok 2030. Následně byly vybrány čtyři konkrétní kraje a proběhlo zhodnocení jejich prognóz vývoje výnosů vůči kraji Středočeskému.

Korelačním analýza uvádí, že měsíc kvetení, tj. květen ($r=-0,34$), dále měsíc červenec ($r=-0,35$), srpen ($r=-0,20$) a září ($r=-0,13$) negativně ovlivnil výnos z hlediska minimálních teplot a tyto hodnoty byly nejnižší. Z hlediska vysokých teplot byl výnos negativně ovlivněn v měsíci květnu, kdy počínalo kvetení řepky. Byly vytvořeny 4 modely se vstupními hodnotami maximálních a minimálních měsíčních teplot vzduchu a úhrnu srážek ve vybraných měsících (MLR1, MLR2, MLR3 a MLR4). Na základě multilinéárního regresního modelu byla nejtěsnější vazba určena v měsíci vzcházení rostliny, dále v době prodloužení stonku, kvetení rostliny a také v říjnu, kdy začíná vzcházení rostliny a její příprava na zimní období. Dle procentuálního zhodnocení bylo zjištěno, že 20,2 % byl výnos ovlivněn na teploty nízké. Je tedy zřejmé, že pokud se v měsíci duben budou vyskytovat teploty nízké, tak budou mít negativní vliv více. V červnu množství srážek ovlivňovalo výnos z 30,70 % a u měsíce října 22,22 % (vzcházení rostliny). Hodnoty naměřené za sledované období dokazovaly, že množství srážek více ovlivňují výnos výsledný, a to ve fázi kvetení. Z modelu multilinéárního vyplynulo také, že z 38,91 % ovlivňovalo negativně výnos výskyt vysokých teplot u kvetení a u zrání rostliny 43,10 %. Model MLR4 souhrn ukázal, že teploty minimální, maximální a úhrn srážek v měsíci duben, červen a červenec byly z procentuálního hlediska více ovlivněna negativně z 48,08 %. U kvetení to bylo pouze z 20,81 %.

Klíčová slova: extrémní meteorologické jevy, výnos, odchylky, vegetace

Adaptation potential of oilseed rape to drought, heat and frost resistance

Summary

The thesis focused on the effects of extreme meteorological phenomena in the Czech Republic, according to individual regions. The necessary data from the Czech Statistical Office and the Czech Hydrometeorological Institute were searched for and incorporated. The overall incorporation and subsequent analysis and evaluation of the data took place within a spreadsheet program enabling work with data and a number of other activities, it was Microsoft Excel. Meteorological and yield data sets were calculated for all regions at the NUTS2 level (Central Bohemian Region, Hradec Králové Region, Karlovy Vary Region, Liberec Region, Moravian-Silesian Region, Olomouc Region, Pardubice Region, Pilsen Region, Moravian-Silesian Region, South Bohemian Region, South Moravian Region, Ústí nad Labem Region, Vysočina Region and Zlín Region). As part of the statistical evaluation of extreme weather phenomena and their possible influence on yield, a forecast of yield development until 2030 was also prepared for each region. Subsequently, four specific regions were selected and their forecasts of yield development vis-à-vis the Central Bohemian Region were evaluated.

The correlation analysis states that the month of flowering, i.e., May ($r=-0.34$), then the month of July ($r=-0.35$), August ($r=-0.20$) and September ($r=-0.13$) negatively affected the yield in terms of minimum temperatures, and these values were the lowest. In terms of high temperatures, the yield was negatively affected in the month of May, when the flowering of rapeseed began. 4 models were created with input values of maximum and minimum monthly air temperatures and precipitation totals in selected months (MLR1, MLR2, MLR3 and MLR4). Based on the multilinear regression model, the closest bond was determined in the month of the plant's emergence, at the time of stem extension, flowering of the plant, and also in October, when the emergence of the plant and its preparation for the winter period begins. According to the percentage evaluation, it was found that 20.2% of the yield was affected by low temperatures. It is therefore clear that if low temperatures occur in the month of April, they will have a more negative effect. In June, the amount of precipitation affected the yield of 30.70% and in the month of October 22.22% (emergence of the plant). The values measured during the reporting period proved that the amount of precipitation more affects the resulting yield, namely in the flowering phase. The multilinear model also showed that 38.91% of the yield was negatively affected by the occurrence of high temperatures in flowering and in the ripening of the plant 43.10%. The MLR4 summary model showed that minimum, maximum and rainfall total temperatures in April, June and July were more negatively affected in percentage terms from 48.08%. For flowering, it was only 20.81%.

Keywords: extreme meteorological phenomena, yield, deviations, vegetation

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	9
2.1	Hypotézy	9
2.2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Výnosy	11
3.1.1	Globální pohled.....	16
3.1.2	Problematická hlediska	19
3.1.3	Hnojení a škůdci	19
3.1.4	Meteorologické jevy	20
3.1.5	Globální hledisko	24
3.2	Stresové faktory	25
3.2.1	Adaptační strategie v zemědělství	26
3.2.2	Využití	27
4	Metodika	30
4.1	Tendence průměrných ročních výnosů řepky olejky ve Středočeském kraji ...	31
4.2	Tvorba různých typů trendu	31
4.3	Prognózy výnosu	32
4.4	Modul počasí v Excelu: Vstupy a nástroje pro tendenci teploty vzduchu a úhrnu srážek	33
5	Výsledky	35
5.1	Ověření kvality odhadu tendence změny výnosů.....	35
5.2	Odchyly výnosu od dlouhodobého trendu a roky s nejvyšším a nejnižším výnosem	37
5.3	Pozorování a odhad predikce výnosu do roku 2030	44
5.4	Modul počasí a výnosu: Vliv teploty vzduchu a úhrnu srážek	48
5.5	Lineární a multilineární regresní model ilustrující závislost na vztah výnosu a extrémních teplot vzduchu a úhrnu srážek	49
6	Diskuze.....	53
7	Závěr	57
8	Literatura	59
9	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Vlivy extrémních meteorologických jevů a jejich dopady na vývoj a výnosy plodin jsou známy již řadu let. U jedné z nejvíce pěstovaných olejnin, resp. třetí nejvíce pěstované olejnin v oblasti pásu mírného, byla též věnována pozornost v posledních letech. Obecně se dalo zhodnotit, že během 21. století, konkrétně v poslední dekádě století se plochy pro pěstování této olejnin v rámci Evropy významně zvýšily. Důsledkem tohoto zvýšení byl zejména nárůst trhu, který tuto konkrétní surovinu požaduje pro výrobu biopaliv a dalších produktů (např. výroba jedlých olejů).

Stále zvyšující se poptávka po zemědělských produktech je především díky růstu populace. To souvisí i s faktem, že díky změnám klimatu se mohou mezi mnoha regiony objevit i rozdílné výnosy. Změny klimatu mohou rostlin ovlivňovat ale i pozitivním způsobem např. prodloužení vegetačního období. Konkrétní působení a účinek změn klimatu je závislý pochopitelně na konkrétním stanovišti, respektive lokalitě. Dále je zde další důležitý faktor, a to kupříkladu jakým způsobem jsou plodiny pěstovány. Ve Švédsku se provedl pokus s řepkou olejnou (ozimou). V pokusu se sledovaly různé změny klimatu a jejich působení na plodiny. Závěrem se dalo říct, že měnící se zimní podmínky mohou způsobit snížení výnosu velice dramatickým způsobem v kombinaci s extrémními povětrnostními jevy. Záleží pochopitelně i v jakých oblastech se řepka pěstuje (Klatt et al. 2021).

Pěstování řepky olejky představuje téma, o kterém se ve společnosti mluví častěji, jak na území České republiky, tak na globální úrovni. Toto téma je stále více řešeno, jelikož se pěstování řepky v globální měřítku rozmohlo za posledních dvacet let. Obecně platí pravidlo nejen u řepky, že globální produkci i produkci na našem území ovlivňují dopady změn klimatických, zejména se jedná o výskyt extrémních meteorologických jevů. Těmito jevy jsou myšleny výskyty sucha, globální oteplování, záplavy a další extrémní meteorologické jevy. Tyto jevy ovlivňovaly, ovlivňují a vždy budou ovlivňovat vývoje a výnosy všech pěstovaných plodin. Proto je velice důležité si uvědomit závažnost výskytu extrémních meteorologických jevů a jejich vliv na plodiny.

U zemědělství platí pravidlo, že do značné míry závisí na převládající atmosféře, plodiny celkem často kvůli změnám klimatickým trpí různým environmentálním či abiotickým stresem. Z pohledu abiotických stresů můžeme obecně říct, že těchto stresů existuje celá řada, jedná se například o sucho, chlad, slanost, podmáčení, teplotní výkyvy, které výrazně brzdí rychlost růstu a globálně snižují výnos zemědělský. Zasolení či salinita půdy spadá mezi hlavní omezující faktory v zemědělství. Solný stres ovlivňuje většinou zemědělskou půdu polosuchých a suchých oblastí po celém světě. Rostliny, které se vyskytují v podmínkách vyvolávajících dehydrataci nakonec brání růstu, dále snižují produkci plodin a podporují účinky nepříznivé na fyziologické, biochemické a metabolické procesy rostlin. Dále kromě toho byl u dalších různých plodin, včetně řepky, zaznamenán také vliv dalších několika abiotických stresů, jako je kupříkladu podmáčení, teploty extrémní a toxicita kovů na plodinu.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Hypotézy

H1: Lineární a multilineární regresní model ilustruje závislost na vztah výnosu a extrémních meteorologických jevů.

H2: Zvýšení rizika výskytu extrémních meteorologických jevů v rámci středočeského kraje má vliv na výnos řepky olejky v ČR.

2.2 Cíl práce

Cílem práce bylo vyhodnotit vztah výnosu a extrémních meteorologických jevů za pomoci parametrů minimálních či maximálních teplot a úhrnu srážek v rámci Středočeského kraje ČR. Dále popsat obecně řepku olejku, identifikovat indexy sucha u řepky, odchylky teplot a úhrn srážek. Práce dále zahrnovala statistické zhodnocení nebezpečných meteorologických jevů a jejich ovlivnění výnosu.

3 Literární rešerše

Obecně byl rozvoj pěstování řepky v České republice velice dynamický. V období mezi válkami, tj. 1918-1938 činily výměry řepky olejky 298-5900 ha a za protektorátu údajně až 40 tis. ha. Po druhé světové válce, tj. po roce 1945 plocha sklizně činil nejméně 5026 ha (rok 1948) a nejvíce 40068 ha (rok 1965). V letech 1975-77 se plošně zahájil přechod na bezerukové odrůdy a výměra dosáhla v průměru již 66,7 tis. ha a dále postupně rostla až do roku 1989 (102 376 ha). Při ukončení přechodu na dvounulové typy řepky osevem 1992 se sklízelo již z 166995 ha. tzv. řepkový boom dosáhl vrcholu v roce 1999 a to sklizní z 348949 ha. Od té doby celková výměra řepky sice nerovnoměrně, ale významně klesá. V roce 2004-2005 byla plocha asi kolem 300 tis. ha (Vašák 2005).

Na našem území pěstování ozimé řepky souviselo se začátkem střídavého hospodaření a propagátoři, kteří propagovali pěstování řepky zároveň propagovali i nový způsoby pěstování v zemědělské výrobě. Po roce 1945 výnosy řepky poklesly, a to vlivem pěstitelských nedostatků, tj. nevhodné zařazení v osevním postupu, nedostatek průmyslových hnojiv, organizační nedostatky, problémy se sklizní a poměrně nízká ekonomická efektivnost pěstování (Fábry 1992).

V České republice se nyní uplatňují tři systémy pěstování řepky ozimé, tj.

- orební se střední úrovní vstupů,
- orební s vysokou úrovní vstupů a komplexním pojetím pěstitelského systému,
- bezorební s nižší úrovní vstupů (Bečka et al. 2005).

Řepce je v poslední době věnována velká pozornost. Je to světově nejvýznamnější třetí olejnína v oblastech mírného pásu. Během dekády 21. století, konkrétně dekády poslední plochy pro pěstování řepky ozimé v Evropě významně narostly, a to zejména v důsledku nárůstu trhu, který požaduje surovinu pro výrobu biopaliv. S ohledem na naše členství v EU jsme i my vázáni jejími směrnici. Do budoucna se předpokládalo dle rozboru současného stavu další větší nárůst pěstování řepky, a to zhruba o více než 2 %, které je pochopitelně limitováno směrnici týkající se skleníkových plynů, tj. směrnice 2009/28/EC a nitrátovou směrnici 91/676/EEC. Nitrátová směrnice je zaměřena na ochranu půdy a povrchových vod proti znečištění nitráty ze zdrojů zemědělských, které striktně definuje, že nadbytek N nesmí přesáhnout hranici 60kgN/ha v letech 2009-2011. Hlavním důvodem tohoto omezení bylo vysoké hnojení dusíkem u řepky (180-240 kg N/ha) v průběhu vegetace až do konce kvetení. Příjem N v reprodukční fázi bývá relativně nízký a jeho translokace do semen je spíše malá a díky tomu velké množství N zůstane na poli. To znamená, že jinak prosakuje do vod podzemních a přebytky mohou dokonce vést i k nárůstu skleníkových plynů v podobě emisí N₂O. Významně se mění ohniska zájmu, jelikož toto vše musí být také vzato v úvahu. Ohnisko zájmu se mění tedy hlavně ve prospěch znaků hospodářských v konečné fázi výnosu a kvalitativnímu znaku, tj. olejnatost.

Obecně je výše olejnatosti závislá především na odrůdě hybridní, liniovou a v současné době tzv. zelené revoluce, polotrpasličími odrůdami, které by do budoucna mohly částečně naplnit nitrátovou směrnici či i výši skleníkových plynů bez újmy na kvalitě a výnosu (Zukalová et al. 2011).

U ozimého typu řepky se setkáme zhruba s 98% zastoupením, které se v EU stala bezkonkurenční olejninou. V roce 2006 byla produkce semen zhruba 15,5 mil. tun. Na obyvatele činila přibližně 33 kg (v ČR 70-100 kg), její výroba převyšovala výrobu slunečnice či sóji (viz. tab. č. 1). Veškerá vyprodukovaná řepka se EU využila (Vašák et al. 2006).

Tabulka č. 1: Výnosy třech nejdůležitějších olejnin světa u hlavního producenta za roky 2004-2006. vypočteno z údajů OilWorld (2006 předběžné údaje) (Zdroj: Vašák et al. 2006).

Plodina a užitková část	Hlavní producent	Výnos (t/ha)	Cena (Kč) na 1t produkce
Palma olejná zpracovaná dužnatá peckovice	Indonésie	3,84+0,43 tuku (palmový olej)	9624+13586 (palmový tuk)
Sója-semeno	USA	2,86 semen	5950 semen (olej 11489, šroty 4940)
Řepka-semeno	EU	3,23 semen	6111 semen (olej 15884, šroty 2875)

Na území ČR je jako hlavní olejninou pěstována řepka olejná. Tato olejнина je známa hlavně díky své vysoké rentabilitě. Tato vlastnost vedla právě k rozšiřování jejich ploch. Poslední roky se ale nejen vzhledem k zákazu přípravků na ochranu rostlin, plochy snižují (MZe 2020).

3.1 Výnosy

Vliv na její růst a vývoj mají samozřejmě i různí škůdci či choroby. Mezi škůdce se může zařadit například blýskáček řepkový, krytonosec řepkový, mšice zelená a mezi choroby spadá například listová skvrnitost řepky, padlí brukvovitých či plíseň brukvovitých (ÚKZÚZ 2021).

U semen řepky ozimé jsou výnosy ovlivněny interakcí odrůd s agrotechnickými a stanovištními faktory. Obecně se odrůdy odlišují hmotností tisíce semen, výnosem, obsahem tuku, glukosinolátů, bílkovin a také složením mastných kyselin. Mezi základní agrotechnické ukazatele ovlivňující výnos u řepky ozimé se řadí hnojení dusíkem a jeho správná dávka. Z toho důvodu prospívá výnosu řepky ozimé i pěstování po luskovinách. Hnojení dusíkem a jeho výnosotvorné působení je podmíněno pochopitelně i spolupůsobením mnoha ostatních faktorů, mezi tyto významné faktory se řadí kupříkladu půdní druh, intenzita pěstování a klimatické podmínky (Malarz et al. 2007).

Rok 2019/20 neboli lépe řečeno rok marketingový nebyl zrovna příliš dobrým pro pěstování řepky olejně. Obecně u řepky došlo ke snížení plochy osevní a to o 32 tis. ha na téměř 380 tis. ha. Produkce celková se tedy vzhledem k tomuto faktu k podprůměrnému výnosu 3,05 t/ha snížila na 1 157 tis. t (MZe 2019).

Dle odhadu Českého statistického úřadu pro rok 2020/21 předkládal plochu řepky na 368,2 tis. ha. Dle Strategie MZe a v souladu s ní, se plocha řepky snižuje do roku 2030. Z pohledu nejhojnější sklizně, resp. sklizně rekordní dle ČSÚ víme, že byla v roce marketingovém 2013/2014, kde se plocha řepky celková dostala skoro k 420 tis. ha. Výnos se zvýšil meziročně na 36,38 t/ha. Průměrný výnos za posledních pět let činila 3,25 t/ha. Celková produkce dosáhla přes 1,2 mil.t (MZe 2020).

Roku 2020 byly olejninu na území ČR sklizeny ze 450,2 tis. ha., obecně se plocha olejin meziróčně snížila o 4,6 tis. ha, tj. o 1 %. Sklizeno bylo celkem v roce 2020 olejin 1 348 tis. t. Meziroční produkční zvýšení, i přes sklizňové plochy, bylo zhruba o 8 %. Hektarový výnos činil 2,99 t/ha. Na výši celkové sklizňové plochy se nejvíce podílela olejná řepka s 368,2 tis. ha, po ní následoval mák se sklizňovou plochou již 40,3 tis. ha, dále hořčice na semeno s 14,3 tis. ha a také sója se 14,2 tis. ha. Nejméně bylo slunečnice na semeno v roce 2020 sklizeny z 11,3 tis. ha. Dále len setý olejnatý a olejninu ostatní byly pěstovány na zhruba celkem 1 tis. ha.

I když na jaře v roce 2020 bylo na celém našem území prakticky sucho, v měsíci červnu se objevilo velké množství srážek, které negativně ovlivnilo zrání řepky. Především pokud srážky spadly v oblastech s půdami těžkými. Teploty v sezóně 2020 nebyly zásadní problém. Oproti rokům předchozím bylo v květnu a červnu pouze několik málo dnů s teplotou nad 30 °C.

Z pohledu sklizňové plochy řepky v ČR dle informací Českého statistického úřadu 368 214 ha, v roce 2019 byla 379 778 ha. Dle definovaných údajů u sklizni plodin zemědělských roku 2020 ČSÚ bylo průměrného výnosu dosaženo 3,38 t/ha, tudíž činila produkce 1,25 mil.t. Sklizeň řepky tedy příjemně překvapila svým dosaženým výnosem průměrným. Za posledních 10 let ale byla až 6. sklizeň podle dosažené produkce i výnosu. Průměrný výnos řepky 10letý, který je v ČR okolo 3,21 t/ha, byl o 5,3 % překonán. Z pohledu celé republiky byl nejvyšší výnos zaznamenán v kraji Jihomoravském a Karlovarském (oba shodně 3,53 t/ha) a naopak nejnižší výnos ve Zlínském (3,29 t/ha) a Jihomoravském (3,21 t/ha) kraji. Na Moravě byl porost řepky poškozen již na podzim kalamitním výskytem hrabošů a následkem toho zůstala celá řada porostů poškozena. Na severu Moravy ukončily vegetaci vydatné srážky a těžké půdy již v červnu a způsobily dozrávání spíše nouzové. V roce 2020 dosahovala průměrná CZV řepkového semene v průměru 9 884 Kč/t (MZe 2018; MZe 2020).

V České republice pěstování řepky zaujímá zhruba 16% orné půdy. Vhodné oblasti pro její pěstování představují především nížiny, ale také i vyšší nadmořské výšky (cca 700 m n. m.). Ideální průměrná roční teplota pro řepku je kolem 8°C. V úrodných oblastech nížin je absolutní výnos nižší než na vysočinách. Nížiny představují v období setí či mrazů ohrožení hmyzími škůdci, nemocemi či suchem. Pěstování řepky v nížinách má ale také své výhody, mezi ně se řadí například velmi dobrá hodnota řepky jako plodiny předcházející pro postupnou pšenici a její schopnost hnojit půdu.

V tržně ekonomickém systému je hlavním cílem především dosáhnout co největšího zisku. Hodnocení a pozorování přímých nákladů má velký význam, jelikož úroveň nákladů ve vztahu k tržním cenám určuje ziskovost komodity. Při pěstování řepky je měřítkem úspěchu poměr nákladů na jednotku produkce k tržním cenám. Z tohoto pohledu je řepka jednou z

finančně nejzajímavějších plodin. Obecně nejen zemědělská, ale celá účelná výroba musí být ekonomická, tudíž by měla vést k tvorbě zisku, popřípadě k minimalizaci ztrát. Z tohoto důvodu by měla být věnována pozornost na dodržování a sledování agrotechnických pravidel a odstraňování hlavních příčin poklesu výnosů. Tyto příčiny se pochopitelně region od regionu odlišují. Nižších nákladů na produkci lze dosáhnout snížením vstupních nákladů, nepřímých nákladů a služeb. Další důležité rozhodnutí představuje ovlivnění intenzity výroby. Příliš vysoké vstupy do intenzivní technologie výroby řepky mohou negativně ovlivňovat výsledky ekonomické zemědělského podnikání. Z hlediska dlouhodobého může nebezpečí představovat i rozsáhlé pěstování řepky s ohledem na riziko různých nemocí či šíření hmyzu. Ceny na našem trhu prakticky dosahují na úroveň cen na trhu světovém (Vančurová et al. 2011).

Řepka je plodina jednoletá přezimující a v našich klimatických podmínkách má vegetační dobu 300–340 dnů. Může mít vegetační dobu po celý rok, a to v případě podmínek nad 600 m. n. m., mezi základní charakteristiku řepky olejky je její kulový vřetenový kořen. Nadzemní část se objevuje už ve dvou formách. Na jaře v jedné formě tzv. generativní, kdy dochází ke zrání generativních orgánů. Na podzim pak ve formě druhé tzv. vegetativní, kdy se začíná tvořit listová růžice. Listy řepky vyrůstají na lodyze střídavě a jsou zhruba lyrovitě peřenodílné. Listy mají tmavozelenou barvu a jsou pokryté podobným způsobem jako lodyha a to hladkým, lesklým voskovým povrchem. Rozlišujeme listy dle lodyhy, tj. listy rostoucí na vrchní části lodyhy a ve spodní části lodyhy. Horní a střední listy jsou přisedlé a nemají chlupy, celokrajné či jen lehce ozubené a jen částečně objímají lodyhu. Spodní listy jsou řapíkaté, místy mají chloupky a jsou krátké s velkými úkrojkami. U řepky je květenství ve formě prodlouženého hroznu. Květy začínají odspodu rozkvétat, horní část představuje nerozvinuté kvítky, které ale převyšují ty rozkvetlé. Kvetení trvá zhruba až 21 dnů, jelikož záleží na vnějších podmínkách a počtu hroznů. Květ může být opylen jak hmyzem, především včelami, které poskytují nektar, tak i pylem z vlastních tyčinek rostliny.

Semena u řepky jsou většinou kulovitěho tvaru, barvy červenohnědé až modročerné. Velikost semen dosahuje okolo 2 mm. Semeno je tvořeno z 50 % olejem, 20 % bílkovinami a zbytek již představují jiné organické látky.

Řepka olejka se nám také představuje jako dlouhodobní rostlina, která potřebuje projít i několika teplotními změnami pro její úspěšné vyklíčení. Její schopnost odolat mrazu je až do -20°C. Naopak semeno začíná klíčit již při 1°C. Jarovizace trvá po dobu okolo 30–60 dnů a probíhá nejlépe za krátkého dne.

Nejlépe se řepka pěstuje v nížinách, ale dá se vypěstovat i ve vyšších nadmořských výškách zhruba okolo 700 m. Velká výhoda řepky spočívá právě v tom, že se dá vypěstovat téměř kdekoli. Na rozdíl od jiných plodin není řepka náchylná na teplotu a její výkyvy, nadmořskou výšku či typ půdy. Pro pěstování řepky olejky jsou polohy s optimálními podmínkami, tj. polohy kde je roční úhrn srážek okolo 500-750 mm a roční průměr teplot v rozpětí 6,5 – 8,5 °C.

Stanoviště představující nejnárodnější podmínky pro růst řepky olejky jsou především ta, kde je půda více jak týden zaplavená. Naopak místa, kde sníh zůstává na půdě déle než 2 měsíce a mrazy dosahují hodnot až -20 °C, nejsou ideální pro pěstování řepky (Landová 2015).

- Půdní podmínky

Jako nejurodnější půda pro pěstování řepky se představuje půda hlinitá, písčitohlinitá až hlinitopísčítá. Půda by měla obsahovat dostatek kyslíku a humusu nad 1,5 %, vyšší množství živin, tj. především Mg, K, P a B a vody. Půdní pH by mělo být neutrální až slabě kyselé. Pro úrodné pěstování je pochopitelně dostatečné a pravidelné hnojení základ.

Půdy strukturní hluboké jsou schopny poskytnout řepce optimální množství vody a organické složky. V půdách písčitých a lehkých je výnos závislý hlavně na četnosti srážek v průběhu vegetační doby. Řepka má v půdách funkci protierozní, protože ji utvrzuje svými kořeny.

Naopak na konci vegetačního období řepka poskytuje zpětně živiny do půdy. Poskytuje velké množství organické složky, jelikož má veliké množství biomasy z lodyh a kořenů. Působí proto jako jeden z faktorů, které mají pozitivní vliv na úrodnost půdy. Díky této výhodě se řepka proto často pěstuje hlavně jako předplodina pro pšenici, protože je pšenice náročnější na množství živin v půdě, které řepka právě zpětně vpustí do půdy. Řepka by se neměla vysévat na místech, kde již předešlý rok vyseta byla. Platí to především z důvodu možného výskytu škůdců a chorob, kteří přežívají tuto dobu v půdě, a tudíž nakazí další linii řepky olejky. Obecně platí, že rozestup po setí na stejném místě by měl činit zhruba při běžném pěstování nejméně 4 roky (Landová 2015).

- Ekologické podmínky

Jako nejdůležitější skleníkové plyny řadíme především oxid dusičitý (NO₂) a oxid uhličitý (CO₂). U oxidu uhličitého mají rostliny schopnost poutat až jeho polovinu z atmosféry a následně ho přeměňovat svým metabolismem na kyslík a vodu. U oxidu dusičitého to rostliny mají naopak, respektive ho nedokážou nijak poutat. Z polního hospodářství, resp. z používání dusíkatých hnojiv je oxidu dusičitého produkováno nejvíce. Při zvyšování osevních ploch řepkou olejkou je právě zmiňovaný nárůst oxidu dusičitého rizikem. Obecně má řepka olejka nároky na dusík a jiné minerální složky vysoké, což v praxi znamená, že se musí pravidelně hnojit dusíkatými hnojivy. Emise oxidu dusičitého jsou příčinou bakteriálních procesů, které probíhají právě v půdě. Jelikož je výnos dán právě hnojením, znamená to, že v budoucnu tedy bude produkce řepky závislá na dusíkatých hnojivech.

Mezi nejčastější škůdce řepky olejné se řadí plži, dřepčící, hlodavci, brouci jako jest například blýskáček, ale také i mšice či bejlmorka. Mezi patogeny houbového charakteru se pak označuje například fómová suchá hniloba, sklerotiniová hniloba a jiné. Aby se rostliny nějakým způsobem ubránily těmto škůdcům, je za potřeby použití různých příslušných druhů pesticidů. Náklady na pořízení těchto ochranných prostředků se poté pěstitelům několikrát vrátí, a právě proto je řepka i upřednostňována před plodinami jinými (Landová 2015).

Hnojení dusíkem představuje na podzim obvykle dávku činící 30 kg N/ha. touto dávkou se hnojí koncem září do začátku října, používají se zejména

ledková hnojiva. Na počátku jara (koncem února do poloviny března), se hnojí dvěma dávkami dílčími, pokud ale jaro začne déle (koncem března až začátkem dubna), obě dílčí dávky se aplikují naráz co nejdříve (100-110 kg N/ha) (Bečka et al. 2007).

- Srážky

Pro kvalitní vývoj a růst řepky jsou pochopitelně dalším důležitým faktorem srážky a jejich dostatečné množství. Řepka je rostlina, která potřebuje teplejší a vlhčí podmínky, ale ne trvalé zaplavení či příliš časté srážky.

K nabobtnání semena je potřeba vody o objemu 51 % své hmotnosti. První srážky potřebuje především v době setí, tj. v srpnu k uchycení v půdě a vzrůstu kořínků. Naopak silné srážky způsobují odumírání v důsledku nepřístupu kyslíku k rostlině. Aby řepka v zimě neomrzla či příliš nevzešla, tak je po vytvoření listů lepší spíše sušší podnebí (Landová 2015).

Nejvhodnější oblasti pro pěstování řepky ozimé jsou zejména oblasti s průměrným ročním úhrnem srážek činící 550-750 mm (Bečka et al. 2007).

- Teplota

U řepky se dá poznamenat, že prochází dvěma teplotními fázemi, tj. jarní a zimní. Závislost teploty na růst je velice značná, proto musí rostlina projít oběma fázemi, které jsou pro růst a vývoj klíčové. Co se týče zimy tak řepka snese teploty okolo -10 °C, u holomrazů snese teploty na hranici okolo -13 až -15 °C. Naopak pod sněhem v půdě nezamrzlé překoná řepka teploty až okolo -30 °C.

Během jarního období snese teploty řepka do 20 °C. Především záleží na působení teploty v době vývoje a růstu. Určité nebezpečí může nastat v období kvetení pupenů, kdy mohou mrazy okolo -6 °C způsobit odpad poupat a květů a popraskání stonků (Landová 2015).

Pro pěstování řepky jsou nejprůvětivější oblasti s průměrnými ročními teplotami 6,5-8,5 °C (Bečka et al. 2007).

- Světlo

Stejně jako jiné rostliny je i řepka olejková rostlina, která je závislá na světle. Řadí se mezi rostliny dlouhodobní. Pokud by nastala situace, že by řepka neměla dostatek světla došlo by k nedostatečnému tloušťnutí pletiv. To by znamenalo, že by rostliny velice těžce odolávala přírodním podmínkám, jako jsou například (teploty, srážky, aj.), a to z důvodu, že by její pletiva nebyla dostatečně pevná. Aby se předešlo možnému zastínění rostlin navzájem, je třeba dbát na dodržení správného osevního postupu, tj. šířky řádků pro setí řepky. Obecně platí pravidlo, že hustě seté rostliny se větvi málo a vyrůstají více do výšky a tím dochází ke vzniku většího množství biomasy na úkor semene (Landová 2015).

V období výsevu řepky od poloviny srpna do září se postupně zkracuje i délka dne, a tudíž i délka působení světla ze 14 hodin 30 minut na 13 hodin a 30 minut (Řičařová et al. 2017).

3.1.1 Globální pohled

Masivní snížení globální produkce světové způsobuje především rostlinný abiotický stres, který negativně ovlivňuje vývoj a růst. *Brassica napus* L. neboli řepka spadá mezi velice významné plodiny olejnin díky své ekonomické hodnotě a produkci. Její produktivita ale byla snížena o mnoho nepříznivých vlivů na životní prostředí. Z tohoto důvodu je proto prvořadou potřebou pěstovat kultivary řepky, které dokážou odolávat četným abiotickým stresům (Raza et al. 2021).

Řepka se představuje jako rozšířená plodina semen olejnatých a její růst je hlavně ovlivněn komplexními environmentálními faktory, ve kterých hrají důležitou roli kontrolované genetické vlastnosti kultivaru, podmínky povětrnostní, vodní režim v půdě a výskyt chorob a hmyzích škůdců. Řepka jako plodina olejnin pro výrobu energie získala již nový zájem v severním Středomoří. Zemědělství pro energii z biomasy by se navíc mohlo eventuálně přesunout do oblastí jako je například opuštěná orná půda, která se ve středomořských zemích EU dramaticky zvyšuje, takže neexistuje konkurenční využití zemědělství pro produkci krmiv a potravin. Zavádění takových energetických plodin, jako je tedy řepka, může v té souvislosti poskytnout zdroje alternativní zaměstnanosti v oblastech venkovských a podpořit využívání okrajových a nadbytečných pozemků (Deligios et al. 2013).

Obecně platí, že řepka zimní přináší mnohem vyšší výnosy než řepka jarní. Řepka přispívá ke světové poptávce z pohledu produkce ropy. Řepka zimní má zhruba o 20–30% vyšší výnosový potenciál nežli řepka jarní. Je to z důvodu, že její dřívější charakteristika kvetení jarního se vyhýbá pozdějšímu období vedra, které může ovlivnit výnos a kvetení. Z pohledu odolnosti řepky její odolnost vůči zimě vyžaduje jak aklimatizaci za studeného klimatu, tak určitou toleranci vůči mrazu (intenzita a doba trvání). Aklimatizace a celý proces na chlad zahrnuje environmentálně indukované změny složek buněčných (Chao et al. 2021).

Pro globální produkci plodin představují dopady klimatických změn, jako je sucho, záplavy, globální oteplování a další extrémní jevy, vážné výzvy. Rostoucí abiotické napětí u řepky olejné vede k agroekonomickým ztrátám. Je proto tedy důležité dodávat rostlině řepky schopnost přežít a udržet přijatelný výnos, když se čelí expozici současné více abiotických stresů.

Globální potravinový trh se obecně skládá ze tří hlavních skupin plodina těmi jsou: olejnin, obiloviny a luštěniny. Na druhé místo ve světové rostlinné produkci po obilninách spadá k ropným plodinám a mají ekonomickou vysokou hodnotu pro obchod a zemědělství po celém světě. Mezi ropné plodiny se řadí na druhé místo na světě *Brassica napus* neboli řepka olejná s roční hodnotou 41 miliard dolarů amerických. Řepka má všestranné využití s extrahovaným olejem používaným pro výrobu paliv, pro vaření a v farmaceutickém průmyslu s moučkami pro extrakci oleje, který se používá jako krmivo pro zvířata s vysokým obsahem

bílkovin. Řepka se pěstuje v mírném podnebí severní i jižní polokoule, a to v různých ročních obdobích. Stejně jako jiné polní mírné plodiny, je i řepka náchylná k mnoha abiotickým stresům. Mezi nejvíce ohrožující abiotické napětí, které ovlivňuje vývoj a růst řepky zařazujeme slanost, sucho, toxicita kadmia a extrémní teploty (Neeta et al. 2020).

Hospodářský výnos v posledních desetiletích přiměl zemědělce k pěstování řepky. Celosvětová produkce se v důsledku toho značně zvýšila a v současné době se plodina pěstuje v kratších rotacích než kdykoliv předtím. Pokud jsou řepkové plodiny pěstovány po jiných druzích, obvykle přinášejí více, než když se pěstují po řepce. Střídání plodin znamená sled plodin pěstovaných na stejné půdě. Určité pulsy ve střídání plodin mohou zlepšit produktivitu následných plodin díky půdě zvýšené o dostupné N a další agronomické výhody. Kupříkladu rostliny luštěniny mohou podporovat ukládání C zvýšením tvorby a stabilizace půdních agregátů, které dále chrání půdy organickou C před mineralizací (Seyedi et al. 2021).

Řepka se v některých zemích pěstuje na hodně velkých plochách určitého státu. Naopak na některých se vyskytuje ve velmi malé míře či dokonce nikoliv. Dle Eurostatu můžeme zjistit, že obecně co se zemědělské plochy týče, tak máme že zhruba od roku 2009 do roku 2019 až po současnost, výměra zemědělské využívané plochy v jednotlivých státech z pohledu globálního, a především ve státech v rámci EU výměra měla kolísavý charakter. Z pohledu porovnání dle statistiky Eurostatu víme, že ale celková výměra zemědělské plochy ve využití měla od roku 2010 pozvolna klesající charakter, ale od roku 2013 začala pomalu mít charakter rostoucí, pro většinu zemí v rámci EU a globálního měřítka. Tento fakt je pochopitelně pozitivní, jelikož je třeba, aby se zemědělská plocha využívala jednotlivými státy.

Z pohledu plochy, která je tzv. obdělávaná, tudíž je využívána pro pěstování řepky, je dle statistik Eurostatu patrné, že výměra těchto ploch měla v rámci území EU od roku 2010 až po rok 2020 charakter klesající. V rámci ostatních zemí, které jsou začleněny do statistiky Eurostatu můžeme zjistit, že jsou státy, které měly charakter také klesající jako například je Velká Británie a další. Naopak jsou státy, které měly charakter rostoucí, tzn. že obdělávaná plocha, která se využívala a využívá k pěstování řepky roste, mezi takové státy řadíme například Turecko. V rámci území České republiky byl v roce 2013 zaznamenán velký tzv. rozkvět těchto ploch, ale následující roky byla tendence kolísavá. S jistotou můžeme říct, že určitou kolísavou tendenci mají všechny státy v globálním pohledu.

Celková produkce olejnina na světě dle informací Zelené zprávy Ministerstva zemědělství z roku 2019, představovala v marketingovém roce 2018/19 vysoké rekordní číslo v produkci olejin. Bylo to celkem 597,3 mil. t., což představovalo nárůst proti sklizni předchozího roku o 2,7 %. Olejny spadají do skupiny plodin, které jsou koncentrovány do celkem malého počtu producentů zemí či regionů, nejvíce typickou monokulturní produkcí je produkce semen palmy olejné (Malajsie a Indonésie) a sóji (Čína, Argentina, Brazílie, Spojené státy). Jako hlavní nejvýznamnější producenti olejin ve světě za rok 2019/20 jsou následující, tj.:

- Brazílie s produkcí 129,6 mil. t,
- USA s produkcí 107,4 mil. t,
- Čína s produkcí 62,6 mil. t,

– Argentina s produkcí 57,1 mil.t.

Jako největší světový importér olejin je stále i přes svoji vysokou produkci Čína a to s 92,5 mil.t (53,3 % importu světového). Z pohledu světového největšího vývozce olejin je Brazílie s 78,9 mil.t (45,2 % exportu světového), následuje ji USA a ta má objem 49,4 mil.t (28,3 %) (Křepelka 2013; MZe 2019).

Skližeň semene řepky ve světovém měřítku se v marketingovém roce 2019/20 očekával ve výši 68,2 mil.t a byl tedy meziročně o 5,8 % nižší. Kanada kupříkladu sklídila 19,0 mil. t, a to i přes pokles meziroční o 6,4 % opět nahradila EU na pozici největšího producenta řepky v globálním měřítku. V Evropské unii se očekávala sklizeň jen ve výši 17,0 mil. t., to ale představuje oproti marketingovému roku 2017/18 o 23,3 % pokles. Z pohledu exportu je na hlavní dominantní pozici Kanada s objemem 9,3 mil. t.

V EU za rok 2019 činila meziročně sklizňová plocha olejin hlavních (řepky, slunečnice a sóji) výměru srovnatelnou a to bylo 10,9 mil. ha. Produkční plochy řepky jako nejdůležitější olejnin v EU, meziročně poklesla o 3,4 % a činila zhruba 5,6 mil. ha. V rámci průměrného výnosu 2,99 t/ha se dosažená produkce semene řepkového snížila meziročně na 16,7 mil. t (pokles byl o 9,6 %). O zhruba polovinu méně než u řepky olejně, je v Evropské unii produkce semene slunečnicového. V roce 2019 činila 9,8 mil. t. hlavní producenti slunečnicového semene jsou Rumunsko 3,0 mil.t, dále Bulharsko 1,9 mil. t a Maďarsko 1,8 mil.t. V EU meziročně poklesla i produkce sójových bobů o 10,6 % na 2,8 mil. t.

V marketingovém roce 2019/20 sklizňová plocha olejin poklesla a celkem činila v Česká republika 454,8 tis. ha. Meziročně klesl průměrný hektarový výnos na 2,74 t/ha a produkce olejin celková oproti sklizni roku 2018 poklesla o 17,4 % na výši 1 248,2 tis. t. Obecně olejninu řadíme mezi exportní nejvýznamnější komodity ČR. Konkrétně z pohledu objemu obchodu zahraničního to jsou makové, hořčičné a řepkové semeno.

V České republice se řepka olejná sklídila v marketingovém roce 2019/2020 z důvodu zaorávek z nižší plochy produkční jako v roce předchozím 379,8 tis. ha (pokles o 7,8 %). Ve srovnání s rokem předchozím poklesl o 18,0 % na 1157,0 tis. t objem produkce řepky, a to při průměrném výnosu 3,05 t/ha. na celkové produkci olejin v ČR podíl řepkového semene činil 92,7 %. Obecně je celková míra soběstačnosti vlivem mimořádných podmínek klimatických odhadována na 89 % (MZe 2018; MZe 2019).

U zemědělských výrobců se průměrná cena řepkového semene v rámci ČR roku 2019 pohybovala v rozmezí 9 265 Kč/t a k maximum tj. 9 651 Kč/t v prosinci roku 2019. cena zemědělských výrobců průměrná byla za rok 2019 9 431 Kč/t meziročně vyšší o 1,5 %.

Část, která je významná u produkce řepkového semene se uplatňuje dobře na trzích zahraničních. V posledních několika letech spíše u řepkového semene převyšoval výrazně objem vývozu nad dovozem do ČR. V roce 2020 se toto ale obrátilo. Rekordní vývoz byl zaznamenán v marketingovém roce 2013/14, bylo tehdy zaznamenán export 529,2 tis.t řepkového semene s průměrnou vývozní hodnotou 9 017 Kč/t.

V roce marketingovém 2015/16 naopak došlo k výraznému snížení vývozu, tehdy bylo vyvezeno řepkového semene pouze 279,7 tis.t. Vývozní hodnota průměrná dosahovala 9 744 Kč/t (MZe 2019).

3.1.2 Problematická hlediska

Pěstování řepky ať už v rámci České republiky či v pohledu globálního představuje řadu problematických hledisek. Na jedné straně by se dalo říct, že se jedná o různé škůdce a potřebné hnojení, na straně druhé by se dalo označit jako problematické proměnlivé hledisko měnící se klimatologické podmínky, vliv stanoviště a jeho adaptační charakter. Potřebné informace o měnícím se klimatu nalezneme díky Českému hydrometeorologickému ústavu, který potřebná data poskytuje na svých stránkách internetových. Další užitečný portál, který vznikl v roce 2012 a spolupracuje s mnoha institucemi a vědeckých pracovníků, jest portál INTERSUCHO, tento portál je užitečný pro získávání různých předpovědí, dopadů a mnoho dalších. Pro portál vyplňují i samotní zemědělci tzv. expertní dotazníky. Portál je zaměřen konkrétně na tři určitá území a těmi jsou: území České republiky, Slovenska a Střední Evropy. Díky tomuto portálu se může odhadnout možná předpověď či dopady na zemědělství, lesy a další. Portál má svá zpracování znázorněná na mapách či v podobě textové.

3.1.3 Hnojení a škůdci

Z pohledu pěstování řepky v České republice se můžeme setkat s menším pěstováním jarní řepky, a to především z důvodu nižších výnosů, náchylnosti poškození škůdci, a tudíž i vyšším nárokům na ochranu, proto se pěstuje spíše ozimá řepka. Pro pěstování jak řepky, tak obecně brukvovitých plodin je doporučen minimální časový odstup 4 roky. Díky tomuto doporučení lze z části předejít vyššímu tlaku ze strany škůdců či chorob. V našich podmínkách jsou tyto doporučení spíše porušovány, proto je zapotřebí vyšší chemická ochrana rostlin. Co se týče pěstování řepky jarní a ozimé je zde doporučeno pěstování minimálně ve vzdálenosti zhruba 1 km od sebe. V současné době je nejčastěji jako předplodiny použity obilniny zejména pšenice ozimá, dále je doporučen kupříkladu ozimý ječmen.

Mezi základní pěstitelské opatření spadá vhodný výběr pozemku, resp. stanoviště, který hraje důležitou roli ve vývoji či snížení výskytu škodlivých organismů. Správným výběrem stanoviště je i možnost předcházet fyziologickým poškozením, které by mohly významně poškodit rostliny, například suchu nebo mrazu. Obecně se dá určit, že mezi nejvíce vhodně stanoviště pro pěstování řepky jsou spíše vlhčí a chladnější polohy. V polohách teplých jsou příznivější podmínky spíše pro rozvoj škůdců a chorob, hlavně pro jejich kalamitní rozšíření.

Pro úspěšný rozvoj rostliny je důležité jak vyvážené, tak dostatečné hnojení. Díky správnému hnojení se může dosáhnout lepšího výnosu. V případě, kdy se použijí vysoké dávky například dusíku hrozí zde zvýšení nebezpečí napadení rostlin houbovými chorobami či savými škůdci. V případě vápnění půdy platí naopak snížení výskytu některých škůdců či chorob, například u krytonosců či houbových chorob. U hnojení řepky se preferuje dodat hlavní živiny již ve hnojení základním. U volby dávky hnojení obecně platí vycházet z určitého předpokladu výnosu a upravovat ji dle půdních podmínek (obsahy K, P, Mg) a dle předplodin (pro určení dávky N). Účelem je vytvoření předpokladů pro zajištění optimální koncentrace (K, P, Mg) v rostlinách. Částečně či úplně se může hnojení dusíkem provést pomocí kejdy.

Po sklizni řepky se podmítka provádí účelně zhruba za 3 týdny. V případě sucha s provádí spíše mělká podmítka ihned, a to především z důvodu, aby měla semena lepší podmínky s větším množstvím vláhy. V případech, kdy je to možné se při založení porostu následující plodiny doporučuje zpracování půdy mělkým kypřením a vynechat orbu. Posklizňové zbytky, vzcházející výdrol či strniště řepky se mohou díky špatnému zpracování půdy projevit jako zdroj infekce patogenů (škůdci, hniloba) a hrozí jejich možné šíření vzduchem na nové založené porosty řepky. Pokud je z technického pohledu možnost, doporučuje se včasné ukončení posklizňového období, vzcházejících výdrolů a zaklopení strniště do půdy, a to ještě před tím, než vzejdou nové porosty na sousedních pozemcích (ÚKZÚZ 2021).

3.1.4 Meteorologické jevy

Klimatické změny hrají důležitou roli na rostliny obecně. Plodiny jsou vystaveny mnoha různým stresovým faktorům, které mohou snížit jak kvalitu plodiny, tak i její výnos (Baux et al. 2015).

Abiotický stres ovlivňuje vývoj růst, výnos a také další fyziologické vlastnosti různých druhů Brassica, respektive řepky olejky. Účinky těchto stresů přímo koreluje s ekonomickou ztrátou výnosu plodin. Různí vědci po celém světě provedli různé studie, které prověřily odolnost vůči abiotickým stresům u řepky a jejích genotypů pro další studium v oblastech ovlivněných environmentálním stresem (Sohail et al. 2017).

Řepka i další hlavní plodiny na celém světě jsou často vystaveny stresům, které mají významný vliv na fyziologické, molekulární a biochemické funkce rostlin, což představuje také v konečném důsledku dopad na růst a produkci plodin. Vylepšená tolerance semene řepkového k abiotickému stresu je zásadním přístupem ke zvýšení produkce olejnin u řepky (Raza et al. 2021).

Vliv stresu ze sucha

Sucho je obecně znám jako jeden z řady stresorů působící na kvalitu a výnos zemědělských plodin. Regionálním nedostatkům vody suchu se pochopitelně nevyhne ani Česká republika. Na řepku v roce 2018 působilo extrémní sucho nepříznivě v období kvetení a tvorby semen, kdy dochází k zasychání šesulí, semena jsou drobná a scvrkávají se. Od počátku roku 2018 byl nedostatek srážek, spíše teplejší zima bez sněhové pokrývky, v dubnu se objevily nezvykle vysoké teploty a duben 2018 se stal jedním ze tří nejteplejších za posledních 50 let. Jako další z důvodů sucha byl také rok předešlý, respektive rok 2017, kdy byl nedostatek vláhy. K prohloubení vláhového deficitu také přispěla i absence typického počasí pro jarní období a rychlý nástup vegetace. Dle portálu Intersucho byl nejvýznamnější vláhový deficit v květnu 2018 v kraji Olomouckém, Moravskoslezském, Jihomoravském a také ve středních a východních Čechách. Ke konci roku 2018 se nedostatek vláhy objevil především na východě Čech. Z důvodu nemožnosti regulovat úhrny srážek musí být zájem společnosti soustředěn na přibližnou včasnou předpověď sucha a efektivní varování před ním. Pochopitelně dopady sucha nebude možno řešit bez podpory státu, účelné dotační politiky a využití zemědělského pojištění se zaměřením na sucho. Míra dopadů sucha závisí také na způsobu vnímání samotného rizika sucha zemědělci. Společně toto vnímání s tržními, technickými a finančními možnostmi farmáře značně ovlivňují volbu adaptačních opatření. Množství vody k nezbytnému pokrytí

závlahových potřeb v očekávaných klimatických podmínkách významně poroste a rekonstrukce závlahových systémů či výstavba vodních nádrží bude nutností.

Četnost horkých vln se v České republice vyskytla v posledních dvou týdnech v červenci 2018 (38,3 %) a dále v prvních dvou týdnech v srpnu (31,5 %). Mezi nejvíce postižené oblasti s extrémně vysokými teplotami tradičně patřily střední Čechy a jižní Morava. Zhruba od 90. let dochází k plošnému rozšíření výskytu tohoto jevu do dalších oblastí ČR s významným nárůstem v západní oblasti Čech. Změny v plošném rozložení teplot (extrémních) a dalších jevů povedou nejspíše k nutnosti změny sortimentu pěstovaných odrůd řepky.

Vlhko a sucho, jako střídání meteorologických jevů (viz. obr. č. 1), bylo v posledních několika letech v roce 2013 období zrání řepy, naše území zažilo největší krátkodobý srážkový deficit za posledních cca 60 let. V roce 2013 byl časný nástup jara vystřídán výrazným ochlazením, a to v období od března do dubna, což zpozdilo jarní vegetaci řepky. V době dozrávání a kvetení v roce 2014 byl jarní srážkový deficit vyrovnán, díky tomu se doba kvetení výrazně prodloužila a byly tak dosaženy až rekordní výnosy. V ČR byl výnos řepky v průměru 3,95 t/ha. Typické svým suchem bylo vegetační období 2014/2015 v období setí řepky, nejteplejším červencem v historii ČR a rekordně teplou zimou.

Řepka olejná (ozimá) je citlivá jak na srážkový deficit v chladném období roku a na holomrazy, tak i na sucha v období vegetace (Potopová 2018).



Obrázek č. 1: Meteorologické rizikové jevy (Zdroj: Potopová 2018)

Hlavními kvalitativními vlastnostmi rostlin řepky silně ovlivněné deficitem vody jsou zejména obsahy oleje a bílkovin (Istanbulluoglu et al. 2010).

Sucho se jako neživý stres řadí mezi nejdůležitější omezující faktory růstu rostlin a zemědělské produkce na celém světě, zejména v polosuchých a suchých oblastech. Řepka ozimá zaujímá třetí místo ve světových dodávkách oleje rostlinného a je na pátém místě z hlediska bílkovin. U řepky srážky na podzim, v zimě a na začátku jara plní funkci potřeby vody pro řepku během vegetačního období. Ve většině oblastí však jsou nejkritičtější fáze růstové, konkrétně fáze kvetení a luskování, ty nemusí mít žádné nebeské srážky. Škody, které jsou způsobeny stresem se mohou u jednotlivých fázích růstu lišit. Určitou roli hrají také genetické rozdíly. Výběr určitých kultivarů s větší tolerancí vůči stresu způsobené suchem v reprodukčním stádiu mohou poskytnout základy pro rozvoj pěstování řepky v Íránu či dalších částech světa s podobnými podmínkami klimatickými. Celkově datum výsevu je určitým faktorem, který je významný pro výnos osiva a obsah semenného oleje. Poskytnutím potřebného času, který je třeba pro rychlost růstu rostlin řepky ozimé a omezení jejich náchylnosti k mrazu, vhodná doba setí výrazně zvyšuje výnos osiva. Díky různým studiím již víme, že aplikace časných nebo pozdních termínů setí a tím pádem nežádoucích teplotních režimů během období růstu vede ke snížení výnosu i výnosových složek. Nejvyšší výnos osiva je získáván díky příslušnému datu setí (Gharechaei et al. 2019).

Na základě porovnání frekvence sucha mezi lety 1961-1980 a 2001-2012 se došlo k závěru, že za posledních 12 let se riziko sucha v určitém období duben–červen zvýšilo, a to více než jedenkrát. Jako faktor vysvětlující značnou část celkové variability výnosů se stalo právě v období duben–červen sucho (Potopová et al. 2015).

Nedostatek vody představuje pro rostliny veliký stres, který ovlivňuje celkovou produkci plodin (Nargeseh et al. 2019).

Vliv mrazového stresu

Mraz neboli mrazivý stres je jeden z klíčových extrémů životního prostředí, který ovlivňuje výnos a další znaky agronomicky důležité pro mnoha druhů plodin (Singh et al. 2008; Shah et al. 2016).

Plodina řepky je velmi citlivá na mrazový stres, především v reprodukčních fázích. Teploty na jaře a v zimě ovlivňuje některé důležité kroky během období reprodukčního, když je teplota nízká vede to k malé tvorbě zralých semen kvůli špatné tvorbě pylu. Mrazivý stres v raných stádiích sazenic způsobuje smrt celé rostliny řepky. Celkové poškození mrazovým stresem závisí především na mnoha důležitých faktorech, těmi jsou například rozsah a trvání chladového stresu, různá fáze růstu rostlin a obsah vlhkosti. Růst u sazenic je ovlivněn výrazně vysokým mrazovým stresem cca -16°C . Stres mrazivý vede k vadnutí listů, bělení nebo dokonce v extrémních případech může způsobit usmrcení rostlin.

Během hodnocení dopadů těchto určitých stresorů se nutně odlišovat dva konkrétní termíny, tj. zimovzdornost a mrazuvzdornost. Tyto termíny jsou často zaměňovány. Termín mrazuvzdornost, respektive odolnost vůči mrazu charakterizující odolnost vůči jednomu konkrétnímu faktoru zimy, tj. mrazu. Naopak termín zimovzdornost, respektive odolnost k vyzimování charakterizuje schopnost odolávat celému komplexu nežádoucích činitelů, které mohou během zimního období působit na porosty. Pochopitelně záleží také na vlastnostech půdy, přítomnosti sněhové pokrývky, působení škůdců či chorob, obsah vzduchu v půdním

profilu a dalších. Zimovzdornost se řadí mezi nejdůležitější agronomické charakteristiky v podmínkách ČR, stejně jako například odolnost k chorobám, výnos semen u řepky, olejnatost atd. V ČR je poškození rostlin zimou a mrazem spojováno obvykle s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou, kdy dojde k vyčerpání rostlin a napadení různými patogeny či naopak působení holomrazů na rostliny. Mrazuvzdornost se během zimy a vegetace mění, tudíž není to stálá vlastnost. Mrazuvzdornost lze rozdělit do tří fází jejího průběhu (Ovesná 2020).

1) Fáze podzimní otužování

V důsledku zkracování délky dne a snižující se teploty v okolí stoupá odolnost vůči mrazu u rostlin.

2) Fáze udržení odolnosti

U řepky může docházet ke kolísání mrazuvzdornosti, a to v závislosti na vnitřních a vnějších faktorech.

3) Ztráta odolnosti

Dochází u rostlin k rychlému poklesu mrazuvzdornosti v důsledku obnovené vegetace v předjaří. Rozsáhlé škody na rostlinách mohou způsobit mírné mrazy, a to v důsledku teplého podzimu, kdy rostliny nemají možnost se včas a plně otužit.

Další jev způsobený klimatickými změnami je brzký přechod porostů do fáze prodlužování stonku, tj. generativní fáze. V tomto případě dochází k předčasné ztrátě odolnosti vůči mrazu (Ovesná 2020).

Proti přímému působení mrazu se jeví jako případný ochranný účinek sněhová pokrývka, u které závisí především na její vrstvě a kvalitě. Kupříkladu při působení $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ vzduchu může již vrstva o 10 cm sněhové pokrývky snížit průměrné působení mrazu v okolí rostlin zhruba na hodnotu -10 až $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Prášil & Prášilová 2002).

Mezi další důsledky klimatických změn se řadí zvyšující se deficit v půdě a tím pádem i častější výskyt sucha, tzv. zemědělského sucha. Stres způsobený suchem má větší význam nejen díky měnícím se klimatickým podmínkám, ale i kvůli zvyšování intenzity pěstování u některých brukvovitých plodin. Nedostatek vody v půdě v kombinaci s opožděným výsevem má také negativní význam, vede to nejčastěji k ovlivnění klíčících semen, respektive k jejich zasychání (Ovesná 2020).

Optimální fáze u řepky pro její přezimování představuje 6-10 pravých listů a sílu kořenového krčku 8-12 mm. Do této optimální fáze pro přezimování je rostlina schopna dosáhnout zhruba za 70-85 dnů od zasetí (tj. zhruba od poloviny srpna až do konce října). Pozitivní vliv na přezimování a výnos obecně představuje působení dlouhého podzimu a teplé krátké zimy. V zimním období se pozitivně projevují také vyšší úhrny srážek (Středa et al. 2011).

Vliv teplého stresu

Stres z vysokých teplot narušuje normální vývoj a růst rostlin, zejména v raných fázích růstu rostlin, což představuje jeden z hlavních problémů v mnoha kultivovaných oblastech světa. Tento stres zpomaluje normální morfologické, agronomické, biochemické a fyziologické

procesy mnoha různých druhů rostlin a tím způsobuje vážnou ztrátu výnosu. Také to ovlivňuje řepku olejku v rané fázi růstu (Sohail et al. 2017). Vysoké teploty mají za důsledek snižování biomasy rostliny snížením fotosyntézy (Qaderi et al. 2006).

Vliv napětí soli

Jeden z hlavních abiotických stresů je solný stres, který ovlivňuje růst rostlin a jejich produkci (Allakhverdiev et al. 2000; Hasanuzzaman et al. 2017; Nejat & Mantri 2017).

Zhruba 20% obdělávané půdy a 50 % plodin je silně tímto stresem ovlivněno (Lakhdar et al., 2009). Odhaduje se, že více než 50 % orné půdy bude do roku 2050 ovlivněno tímto typem stresu (Wang et al. 2003).

Tento stres lze určit v období, kdy dochází k úhynu rostlin či když špatně ovlivňuje jeho procesy morfologické. Tolerance tohoto stresu u různých druhů či poddruhů rostlin se odlišuje. Z tohoto důvodu je tedy vývoj odrůd odolných vůči abiotickému stresu velice důležitý (Zheng et al. 2009).

Solný stres ovlivňuje jak kvalitativní, tak i kvantitativní znaky. Solný stres ovlivňuje také příjem N (dusíku) a také jeho asimilační proces u mnoha druhů rostlin. Řepka vykazuje spíše střední úroveň odolnosti vůči slanosti. Růst a produktivita řepky jsou však ovlivněny různými koncentracemi solí (Sohail et al. 2017).

Stres ze soli a sucha jsou důležitými omezujícími prvky, které ovlivňují asi 26 % respektive 20 % zemědělské půdy. Salinita půdy je druhým hlavním omezujícím faktorem zemědělství. Solný stres ovlivňuje většinou zemědělskou půdu polosuchých a suchých oblastí po celém světě. Rostliny v podmínkách vyvolávajících dehydrataci nakonec brání růstu, snižují produkci plodin a také podporují nepříznivé účinky na fyziologické, biochemické a metabolické procesy rostlin. Navíc účinek několika dalších abiotických stresů, jako je toxicita kovů, podmačení a extrémní teplota na produktivitu plodin byla také hlášena u dalších plodin, včetně řepky (Raza et al. 2021).

3.1.5 Globální hledisko

Z pohledu dopadů sucha na zemědělství ve střední Evropě je patrné, že místy došlo za poslední roky vždy k ovlivnění porostu na většině území střední Evropy. Ke střednímu až těžkému poškození suchem, a tudíž i k určité ztrátě výnosů, u středního poškození suchem 10-30 % a u těžkého poškození suchem 30-40 %, došlo převážně v teplých měsících. Za pomoci portálu INTERSUCHO můžeme situaci sucha, předpovědi, dopadů a jiných, sledovat ať už v rámci České republiky, Slovenska nebo i právě Střední Evropy.

Na tomto portálu můžeme zjistit kupříkladu i tzv. předpověď výnosů pro sezónu roku 2021 (Intersucho 2021).

Řepka ozimá je známá svým pěstováním po celé Evropě a řadí se mezi evropskou špičku. Nejvíce se řepka ozimá pěstuje v Německu, Litvě, Polsku, Lotyšsku, Francii a Itálii (Pullens et al. 2019).

V Evropě se pěstuje zejména pro výrobu jedlých olejů a biopaliv, také i jako krmivo pro hospodářská zvířata. EU stanovila cíl 20 % celkového podílu energie z obnovitelných zdrojů a 10 % cíl obnovitelné energie v dopravě do roku 2020. V tomto cíli hrála významnou roli

bionafta získaná z řepky. Aby se dosáhl a udržel příspěvek řepky k potravinám, krmivu a biopalivům muselo být přijato několik opatření. Teoretické zvýšení pěstitelské ploch řepky by možné bylo, ale vedlo by to ke konfliktům s jinými plodinami, například s obilovinami a okopaninami. Dalšími opatřeními ke zvýšení produkce jsou třeba optimalizace produktivity plodin odstraněním mezery mezi potenciálem a skutečným výnosem a snížení náchylnosti k chorobám a různým škůdcům. Pro další zvýšení produktivity a snížení variability výnosu mohou být také specifické fyziologické vlastnosti plodin stále důležitější v důsledku změny klimatu. Problémy kolem pěstování řepky jsou za současných klimatických podmínek prominentní a v důsledku změny klimatu mohou nabývat na svém významu (Pullens et al. 2021).

3.2 Stresové faktory

Mezi děsivé problémy dnešního světa se označuje změna klimatu, nedostatek vody, nedostatek potravin a populační růst. Neustálou hrozbou pro polní plodiny představuje stres ze sucha a je často považován za hlavní omezení zemědělské globální produktivity. V blízké budoucnosti se očekává jeho zvýšení intenzity a frekvence. Na základě různých experimentů a studií výsledky naznačují, že některé kultivary *B. napus* mají v celku účinný mechanismus tolerance vůči stresu ze sucha, tento fakt ukazovaly zlepšené aktivity antioxidantních enzymů, hormonální a fotosyntetická regulace (Ayvaz et al. 2021).

Obsah řepkového oleje je zhruba 30,6-48,3 % sušiny hmotnosti. Olejový profil řepky obsahuje také životně důležité mastné kyseliny, jako jsou kyselina olejová (56,80-64,92 %), kyselina linolová (17,11-20,92 %), kyselina palmitová (4,18-5,01 %) (Raza et al. 2021).

Stabilita výnosu je zásadním problémem řepky olejky vůbec, přičemž meziroční rozdíly představují 30-50 % hodnoty plodiny u hlavních světových producentů řepky olejky. Spojené Království má kupříkladu přetrvávající problémy s nestabilitou výnosů, ale příčiny toho jsou nejasné stále. Nejspíše by bylo třeba použít k pěstování vhodnější odrůdy, které jsou odolnější a stabilnější vůči chladnějším klimatickým podmínkám (Brown et al. 2019).

V minulých letech se moc nevěnovala pozornost tomu, jak změny klimatu mohou ovlivňovat výnosy řepky. Proběhlo mnoho studií. Jedna studie zvažovala, jak určité variace klimatických faktorů ovlivňují růstové období a výnos řepky díky simulačním modelům plodin. Jiné studie se zaměřily na to, jak může změna klimatu ovlivňovat výskyt onemocnění rostlin řepky z agronomického hlediska. Dále proběhlo několik studií, které se zabývaly dopadem managementu a klimatu a jejich zahrnutí do zkoumání variability výnosů z ekonomických perspektiv, vzhledem k tomu, že se mohly lišit jak inter-regionálně tak i inter-temporálně.

Řepka se pěstuje po celém světě a v roce 2015 byla jako třetí nejdůležitější zdroj rostlinného oleje a jako druhý nejdůležitější zdroj proteinové moučky.

Produkce z globálního pohledu u řepky v letech 2000 až 2013 rostla průměrným ročním tempem růstu 2,5 %. Čtyři největší producenti jsou Evropská unie, Kanada, Čína, Indie. Určité změny v produkci řepky v Číně jakožto největším třetím světovým výrobcem (viz. tab. č. 2) a největším dovozcem od roku 2012, mohou mít zásadní vliv na trh světový s řepkou.

Tabulka č. 2: Dovoz řepky čtyřmi největšími dovozci mezi roky 2012-2015 (Zdroj: Ministerstvo zemědělství USA)

<i>Země</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>
<i>(milionů tun)</i>				
<i>Čína</i>	3,42	5,05	4,50	3,30
<i>EU</i>	3,38	3,50	2,30	2,20
<i>Japonsko</i>	2,50	2,38	2,45	2,45
<i>Mexiko</i>	1,38	1,49	1,54	1,50

Celkové kolísání výnosů významně přispívá ke změnám v produkci řepky v Číně a její úrovni dovozu (Yaqin He et al. 2017).

Řepka a její parametry výtěžnosti byly změněny v důsledku zvýšené expozice namáhání abiotickému. Obecně je známo, že měnící se klimatické podmínky zvýšily produkci biomasy a také výnos semen. To znamená, že v konečném důsledku to ovlivňuje úspěch plodin řepkových. U zemědělských výrobců po celém světě, je závažnost a schopnost abiotických stresů řešena s rostoucím zájmem. Abiotické stresové podmínky ovlivňují rostliny ve spojení s růstovým stadiem, fyziologickými aspekty a skladovací kapacitou půdní vody. Moderní zemědělství má za cíl zvýšit produktivitu rostlin, aby bylo zajištěno zabezpečení potravin do budoucna v celosvětovém měřítku. Toho lze dosáhnout pochopitelně za pomoci kvalitního osiva, měření technik snižování škůdců, zajištění vhodných zemědělských postupů a pochopení určitých výzev v oblasti výroby rostlinné. K vývoji řepky z pohledu abiotické tolerance stresu lze použít nástroje, dále konvenčních šlechtitelských a biotechnologických přístupů (Raza et al. 2021).

3.2.1 Adaptační strategie v zemědělství

V rámci adaptační strategie při pěstování řepky se nejvíce osvědčují různé odrůdy, které jsou již adaptabilní na stresové faktory. Odolnost vůči suchu je u pěstování řepky poněkud komplikovanější nežli u její odolnosti vůči mrazu. Tento problém je způsobený tím, že sucho představuje určitou „novost“ stresových faktorů v našich klimatických podmínkách. Je zde také fakt, že nedostatek vody, který je neočekávaný a může nastat prakticky v jakémkoliv období vegetace, a tudíž i během jakéhokoliv vývojového stádia rostliny. Tento problém tedy představuje komplikaci pro využití odolnějších odrůd řepky a jejich využití pro konkrétní typ sucha (Ovesná 2020).

U ozimých rostlin, stejně tak u řepky ozimé lze poznamenat, že jsou ozimé rostliny lépe přizpůsobeny změně klimatu, a to zejména tvorbou kořenového systému, která nastává již na podzim a tím tedy možností využití potřebné vláhy ze zimního období (Trnka et al. 2022)

Mezi základní podmínky pro úspěšnou adaptaci se zařazuje šetrné a flexibilní využívání území a dále také zavádění nových technologií. Další základní podmínkou pro úspěšnou adaptaci je například diverzifikace plodin a odrůd, zemědělských kultur, produktů a celkově způsob jejich produkce používaných v zemědělství. V krajině se pak jedná především o

adaptačně-preventivní opatření s účinkem kombinovaným zejména na vody a její zadržování v krajině, kvalitu půdy, zachování agrobiodiverzity a genetických zdrojů. Podmínkou, kterou lze považovat za klíčovou je udržitelné využívání půdy. Řešení by měla být založena především na principech udržitelného hospodaření, tj. protierozní a půdoochranná opatření, vhodné prostorové uspořádání zemědělské půdy, zlepšení půdní struktury, zvyšování podílu organické hmoty v půdě, využívání a šlechtění odrůd či plemen odolných ke změnám klimatických podmínek (Ministerstvo životního prostředí 2015).

V důsledku postupného oteplování jsou zimy převážně mírnější, klesají zaorávky, a to i když jsou některé roky vyloženě krizové. V důsledku toho ozimé plodiny dokážou fakticky vegetovat celou zimu. Dá se to nazvat skrytou = kryptovegetací. Tato kryptovegetace se odlišuje především i v růstu kořenů a nadzemní hmoty rostliny. Obecné fyziologické principy říkají, že biomasa zelená u ozimé řepky přirůstá ještě při teplotách okolo +3 až +5 °C a že jsou pro růst nejvýznamnější noční teploty vzduchu. V současnosti koncem října už noční teploty většinou padají pod tuto hranici, což znamená, že nehrozí případné pokračování přerůstání řepky. U kořenů je růst zřejmě stejný ve dne i v noci. Pro klíčení semen i pro růst kořenů řepky je minimální teplota zhruba kolem +2°C. V tomto případě jde ale o teplotu půdy. Většinou taková teplota půdy bývá celkem často během celé zimy, agronomicky od 1.12. do 28.2.

Pro běžné polní plodiny není moc reálné budování závlah, proto je třeba najít jiné cesty, které by mohly tento problém s nedostatkem vody vyřešit či zmírnit. Nejjednodušší je zvýšení podílů ozimů, především raných, jelikož během zimy je výpar vody spíše nízký. Současně je třeba posílit růst hlavně kořenů, a v možné případě i zlepšit jejich aktivitu. Dále je potřeba zajistit rychlé vzejtí mnoha rostlin a stimulaci růstu kořenů, tj. možné výsevem kvalitního osiva do tzv. čerstvé orby. Při výsevu není vhodné aplikovat hnojiva, které mají vyšší obsah dusíku, jelikož ten omezuje růst kořenů. Použití P, popřípadě NP hnojiva je přívětivější řešení (Vašák et al. 2014).

V současné době nedostatečné porozumění extrémních vlivů vysokých i nízkých teplot na reprodukční procesy omezuje použití různých modulů mimo konvenční data setí a agroklimatické zóny (Robertson & Lilley 2016).

3.2.2 Využití

Česká republika jde se západní Evropou s rozvojem využívání obnovitelné nafty, respektive bionafty první generace z čerstvých surovin a soustřeďuje se na využití řepkového oleje. V České republice se řepka olejná pěstuje na zhruba 400 tis. ha orné půdy, to zhruba představuje 13,5% podíl. Na našem území se ročně vypěstuje přes 1 milion tun řepkového semene. Na bionaftu první generace, resp. její výrobu se spotřebuje 420 tis. tun a zhruba 520 tis. tun se využije v potravinářství.

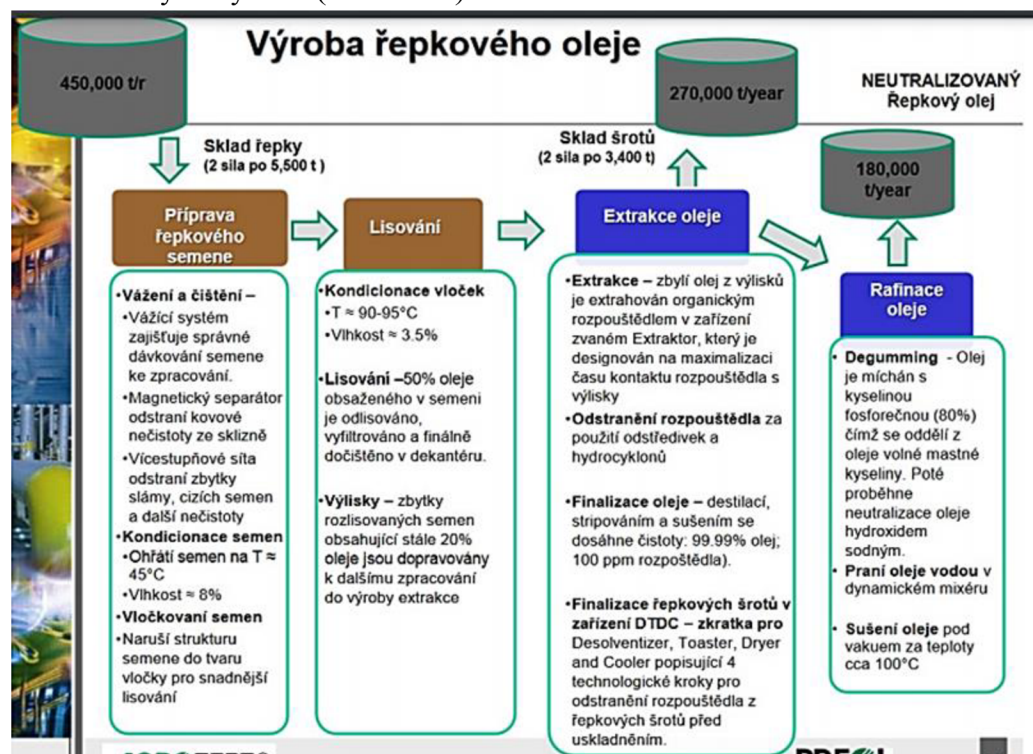
Hlavně v západní Evropě sílí tlak na využívání biopaliv (druhé generace). Z veřejných dat zároveň ale je otázka, z jakého důvodu se tuzemská bionafta druhé generace neuplatňuje na trhu domácím (Pospíšil et al. 2020).

Řepkový šrot představuje významný vedlejší produkt po lisování semen řepky a po následné extrakci je řepkový šrot. Jedná se v podstatě o biomasu s velmi vysokou mírou draslíku

a dusíku ve formě dusíkatých iontů, čímž se nehodí na následné energetické využití pomocí spalení, jelikož pak v kotlích vznikají poměrně tvrdé silikáty, čímž se kotel poškozuje. Teoreticky je tedy ideální jeho zaorání, díky kterému by se půdě vrátila velká část potřebné organické hmoty a dusíku. Z praktického pohledu se to ovšem neděje, a to z důvodu toho, že jsou zpracovatelské závody velmi vzdálené od zemědělských farem, ze kterých pocházejí. Pochopitelně zde také nefiguruje žádná finanční motivace. Prakticky se šrot využívá jen na tvorbu krmných směsí. Z tohoto pohledu je problematický jak dusík, tak i obtížně stravitelná kyselina eruková, která je zde hojně obsažena. Proto se z těchto důvodů používá v krmných směsích především v malém procentu (zhruba 5 %). Převážná většina tohoto řepkového šrotu se vyváží do zahraničí, hlavně do Německa.

Z řepky se vyrábí především řepkový olej (viz. obr. č. 2), který je nejen levný, ale z hlediska výživové hodnoty představuje neobyčejně kvalitní a pro člověka zdravý produkt. Tento produkt obsahuje nízké procento nežádoucích nasycených mastných kyselin a vysoké procento mastných kyselin nenasycených (zhruba 65 %), ty příznivě působí zejména na náš srdečně-cévní systém a také obranyschopnost organismu. Má vyvážený poměr omega 3 a omega 6 částečně nasycených mastných kyselin na rozdíl od jiných olejů jako jsou např. slunečnicového či sójového. Kvalitní řepkový olej představuje obsah řady vitamínů, především rozpustných v tucích (A, D, E, K) a dále různé minerální látky (hořčík, fosfor a další). Jako jediný z olejů má řepkový olej nejvyšší doporučení od Světové zdravotnické organizace (WHO). Potenciální problém představuje pouze kyselina eruková, té je ovšem díky šlechtění v řepkovém oleji obsaženo pouze několik desetin procenta a v tomto malém množství je pravděpodobně zdraví neškodná.

Je nutné podotknout, že tyto všechny pozitivní vlastnosti jsou platné pouze pro řepkový olej panenský lisovaný za studena. Řepkový olej procházející procesem rafinace, je ochuzený nejen nutričně a chuťově, ale i může obsahovat poměrně významné množství velmi nezdravých trans-mastných kyselin (Vild 2020).



Obrázek č. 2: Proces výroby řepkového oleje (Zdroj: Vild 2020)

Semena řepky se olejky se používají také při výrobě čistého ekologického biologického paliva. Nízké výnosy osiva kupříkladu v Litvě lze vysvětlit nedostatkem teoretických znalostí o generativní tvorbě orgánů, růstu řepky, absencí moderní technologie pěstování řepky olejky použitelné v litevských klimatických podmínkách. Meteorologické podmínky a jejich negativní vliv na zimování řepky olejky je řešen zejména agrotechnickými a agrochemickými prostředky, jako jsou kupříkladu racionální hnojení plodin, jejich odpovídající kvalita, kvalita osiva, výběr předchozích kultur a střídání plodin. Ozimá řepka je téměř dvakrát tak produktivní než řepka jarní, nicméně její zimní otužování a přezimování je celkem výzva (Gaveliene et al. 2005).

Jako jedna z nejdůležitějších vlastností řepky je kvalita oleje ze semen. Kvalitativní vlastnosti jakéhokoliv oleje závisí na celkovém složení jeho mastných kyselin. Také se dříve s názorem, že výnos osiva byl ovlivněn nedostatkem vody od kvetení do konce plnění semen a v podmínkách sucha, kultivary řepky ozimé, ve kterých bylo možné udržet větší obsah vody, měly větší výnosy osiva a oleje.

Výtěžek semenného oleje závisí u řepky ozimé na množství vyprodukované ropy na jednotku plochy. Důležitými faktory je datum setí, zavlažování a zvolení genotypu. Opožděné datum výsevu bývá příčinou snížení výnosu semenného oleje. Teplota je další důležitý environmentální faktor ovlivňující výnos semenného oleje, jehož zvýšení vede k významnému poklesu výtěžku oleje. Tyto výtěžky oleje snižující teplotu jsou výraznější v pozdějších termínech setí. Pro každý stupeň teploty během období kvetení a plnění osiva se obsah oleje v semenech snižuje i 1,7 %, přerušení zavlažovacího procesu vede také ke snížení výnosu semenného oleje (Gharechaei et al. 2019).

O řepce olejné se ví, že je v současné době defakto druhou největší olejninou čili nejvíce pěstovanou olejninou po sóje. Olej řepkový, který se z řepky vyrábí je navíc jeden z hlavních jedlých olejů rostlinných, které jsou využívány pro lidskou potřebu. Je ale také důležitý pro výrobu maziv a biopaliv pro průmysl. Řepka olejné je také velmi cenným zdrojem krmiva pro zvířata a dále potencionálním zdrojem bílkovin pro výživu lidskou vzhledem k jejímu vysoce kvalitnímu obsahu bílkovin a také nízkého obsahu glukosinolátů v osivu. Produkce ropy na jednotku půdy a zvýšení obsahu oleje z osiv (SOC) má význam prvořadý pro splnění rostoucí poptávky v programech šlechtění semen olejnatých (Siao et al. 2019).

4 Metodika

Středočeský kraj můžeme najít ve středu České republiky. Co se týče velikosti mluvíme, o kraji největším v ČR. Kraj zaujímá zhruba 14 % území ČR. Území kraje je děleno na 12 okresů s 10 okresními městy. Dle informací měl tento kraj na konci roku 2019 celkem 1 385 141 obyvatel a byl regionem v České republice nejlidnatějším.

Středočeský kraj je charakteristický především svojí rozvinutou zemědělskou i průmyslovou výrobou. Zemědělská výroba má největší rozkvět především díky vynikajícím přírodním podmínkám v severovýchodní části kraje. Tato severovýchodní část kraje vyniká především díky rostlinné výrobě, pěstováním cukrovky, ječmene, pšenice, dále v příměstských oblastech pěstováním zeleniny, ovoce a květin (Krajská správa 2020).

Pro analýzu výnosů řepky ozimé se vybraly data dle Českého statistického úřadu (Krajská správa 2020) v letech 2002–2020 a výnosy řepky ozimé za každý rok. Tyto data byly pro diplomovou práci klíčové.

V první části diplomové práce byla věnována pozornost shromáždění informací z odborné literatury, specializovaných časopisů, a dalších. Na základě těchto materiálů, které sloužily pro teoretickou přípravu vznikla část literární rešerše.

Druhá část diplomové práce se zaměřila převážně na výnosy řepky ozimé. Na základě dat dle Českého statistického úřadu byl zpracován přehled výnosů jednotlivých krajů v České republice, jedná se tedy o 14 krajů celkem. U jejich výnosů byly vybrány data od roku 2002–2020. Vybral se konkrétní kraj, na který se diplomová práce převážně zaměřila, jedná se o kraj Středočeský.

V rámci této druhé části diplomové práce se pracovalo s daty výnosu řepky ozimé dle Českého statistického úřadu za období 2002–2020 pro všechny kraje v České republice. Tyto data se použily jako základní data pro práci v programu Microsoft Office Excel a následně se zjišťovaly trendy výnosu, odchylky výnosu, prognózy výnosu a dalších potřebných analýz. Dále se tato část zaměřila z užšího pohledu konkrétně na kraj Středočeský, jak z pohledu výnosu a jeho různých analýz, tak i z pohledu meteorologického. Statistické modely byly vytvořeny dle algoritmu na katedře agroekologie a rostlinné produkce (úsek meteorologie a klimatologie) (Potopová et al. 2022). Pro hodnocení vlivu jednotlivých rizikových meteorologických faktorů na výnos, byly použity soubory dat Českého hydrometeorologického ústavu v Praze, a to konkrétně průměrné měsíční teploty vzduchu a měsíční úhrn srážek na území ČR v období 2002–2020. Tyto data, co se týče teplot a srážek byly zpracovány pouze v rámci kraje Středočeského. Dále byla provedena analýza dat dle údajů měření na meteorologické stanici ve městě Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, které jsou dostupné na ČHMÚ. Za období 2002–2020 se provedla korelace teplot minimálních (Tmin) a maximálních (Tmax) a její vliv na výnos.

4.1 Tendence průměrných ročních výnosů řepky olejky ve Středočeském kraji

V programu Microsoft Office Excel se do prázdného listu vložila data z Českého statistického úřadu. Jednalo se o data řepky olejky a její výnosy na území České republiky dle krajů od roku 2002 do roku 2020. Do dalšího listu se převzaly data, které se týkala přímo Středočeského kraje. Vytvořily se dva sloupce, první zobrazoval roky 2002-2020 a druhý zobrazoval výnosy řepky v $t\ ha^{-1}$. Označila se data roky a výnosy a vložil se graf spojnicový, dále se přes formátování grafu vložila hodnoty Y, zaškrtnulo se zobrazení rovnice v grafu a zobrazit v grafu hodnotu spolehlivosti R na druhou. U možnosti spojnice trendu se vybrala spojnice lineární. A vznikl příslušný graf (viz. graf č. 1). Dále bylo třeba vytvořit stejným způsobem další grafy, akorát se měnilo zaškrtnutí možnosti spojnice trendu, tzn. že se u druhého grafu vybrala spojnice trendu exponenciální, u třetího logaritmická a u čtvrtého polynomická. V každém grafu se tedy ukázala i hodnota Y, zobrazila se rovnice a hodnota spolehlivosti R^2 . Dále se vytvořila s těmito hodnotami přehledná tabulka (viz. tab. č. 3).

4.2 Tvorba různých typů trendu

Další část v excelu byla věnována odchylkám jak u kraje Středočeského, tak u ostatních krajů České republiky. U kraje Středočeského se vybrala opět data z prvního (roky) a druhého (výnosy) sloupce a přes horní lištu programu Excel se zvolila „data“ a následně „analýza dat“. Vyběhla příslušná tabulka, kde se zvolila „regrese“ a objevila se tabulka, kde se muselo do vstupní oblasti Y vybrala data výnosů, do vstupní oblasti X se vybraly roky. Možnost výstupu se dal nový list a rezidua se zaškrtnulo graf s rezidui, graf regresní přímky a rezidua. Po potvrzení se vytvořila data a dva grafy. Následovala úprava grafů, nejprve se začalo grafem s rezidui, tento graf se přejmenoval pro lepší orientaci na „Odchylky výnosu od lineárního trendu (určitého kraje)“, dále se vložily a popsaly osy grafu a barevně se označily body. Červeně se značily záporné hodnoty odchylky výnosu od lineárního trendu a zeleně se naopak značily hodnoty kladné. U grafu druhého, tj. graf s regresní přímkou, opět následovalo přejmenování na „Vývoj výnosu podle lineárního trendu (určitého kraje)“ a vložila se legenda a osy, následovalo popsání. Očekávané výnosy zobrazující regresní přímka jednotlivými body se označilo zelenou barvou a výnosy se označily modrou barvou. U obou grafů se u osy s roky přes možnosti formátu osy upravily meze minimum 2000 a maximum 2020.

Tímto způsobem se pokračovalo u každého kraje zvlášť. U každého kraje se následně vybraly grafy s odchylkami výnosu od lineárního trendu a následovalo jejich zhodnocení, které uvádí kapitola 5.2 této diplomové práce.

U kraje Středočeského se dále pracovalo s daty, které se vyhodnotily spolu s grafy. U části rezidua se použila pro další zpracování sloupce s názvy „očekávaná Y“ a „rezidua“. Na základě těchto dat se vytvořila příslušná tabulka, která představovala čtyři sloupce, první sloupec zobrazoval roky (2002-2020), druhý zobrazoval výnosy středočeského kraje. U třetího sloupce se použila data „očekávaná Y“ (očekávaný výnos) a u čtvrtého se použila data „rezidua“ (odchylky od trendu). Vznikla tedy příslušná tabulka (viz. příloha č. 1).

Dále bylo třeba vytvořit sloupcový graf s odchylkami výnosu. K tomu sloužil sloupec s roky a sloupec s odchylkami od trendu, následně přes funkci vložení se vybral sloupcový graf, který se příslušně pojmenoval a vložily se osy s názvy. Dále se opět barevně vyznačily sloupce, s kladnými hodnotami zeleně a se zápornými červeně, pro lepší přehlednost (viz. graf č. 2).

Celkově se u všech krajů těž vytvořila za období 2002-2020 průměrná hodnota výnosů. To znamená, že se označily výnosy pro každý kraj za období 2002-2020 a přes horní lištu Excelu se zvolilo „vzorce“ a pomocí „AutoSum“ se vybral průměr. Z těchto průměrů a názvů krajů se vytvořil sloupcový graf, který zobrazoval průměrné výnosy krajů ČR v letech 2002-2020. Opět se vložily osy a jejich názvy (viz. graf č. 3).

4.3 Prognózy výnosu

U každého kraje následně bylo třeba vytvořit tzv. prognózu výnosu. Začalo se nejprve u kraje Středočeského, kde bylo třeba opět na nový list vložit roky a výnosy, následně se přes horní lištu Excelu vybrala „data“ a „list prognózy“. Otevřelo se okno, ve kterém bylo třeba přes možnosti upravit data. Nejprve se zvolil rozsah časové osy, to znamená označily se roky 2002-2020, dále rozsah hodnot tzn. výnosy. Následně se musel zvolit začátek prognózy 2020 a konec prognózy 2030. V posledním bodě se muselo zaškrtnout zahrnout statistiku prognózy a zvolilo se vytvořit. Vytvořila se na nové listě tabulka s hodnotami a graf.

Následovalo pracování s grafem, který se použil dále v diplomové práci, přes možnosti se vložily osy a následovalo jejich pojmenování. Pojmenoval se i celý graf jako „Prognóza do roku 2030“ (určitého kraje). Dle legendy je vidět, že se nám graf vytvořil dle tabulky. Po lepší přehlednost se označila barevně horní hranice spolehlivosti zeleně a dolní hranice spolehlivosti červeně. Prognóza je značena oranžově (viz. graf č. 17). Dále se vytvořila tabulka pro Středočeský kraj po pěti letech, skládala se z pěti sloupců. První sloupec ukazuje rozhraní roků po pěti letech počínaje rokem 2001 a končící rokem 2030 (viz. příloha č. 2). Druhý sloupec zobrazoval hodnoty, které nám list prognózy vytvořil (pozorovaný výnos), třetí sloupec byla prognóza (predikce výnosu), čtvrtý dolní hranice spolehlivosti a pátý horní hranice spolehlivosti. Jelikož se jednalo o hodnoty za každý rok a bylo potřeba po pěti letech vždy vložit jednu hodnotu, musel se vytvořit vždy za každých pět příslušných let průměr z uvedených hodnot, které se získaly přes funkci list prognózy. Stejným postupem se vytvořila prognóza a tabulka pro Středočeský kraj do roku 2050 (viz. příloha č. 2).

U ostatních krajů se pokračovalo stejným způsobem, vytvořila se pouze vždy prognóza pro každý kraj do roku 2030. Grafy těchto prognóz (viz. příloha č. 4) se u některých krajů použily do práce a následovalo vyhodnocení, které bylo provedeno porovnáním s krajem Středočeským, který byl v této práci dominantní a klíčový.

4.4 Modul počasí v Excelu: Vstupy a nástroje pro tendenci teploty vzduchu a úhrnu srážek

Pro tuto část bylo třeba vyhledat data z Českého hydrometeorologického ústavu (<https://www.chmi.cz/historicka-data>). Toto vyhledání bylo zvoleno přes přehled vývoje „územních teplot“ (průměrné teploty na území, které jsou vztaženy k průměrné nadmořské výšce určitého území) a „územních srážek“ (obdobný průměrný úhrn srážek na území). V portálu ČHMÚ se tyto data získala přes „historická data“. Jelikož bylo třeba získat data od roku 2002-2020 pro Středočeský kraj, bylo třeba na novém listě v programu Excel vytvořit tabulku těchto hodnot.

V první fázi se začalo vytvořením tabulky „Průměrných teplot (°C)“ první dva sloupce byly zkopírovány z předešlých základních dat. První sloupec zobrazoval roky 2002-2020 a druhý výnosy řepky ve Středočeském kraji. Poté následovalo vytvoření sloupců, které určují období růstu řepky, tj. od výsevu (měsíc srpen) do sklizně (měsíc červenec následujícího roku). Vzniklo nám tedy dalších dvanáct sloupců s názvy měsíců. Ke každému měsíci v určitém roce se musely vypsat data dle ČHMÚ.

Stejný postup byl u druhé tabulky „Průměrný úhrn srážek (mm)“. Dále následovalo vytvoření tabulky třetí stejným způsobem, která se týkala „odchylek průměrných teplot (°C)“. poslední čtvrtá tabulka zobrazovala stejným principem „úhrn srážek v % normálu“.

Druhá fáze se týkala vytvoření korelační analýzy u dat průměrných teplot a úhrnu srážek. Přes horní lištu Excelu „data“ se opět vybrala „analýza dat“ a objevil se rámeček, ve kterém bylo třeba vybrat „korelace“. Zobrazil se nový rámeček, kde se musela vybrat příslušná vstupní oblast vybraly se všechna data kromě názvů měsíců, tzn. že vybraly roky, výnosy a hodnoty z každého měsíce a v novém listě se zobrazila tabulka příslušných hodnot. První sloupec zobrazuje konkrétní měsíce a další hodnoty. Vybral se pro další zpracování první sloupec a třetí sloupec „sloupec 2“. Vytvořila se menší tabulka, která v prvním sloupci ukazuje měsíce počínaje srpnem a končící měsícem červenec roku následujícího. Druhý sloupec zobrazuje hodnoty (hodnota č. 1 se vynechala). Následuje úprava těchto čísel přes formátování na zaokrouhlení na dvě desetinná místa. Tímto vznikla přehledná tabulka výnosu $t \text{ ha}^{-1}$ v určitých měsících, která zobrazovala vztah mezi výnosem a průměrnými teplotami v určitém měsíci za období 2002-2020. Stejným principem se pokračovalo u úhrnu srážek a následně se vytvořila přehledná tabulka těchto výstupů (viz. tab. č. 4). Pro lepší přehlednost se též vytvořil sloupcový graf s názvem „Korelace výnosu“ těchto hodnot z výše uvedené tabulky (viz. příloha č. 3).

Korelační koeficient je tedy vyjádřením těsnosti vazby mezi odchylkami výnosu a odchylkami územních teplot vzduchu a úhrnem srážek. V praxi to znamená, že pokud korelační analýza nabývá kladných hodnot, je vliv v daném měsíci pozitivní. Naopak pokud je hodnota r záporná, vliv ve vybraném měsíci je negativní. Pak mohou být hodnoty, kterých nabývá r , se pohybují od -1 do +1.

Klasifikace této korelace je tedy následný:

- slabá (0,1-0,3),
- střední (0,4-0,6),
- silná (0,7-0,8),
- velmi silná (větší než 0,9).

Lineární regresní rovnici byl použit i pro závislosti výnosu na extrémních teplotních charakteristik a úhrnu srážek (rov. 1-3).

$$Yd=a+b*tmax (^{\circ}C) \quad (\text{rov. 1})$$

$$Yd=a+b*tmin (^{\circ}C) \quad (\text{rov. 2})$$

$$Yd=a+b*P (mm) \quad (\text{rov. 3})$$

kdy (a) vyjadřuje konstantu, tato hodnota je spíše hypotetická, znamená vertikální posun přímky při nulové hodnotě vstupního parametru. Šikmost, tudíž (b) vyjadřuje, zda jsou hodnoty rozloženy okolo průměru symetricky. V řadě neposlední, tedy příslušné vlivy, které zkoumáme v našem případě extrémní teplotu vzduchu ($tmax$, $tmin$) a úhrn srážek (P). Na základě získaných dat dle meteorologické stanice ve městě Brandýs nad Labem-Stará Boleslav byla vytvořena korelace hodnot $tmax$ a $tmin$ za období (2002-2020) a následně byl vytvořen příslušný (viz graf č. 22).

Multilineární regrese (rov. 4) je hodnota koeficientu vícerozměrné korelace, což je odmocnina hodnoty R^2 neboli koeficientu determinace. Hodnota R^2 popisuje, jaký podíl celkové variability v závisle proměnné se nám podařilo vysvětlit naším modelem. Upravené R^2 má podobný význam jako koeficient determinace, bere však také do úvahy počet regresorů zahrnutých v modelu. Multilineární regresní model byl použit mezi výnosem a poměru meteorologických charakteristik.

$$Y=a+Tmax* X1+ Tmin*X2+P*X3 \quad (\text{rov. 4})$$

Kdy Y je závisle proměnná tedy výnos a jejichž hodnoty se snaží predikovat, a je konstanta, hodnoty $Tmax$, $Tmin$ a P (mm), jsou regresní koeficienty a hodnoty $X1$, $X2$, $X3$ jsou hodnoty nezávisle proměnné.

Koeficient determinace je běžně označován jako R^2 a značí míru regresního modelu. Koeficient determinace může dosahovat maximálně hodnoty 1 (tj. 100 %), což značí dokonalou predikci hodnot. Naopak hodnota 0 (tj. 0 %) značí, že model je zcela neúčinný.

5 Výsledky

Na základě dat z Českého statistického úřadu a Českého hydrometeorologického ústavu byly zpracovány konkrétní analýzy, které byly detailněji pospány v metodice této práce. Základem metodiky a výsledků v této práci byl počítačový program Excel, který sloužil pro vypracování analýz dat a potřebných grafů.

5.1 Ověření kvality odhadu tendence změny výnosů

Pro analýzu proměnlivosti výnosu řepky ozimé byla aplikována kvadratická polynomiální regrese, také lineární, exponenciální a logaritmické typy trendu (viz. tab. č. 3). Statisticky nejmenší koeficient determinace ($R^2 = 0,177$) má exponenciální trend a největší ($R^2 = 0,334$) logaritmický trend výnosové řady řepky ozimé. Avšak z praktického důvodu, pro predikci tendence výnosů s kratší dobou bylo vybráno lineární trend. Například lineární trend ($y = 0,0444x + 2,6491$) udává, že výnos ročně roste o $0,04 \text{ t ha}^{-1}$.

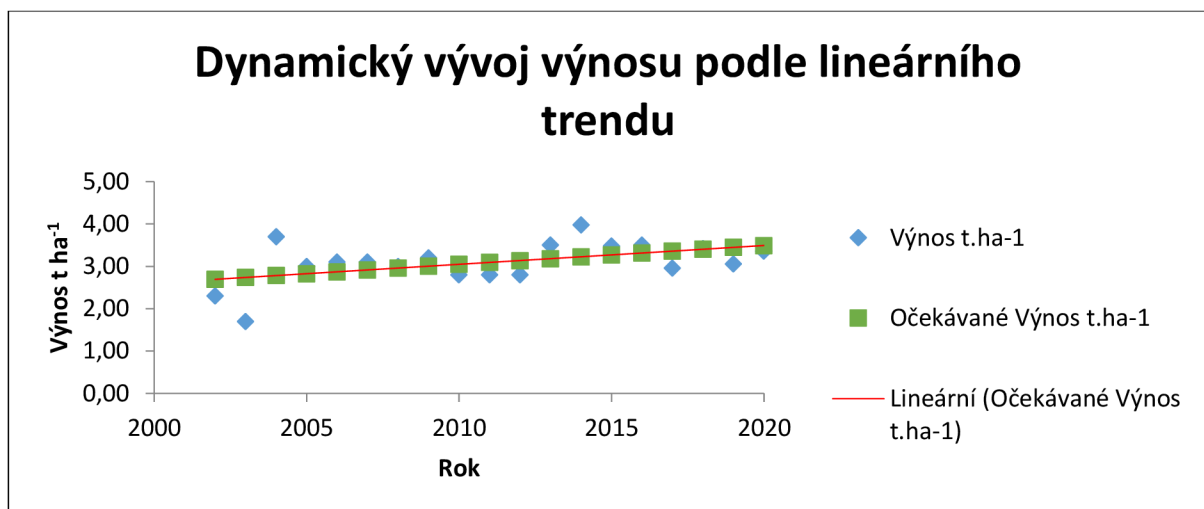
Tabulka č. 3: Rovnice trendu pro výnos řepky ozimé v konvenčním zemědělství

Trendy	Modelová plodina	R^2
	Řepka ozimá	
	Rovnice	
Lineární	$y = 0,0444x + 2,6491$	0,2391
Exponenciální	$y = e^{0,0896x}$	0,1774
Logaritmický	$y = 0,3655\ln(x) + 2,3359$	0,3344
Polynomický	$y = -0,0252x^2 + 0,6167x$	0,2883

Dále bylo třeba vytvořit příslušný graf výstupu, proto byl vytvořen v Excelu konkrétní výstup, resp. lineární trend ve spojnicovém grafu (viz. graf č. 3). Na grafu je možno vidět červenou spojnicí lineárního trendu, která vyznačuje postupné a mírné zvyšování výnosu řepky ve Středočeském kraji. Je zde dále zobrazena lineární rovnice a hodnota spolehlivosti R^2 . Tyto data jsou uvedena již v tabulce výše. Z dlouhodobého hlediska se dá tedy říct, že se jedná o postupné narůstání výnosu v trendu lineárním.

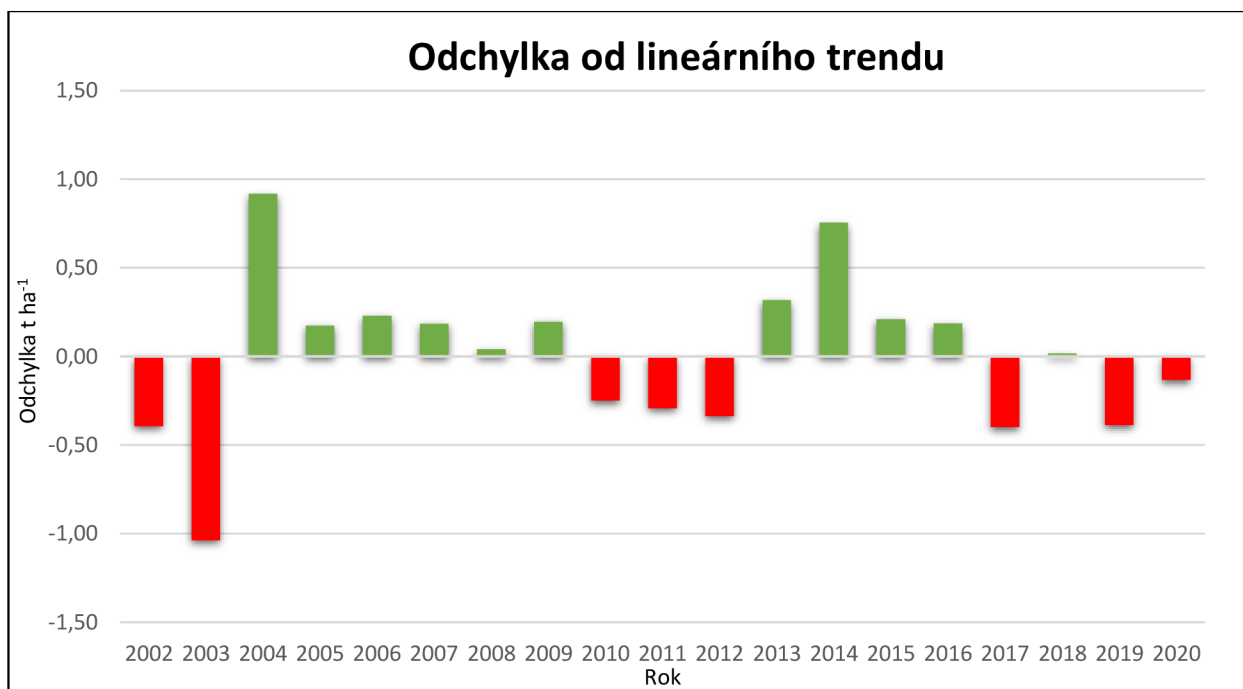
Další část byla zaměřena na odchylky ve výnosu, resp. odchylky výnosu od dlouhodobého trendu a roky s největším a nejmenším výnosem. Byly proto vybrány data dle ČSÚ od roku 2002–2020 a jednotlivé výnosy a následovala analýza těchto konkrétních dat pomocí regrese. Byly vypočítány odchylky od trendu dle vzorce $y_i^{(T)} = y_i^0 - y_i^{(T)}$. Výsledky dle Excelu byly následně zobrazeny v tabulce (viz. příloha č.1). Na základě této analýzy nám vznikla také příslušná data rezidua (odchylek) a graf s rezidui, převeden na sloupcový graf (viz. graf č. 2) a graf regresní přímky (viz. graf č. 1).

Graf (viz. graf č. 1) nám zobrazuje vývoj výnosu podle lineárního trendu. Můžeme z něj tudíž zjistit jaké byly výnosy v konkrétních rocích, které jsou znázorněny modrou barvou. Výnosy za posledních pět let jsou méně nepravidelné a nejsou v nich velké rozdíly. Regresní přímka, která je zbarvena do zelena a ukazuje výnosy očekávané podle lineárního trendu. Dle očekávaných výnosů je možné zaznamenat mírné zvyšování výnosů rok od roku.



Graf č. 1: Graf regresní přímky ve Středočeském kraji

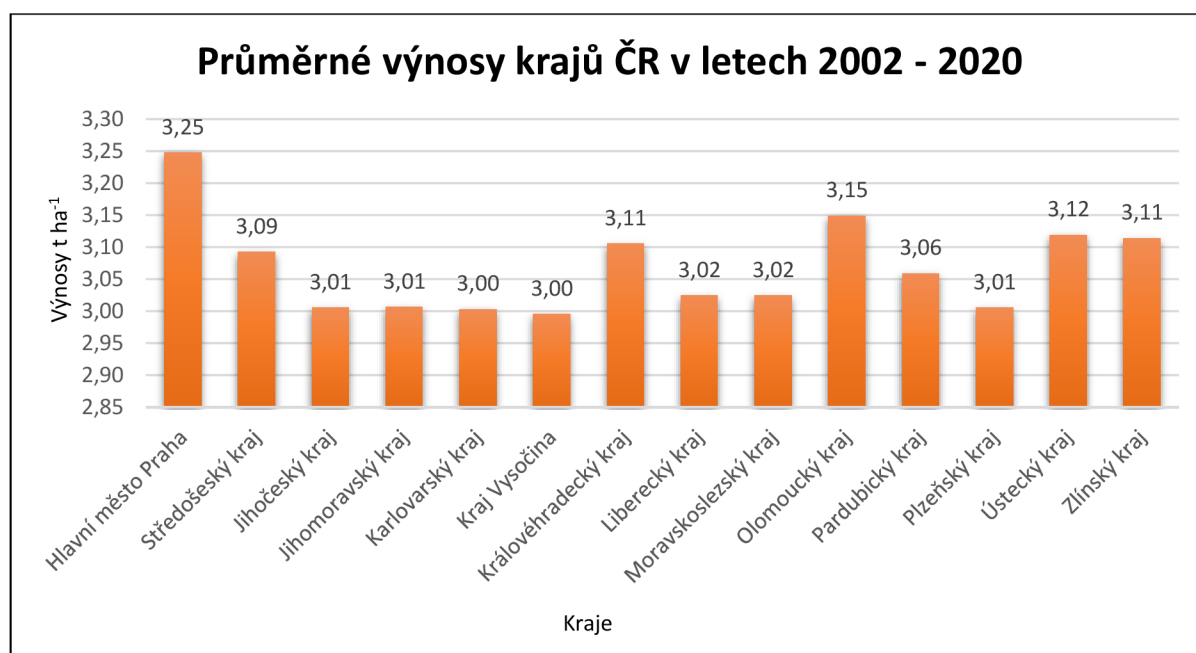
V grafu č. 2 je vidět, jak vypadaly v příslušných letech odchylky ve výnosech od lineárního trendu. Záporné hodnoty nám označují červené sloupce a kladné hodnoty jsou značeny sloupci se zeleným zbarvením. Můžeme tedy vidět dle grafu nepravidelné střídání kladných a záporných odchylek. Je vidět o trochu více odchylek kladných nežli záporných. Průměrný výnos za sledované období ve Středočeském kraji byl 3,8 t ha⁻¹. Největší ztráty na výnosu nastaly v letech 2002 (-0,39 t ha⁻¹), 2003 (-1,04 t ha⁻¹), 2012 (-0,34 t ha⁻¹), 2017 (-0,40 t ha⁻¹) a 2019 (-0,39 t ha⁻¹). Naopak vysoký výnos se projevil v letech 2004 (0,92 t ha⁻¹) a 2014 (0,75 t ha⁻¹).



Graf č. 2: Graf s rezidui (odchylkami) ve výnosu ve Středočeském kraji

Každý kraj má své specifické přírodní podmínky, které jsou některé více a některé naopak méně vhodné pro pěstování řepky ozimé. Dále je třeba si uvědomit, že každý kraj

představuje jinou velikost. Dle dat z ČSÚ pro jednotlivé kraje a jejich výnosy za období let 2002–2020 byl vypracován průměrný přehled těchto výnosů pro každý kraj. Tento přehled (viz. graf. č. 3) znázorňuje jaký kraj měl výnosy v $t\ ha^{-1}$ průměru menší a jaký naopak větší. Dle grafu je vidět, že nejméně byl průměrný výnos za roky 2002–2020 byl zaznamenán v kraji Karlovarském a v kraji Vysočina. Po nich následuje kraj Plzeňský, Jihočeský, Jihomoravský, dále pak Liberecký, Moravskoslezský, Pardubický a další, které jsou znázorněné v grafu (viz. graf č. 3).

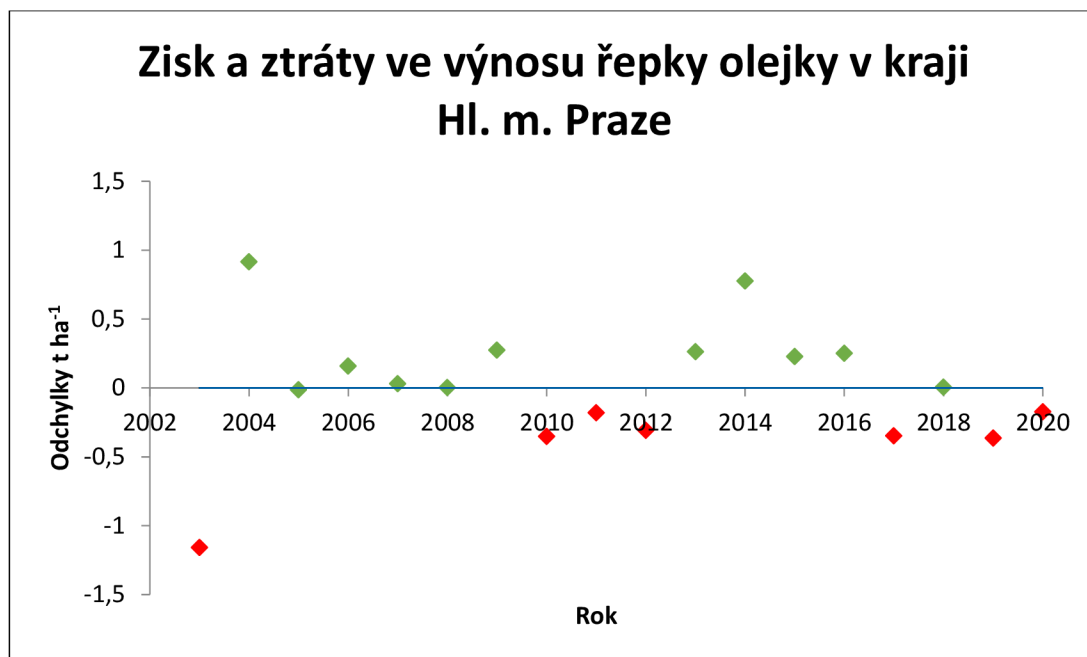


Graf č. 3: Průměrné výnosy krajů v letech 2002–2020

5.2 Odchylnky výnosu od dlouhodobého trendu a roky s nejvyšším a nejnižším výnosem

Díky ČSÚ byly na základě hodnot výnosu za období 2002–2020 vytvořeny též odchylky výnosu od lineárního trendu ke každému kraji. Dále byl ke každému kraji vytvořen také vývoj výnosu podle lineárního trendu, na základě toho se došlo k závěru, že tyto grafy zobrazovány nebudou, jelikož se jedná o mírně zvyšující se očekávané výnosy u každého kraje.

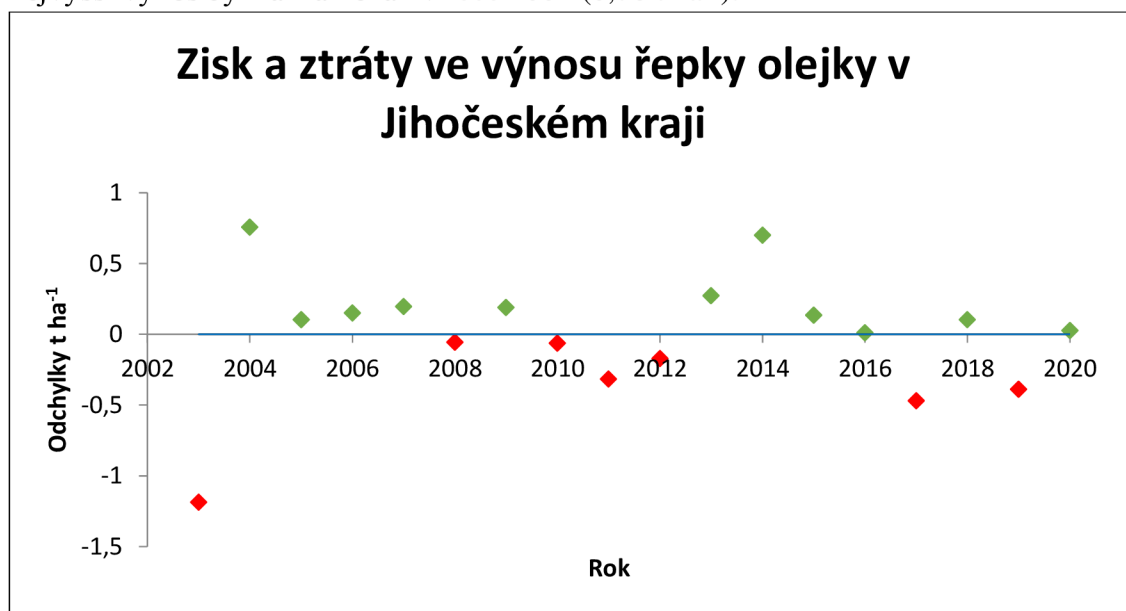
Dále je zobrazen ke každému kraji graf s odchylkami výnosu od lineárního trendu. Zelené body zobrazují zisk a jedná se tedy o hodnoty kladné, naopak červené body zobrazují ztrátu a představují tedy hodnoty záporné. Spojnici lineárního trendu zobrazuje modře zbarvená osa. Tato grafická znázornění lze zaznamenat u každého grafu v této podkapitole.



Graf č. 4: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Hl. m. Prahy

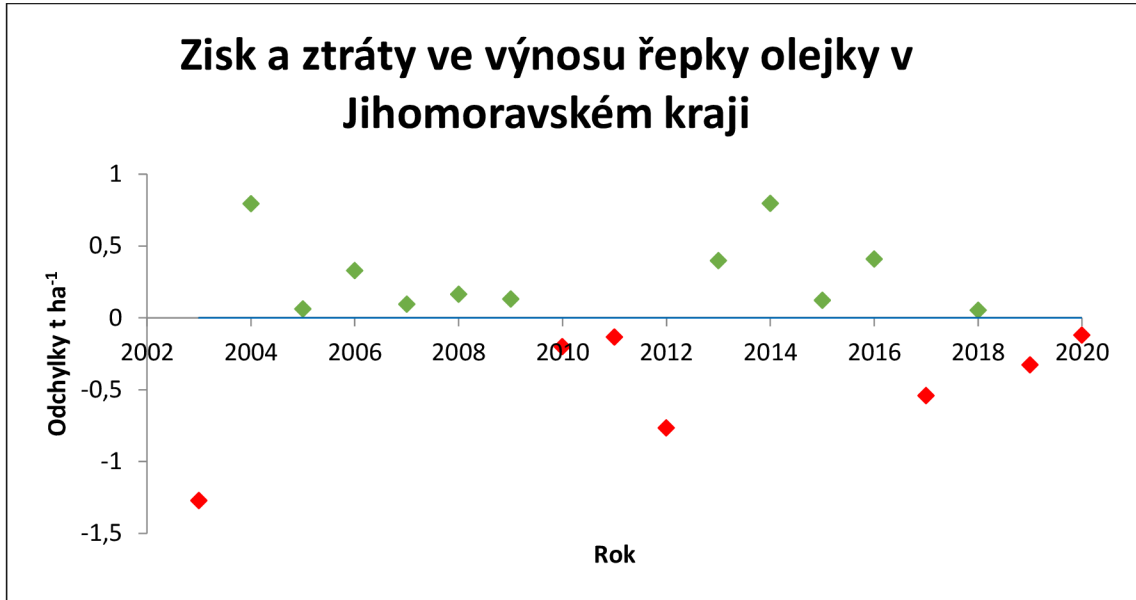
Tento graf (viz. graf č. 4) zobrazuje nepravidelné střídání kladných a záporných hodnot, které ale nemají tak velké výkyvy, spíše jen menší. Je tedy vidět, že za období 2002–2020 byla spíše převaha zisku. Rok s nejvyšší ztrátou byl 2003 ($-1,16 \text{ t ha}^{-1}$) a s nejnižší ztrátou 2020 ($-0,17 \text{ t ha}^{-1}$). Naopak nejvyšší výnos se projevil v letech 2004 ($0,91 \text{ t ha}^{-1}$) a 2014 ($0,78 \text{ t ha}^{-1}$).

Graf pro kraj Jihočeský (viz. graf č. 5) zobrazuje převážně kladné hodnoty zisku od lineárního trendu. Největší ztráta byla zaznamenána v roce 2003 ($-1,19 \text{ t ha}^{-1}$) poté nastává období kladných hodnot, respektive zisku s občasným střídáním se objeví hodnoty záporné značící ztrátu, ale již nedosahují velkých záporných hodnot jako tomu bylo v roce 2003. nejvyšší výnos byl zaznamenán v roce 2004 ($0,76 \text{ t ha}^{-1}$).



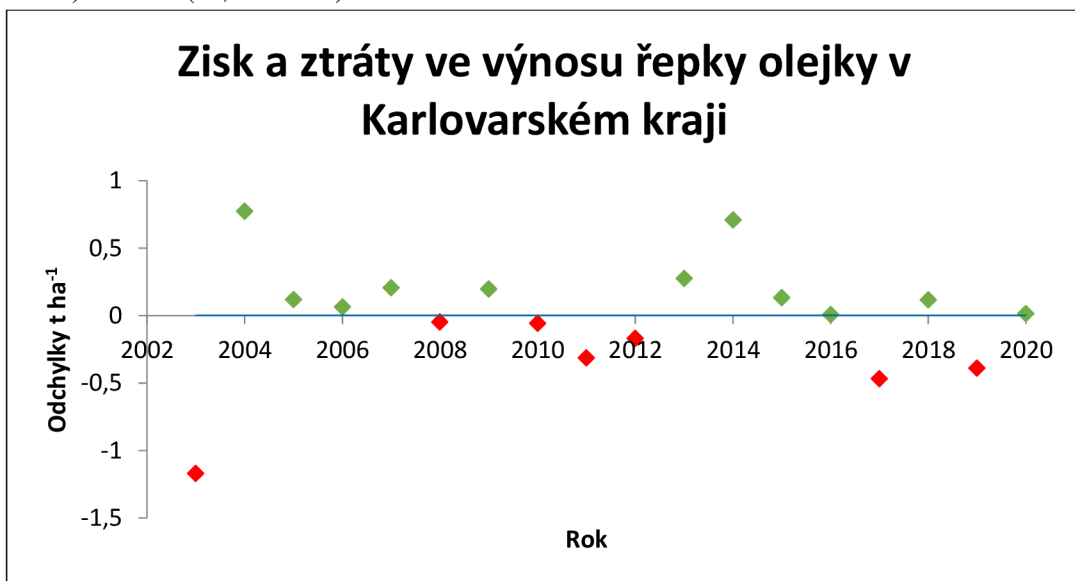
Graf č. 5: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Jihočeského kraje

Kraj Jihomoravský (viz. graf č. 6) zobrazuje podobné hodnoty jako tomu bylo u kraje Jihočeského. Znázorňuje zápornou nejvyšší hodnotu v roce 2003 ($-1,27 \text{ t ha}^{-1}$) poté je již nástup hodnot kladných, ale v letech 2010-2012 nastává opět období hodnot záporných (ztráty). Od roku 2013 ($0,399 \text{ t ha}^{-1}$) je spíše nepravidelné střídání kladných a záporných hodnot. Převaha je spíše u hodnot kladných (ziskových), ale v posledních letech 2019 ($-0,33 \text{ t ha}^{-1}$) a 2020 ($-0,12 \text{ t ha}^{-1}$) jsou hodnoty záporné, ale nedosahují vysokých hodnot.



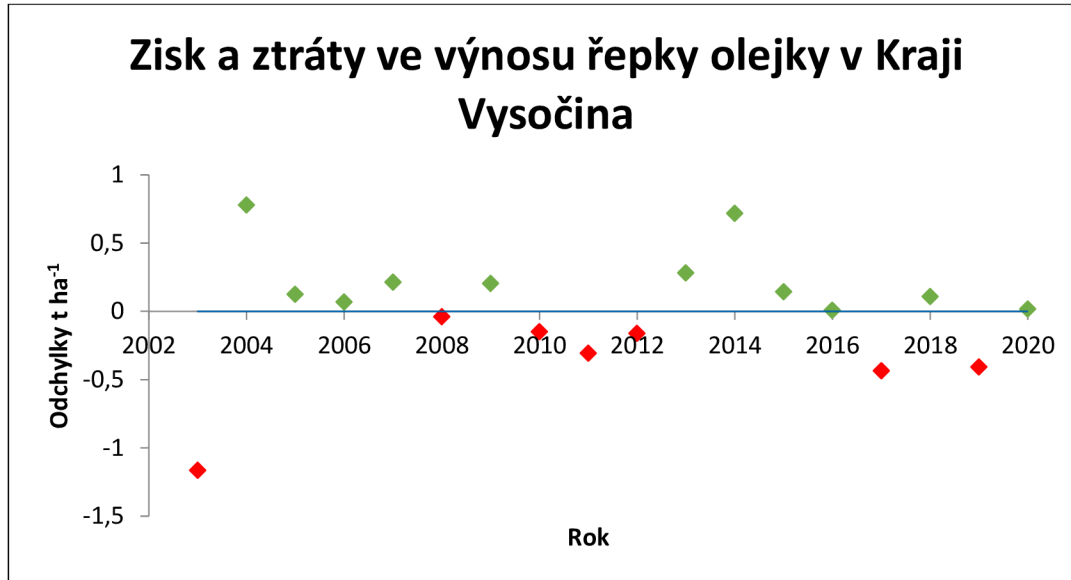
Graf č. 6: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Jihomoravského kraje

Karlovarský kraj (viz. graf č. 7) opět představuje nejvyšší zápornou ztrátovou hodnotu výnosu od lineárního trendu v roce 2003 ($-1,17 \text{ t ha}^{-1}$). Poté byl zaznamenán nástup hodnot kladných. Rok 2008 ($-0,05 \text{ t ha}^{-1}$) ale představoval určitou nejmenší ztrátu. Rok následující 2009 ($0,20 \text{ t ha}^{-1}$) byl již v normálu a objevila se již opět kladná hodnota zisku. V letech 2010–2012 nastaly opět záporné hodnoty ztráty výnosu, ale nedosahovaly vysokých hodnot oproti roku 2003. Následně od roku 2013 ($0,27 \text{ t ha}^{-1}$) byl zaznamenán nástup kladných hodnot až do roku 2020, za toto období se již objevily pouze dvě ztrátové hodnoty, a to v letech 2017 ($-0,47 \text{ t ha}^{-1}$) a 2019 ($-0,39 \text{ t ha}^{-1}$).



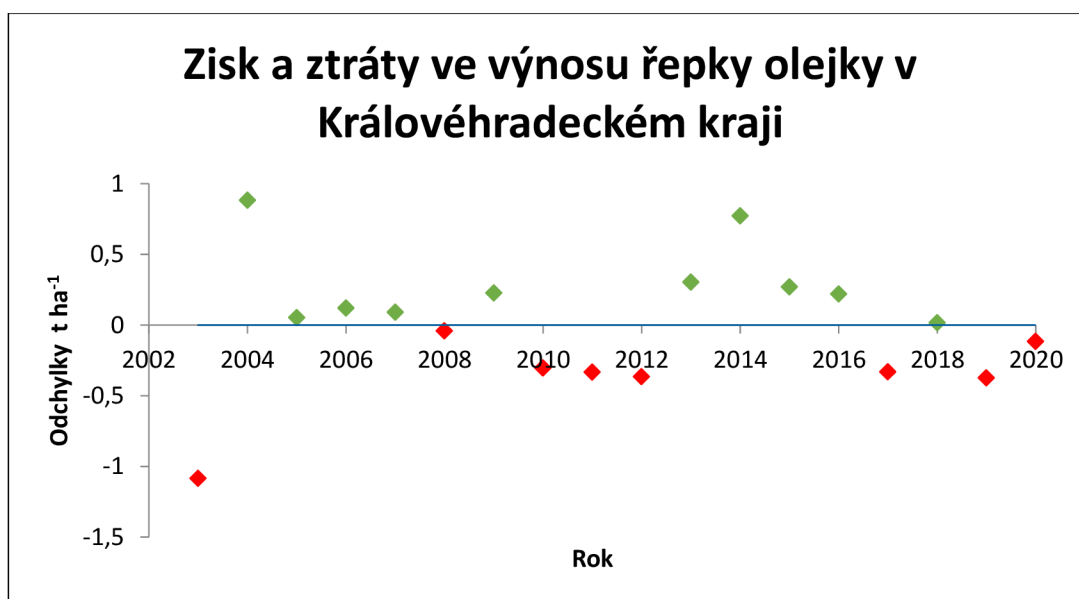
Graf č. 7: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Karlovarského kraje

Graf Vysočiny (viz. graf č. 8) ukazuje hodnoty prakticky totožný s krajem Karlovarským, je zde pouze rozdíl v setinách hodnot. Tyto dva grafy zobrazují skoro totožné rozmístění kladných (ziskových) a záporných (ztrátových) hodnot. Rozdíly mezi hodnotami obou grafů jsou minimální. Ztrátové hodnoty se pohybují v intervalu od (-0,04 do -1,17 t ha⁻¹).



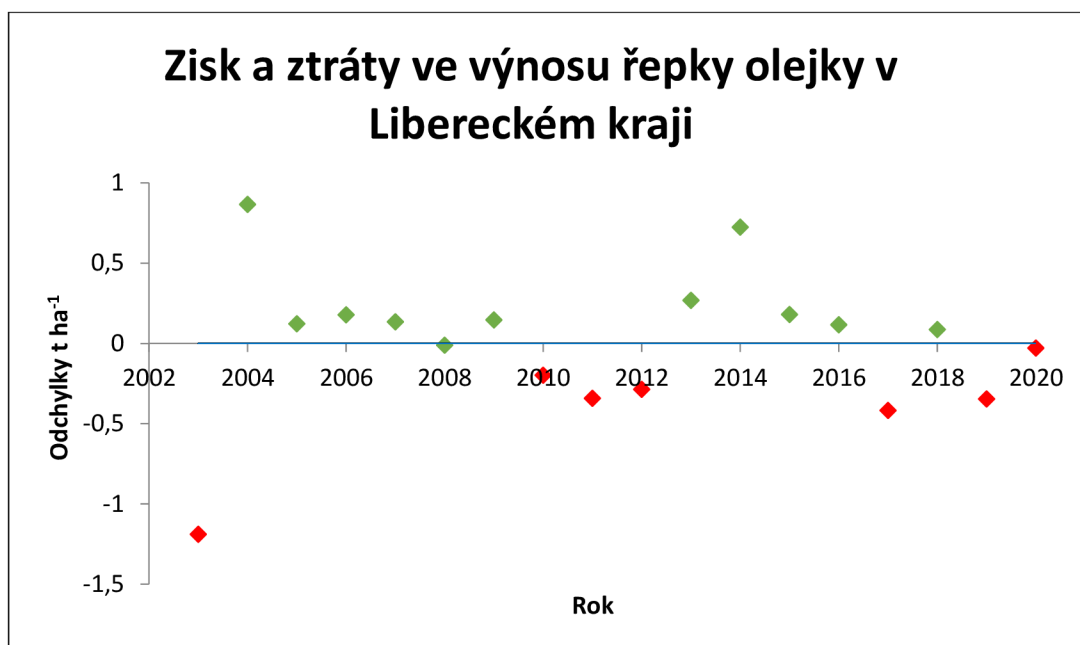
Graf č. 8: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Kraje Vysočina

Největší odchylka je v roce 2003 (-1,09 t ha⁻¹) u Královéhradeckého kraje (viz. graf č. 9). nejvyšší kladná hodnota odchylky výnosu od lineárního trendu byla zaznamenána v roce 2004 (0,88 t ha⁻¹) a 2014 (0,77 t ha⁻¹). Graf znázorňuje nepravidelné střídání ziskových a ztrátových hodnot výnosu. Za poslední čtyři roky je zaznamenáno spíše víc hodnot (odchylek) ztrátových a v roce 2018 (0,02 t ha⁻¹) byla odchylka, která ukazovala hodnotu nulovou.

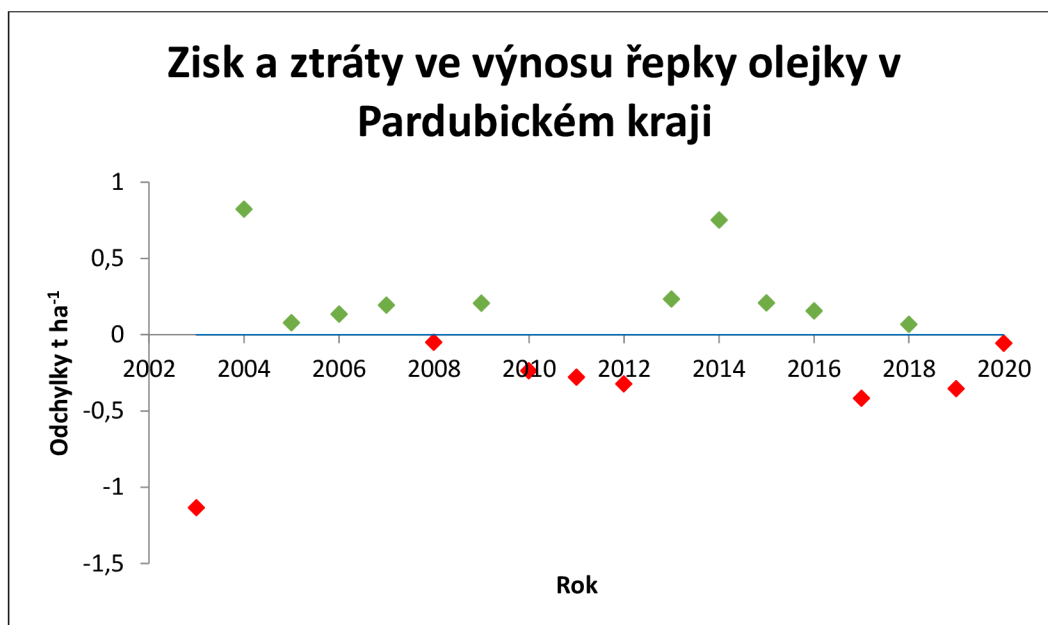


Graf č. 9: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Královéhradeckého kraje

Kraj Liberecký představuje graf (viz. graf č. 10), který ukazuje odchylky výnosu od lineárního trendu skoro totožné, pochopitelně se nejedná o stejné hodnoty, ale o hodnoty, které se odlišují v setinách. Celkově lze říct, že výskyt ztrátových a ziskových hodnot je podobný a nejedná se o výrazné změny v jejich hodnotách. Nejvyšší zisk představuje rok 2004 (0,87 t ha⁻¹) a nejvyšší ztráta byla v roce 2003 (-1,19 t ha⁻¹).



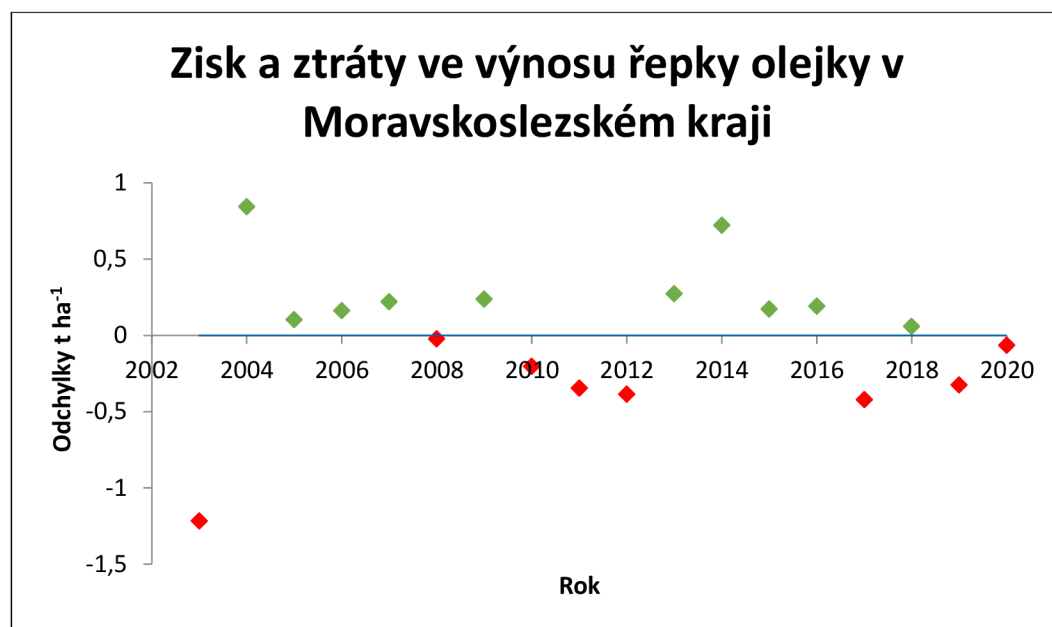
Graf č. 10: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Liberecký kraje



Graf č. 11: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Pardubického kraje

Tyto dva grafy, respektive graf pro Pardubický a Moravskoslezský kraje (viz. graf č. 11 a 12), znázorňují prakticky skoro stejné umístění hodnot odchylek výnosu od lineárního trendu. Jsou znázorněny hodnoty ziskové a ztrátové, které se po určitých skupinách období nepravidelně střídají. Nejvyšší ztráta byla zjištěna v roce 2003 u obou grafů. V kraji

Pardubickém to bylo (-1,13 t ha⁻¹) a v kraji Moravskoslezském (-1,21 t ha⁻¹). Nejvyšší zisk výnosu se zaznamenal v roce 2004. V kraji Pardubickém činila (0,82 t ha⁻¹) a v Moravskoslezském kraji (0,84 t ha⁻¹). Poslední dva roky, tj. rok 2019 a 2020 jsou ztrátové. Celkově se hodnoty ztrát těchto dvou grafů odlišují pouze v setinách. Znamená to tedy, že rozdíl mezi těmito kraji není velký.



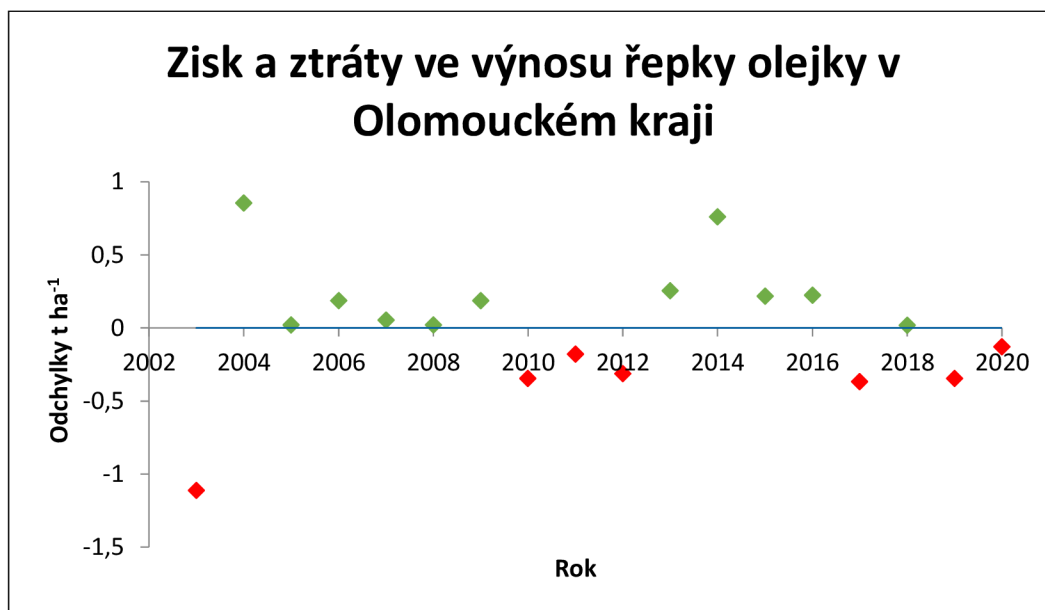
Graf č. 12: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Moravskoslezského kraje



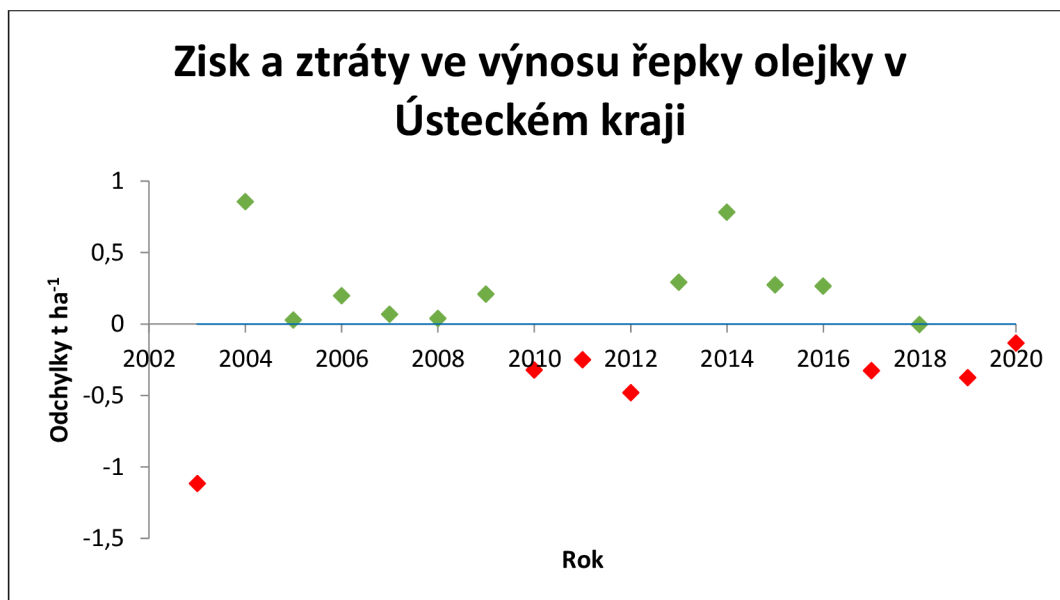
Graf č. 13: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Plzeňského kraje

Kraj Plzeňský a Olomoucký (viz. graf č. 13 a 14) mezi sebou vykazují poněkud větší rozdíly hodnot ztrát a zisku od lineárního trendu. V obou krajích je téměř shodné, že největší záporná hodnota se objevila v roce 2003. V kraji Plzeňském to bylo (-1,20 t ha⁻¹) a v kraji Olomouckém (-1,11 t ha⁻¹). Naopak hodnota největšího zisku se objevuje v roce 2004 v kraji

Plzeňském ($0,84 \text{ t ha}^{-1}$) a v kraji Olomouckém ($0,85 \text{ t ha}^{-1}$). V rámci obou krajů je zde nepravidelné střídání ziskových a ztrátových roků. Větší rozdíl byl zaznamenán v roce 2008 a 2020. Rok 2008 v kraji Plzeňském představuje hodnotu mírně zápornou ($-0,06 \text{ t ha}^{-1}$), naopak kraj Olomoucký ukazuje hodnotu ($0,02 \text{ t ha}^{-1}$). V roce 2020 je takřka nulová hodnota zaznamenána v kraji Plzeňském ($0,006 \text{ t ha}^{-1}$). V kraji Olomouckém je v téže roce hodnota ztrátová ($-0,13 \text{ t ha}^{-1}$). Celkově je zaznamenána poněkud větší rozdílnost v těchto hodnotách. U ostatních hodnot se jedná o menší rozdíly v setinách, místy lze zaznamenat rozdíly i v desetínách hodnot.



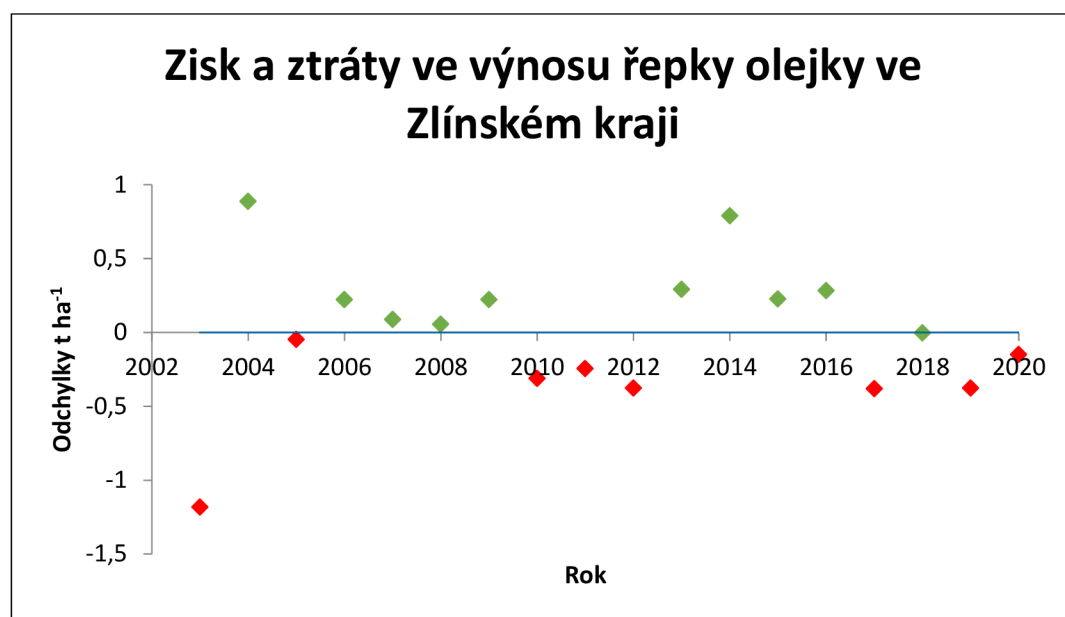
Graf č. 14: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Olomouckého kraje



Graf č. 15: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Ústeckého kraje

Poslední dva grafy znázorňují zisk a ztrátu ve výnosech v kraji Ústeckém a Zlínském (viz. graf č. 15 a 16). Největší záporná hodnota byla zaznamenána v roce 2003 u kraje Zlínského (-

1,18 t ha⁻¹), tato hodnota je větší než u kraje Ústeckého (-1,12 t ha⁻¹), který má největší hodnotu zápornou těže v roce 2003 (-1,12 t ha⁻¹). Největší hodnoty zisku pro oba kraje zaznamenaly v roce 2004. Kraj Ústecký (0,86 t ha⁻¹) a Zlínský kraj (0,89 t ha⁻¹). Rozdílnou hodnotu (zisku) představuje rok 2005, u kraje Ústeckého (0,03 t ha⁻¹), naopak kraj Zlínský má právě ztrátu v tomto roce (-,005 t ha⁻¹). Poté následuje období zisku. V období let 2010–2012 jsou hodnoty ztráty, ale rozdíly v hodnotách jsou pouze v setinách. Dále jsou známy kladné hodnoty větší než v letech předchozích. Rok 2017 představuje ztráty a dále rok 2018 je opět v zisku. Poslední dva roky 2019 a 2020 znázorňují hodnoty ztrátové. Pro kraj Ústecký se jednalo v roce 2019 o ztrátu (-0,38 t ha⁻¹) a v roce 2020 (-0,13 t ha⁻¹). Kraj Zlínský na tom byl totožně v roce 2019 (-0,38 t ha⁻¹) a v roce 2020 (-0,15 t ha⁻¹).



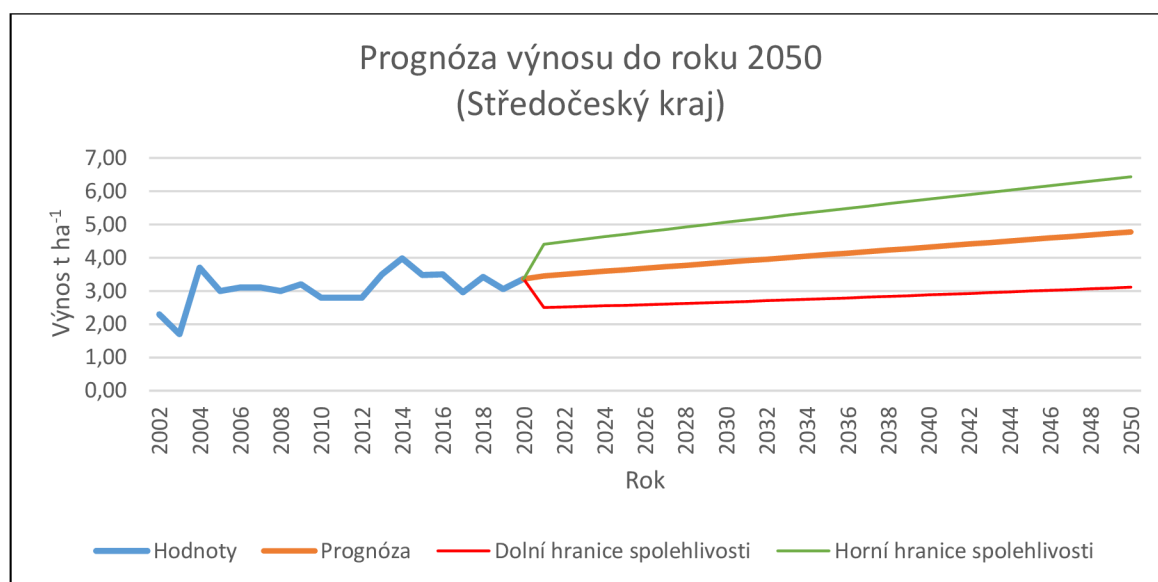
Graf č. 16: Odchylky výnosu od lineárního trendu u Zlínského kraje

5.3 Pozorování a odhad predikce výnosu do roku 2030

Na základě dat výnosů z ČSÚ za příslušné období od roku 2002–2020 se dají zjistit na základě analýzy těchto dat pomocí listu prognózy v systému Excel, příslušné hodnoty, které byly potřeba pro vytvoření následující tabulky (viz. příloha č. 2). Na základě výsledků dle listu prognózy zjistíme následující hodnoty a těmi jsou prognóza, dolní hranice spolehlivosti a horní hranice spolehlivosti. Tabulka se zaměřila na výnosy a tyto výše uvedené hodnoty vždy za konkrétní období, tj. po pěti letech počínaje rokem 2001–2050. V první sloupci jsou uvedené příslušné období let, za kterých se zjišťovaly a vždy zprůměrovaly příslušné hodnoty. Nejprve se zprůměrovaly za příslušné období výnosy. Od roku 2022 se v listu prognózy nastavil počátek prognózy, konec byl nastaven do roku 2050. Poté následovalo zprůměrování příslušných hodnot za konkrétní období let, které je možno zjistit v prvním sloupci tabulky uvedené níže. U dolní a horní hranice spolehlivosti se pokračovalo stejně, tudíž se stanovily opět průměry hodnot za příslušné období. Tyto hodnoty se následně zanesly do tabulky pro Středočeský kraj, tj. tabulka pozorovaný a odhadovaný výnos zprůměrovaný po pěti letech do roku 2050.

Tabulka uvedena (viz. příloha č. 2) znázorňuje hodnoty, které jsou rozloženy v určitých obdobích, tj. jedná se o pozorovaný a odhadovaný výnos zprůměrovaný po pěti letech do roku 2050. Dle této tabulky můžeme zaznamenat, jak se v průběhu zvyšujícího se období se odhadovaná prognóza výnosu má tendenci zvyšovat. U dolní a horní hranice je zde zvyšování hodnot téže. Tyto hodnoty byly zaneseny do grafu prognózy výnosu do roku 2050 u kraje Středočeského (viz. graf č. 17). Graf znázorňuje hodnoty výnosu (zobrazuje modrá barva) od roku 2002-2020, hodnoty prognóz (značeny oranžovou barvou) byly zaznamenány na základě vyhodnocení programu Excel od roku 2020 do 2050. Hodnota v roce 2020 činí (3,36 t ha⁻¹) a od tohoto roku začíná prognóza na další roky. Dolní hranici spolehlivosti značila barva červená a horní hranici spolehlivosti značila barva zelená. V roce 2050 horní hranice dosahuje až do zisku (6,43 t ha⁻¹) a naopak dolní hranice do zisku jen (3,11 t ha⁻¹).

Musí se brát ale ohled na to, že se jedná stále o určitý typ analýzy dat a jejich následných odhadových výnosů. Nedá se tedy s jistotou konstatovat, že by se tyto hodnoty mohly stát skutečností.

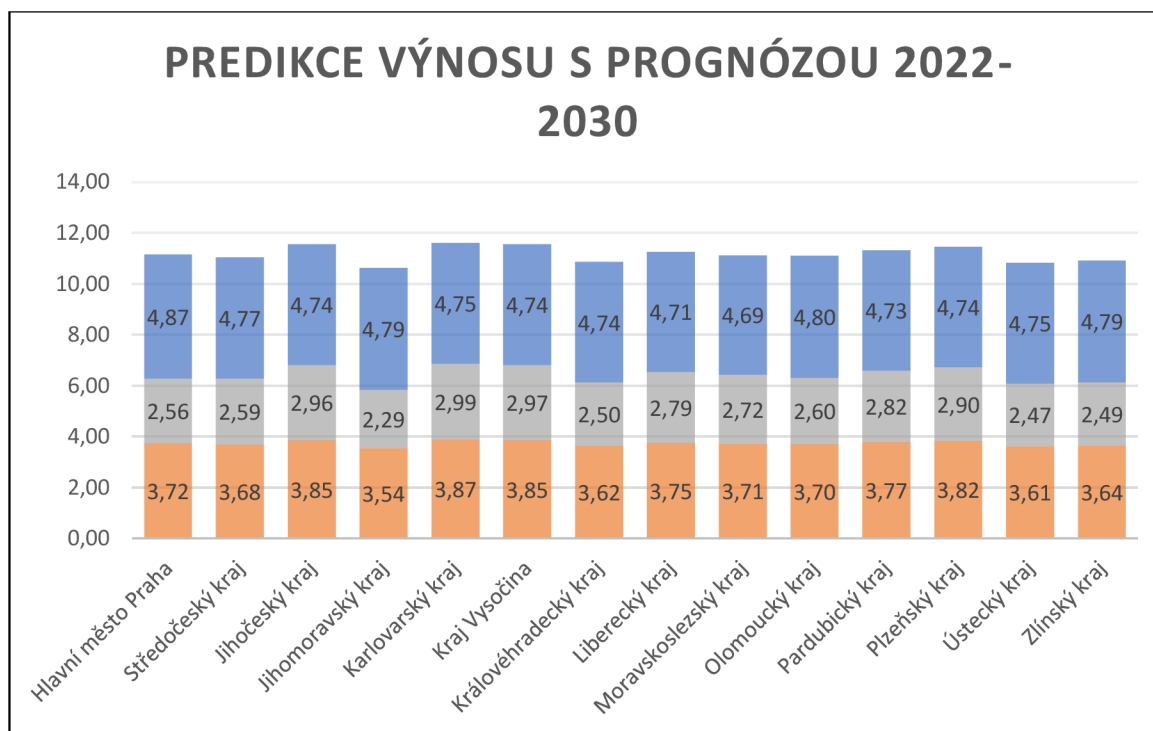


Graf č. 17: Prognóza výnosu do roku 2050 u kraje Středočeského

V rámci výnosu hrají velice významnou roli nejen meteorologické podmínky obecného charakteru či jejich extrémní jevy, ale také přírodní podmínky určitého území. V České republice by se daly rozdílné klimatické podmínky a výskyt extrémních meteorologických jevů rozdělit na dvě části, a to na část Čech a Moravy. Morava má vůči své poloze a rozmístění určitou nevýhodu co se týče výskytu extrémních jevů, za poslední roky se na jejím území zaznamenaly tyto extrémní jevy, nejen v podobě nedávného tornáda, ale také povodní či sucha. Morava je spíše známá díky svému pěstování vinné révy, ale ani u vinné révy není dopad těchto extrémních meteorologických jevů zanedbatelný. Tyto jevy obecně na jakémkoliv území mají negativní dopady na pěstování plodin, tudíž je ovlivněn převážně negativně jejich vývoj a následný výnos.

Dále je v této kapitole cílem porovnat čtyři vybrané kraje s krajem Středočeským. Je zde porovnání predikce výnosu s prognózou do roku 2030.

V rámci krajů v České republice vznikl graf predikce výnosu s prognózou na období 2022–2030 (viz. graf č. 18). Sloupcový graf znázorňuje tři základní hodnoty v ($t\ ha^{-1}$) u každého kraje. Jedná se o hodnoty prognózy (odhadovaného) výnosu. Tento graf vznikl tím, že se použily u každého kraje výnosy a časové období 2002–2020, dále se musel nastavit začátek prognózy, tj. rok 2022 a konec prognózy, tj. rok 2030. Na základě tohoto nastavení vygeneroval program Excel příslušné hodnoty, se kterými se dále pracovalo. Zprůměrovaly se hodnoty prognózy od roku 2022 až do roku 2030. Takovým to způsobem se pokračovalo u dolní hranice spolehlivosti a horní hranice spolehlivosti pro každý uvedený kraj. Každý sloupec v grafu tedy znázorňuje určitý kraj. Dále z něj lze zjistit prognózu, která je znázorněna oranžovou barvou a příslušnou zprůměrovanou hodnotou. Dolní hranici spolehlivosti můžeme rozpoznat pomocí šedého zbarvení a opět příslušnou zprůměrovanou hodnotou. U hranice spolehlivosti horní lze pomocí modré barvy zjistit příslušné hodnoty, které byly zjištěny díky zprůměrování hodnot horních hranic spolehlivosti za období 2022–2030.

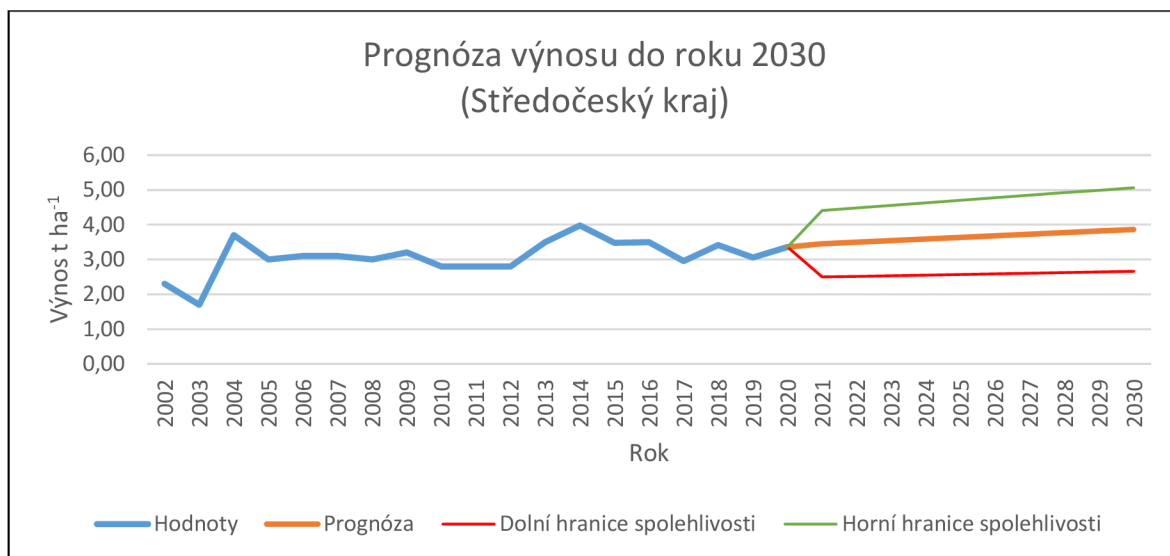


Graf č. 18: Predikce výnosu s prognózou 2022–2030 u krajů ČR

Z tohoto grafu lze zjistit, že největší prognóza, respektive odhad výnosu v ($t\ ha^{-1}$) pro období 2022–2030 byla zaznamenána u kraje Karlovarského ($3,87\ t\ ha^{-1}$) a kde horní hranice spolehlivosti činí ($4,75\ t\ ha^{-1}$) po tomto kraji následuje kraj Vysočina ($4,74\ t\ ha^{-1}$) a kraj Jihočeský ($4,74\ t\ ha^{-1}$). Nejnižší hodnota prognózy byla u kraje Jihomoravského ($3,54\ t\ ha^{-1}$). U dolní hranice spolehlivosti lze zjistit z grafu, že největší hodnota v průměru byla zaznamenána v kraji Karlovarském ($2,99\ t\ ha^{-1}$), po tomto kraji následuje kraj Vysočina ($2,97\ t\ ha^{-1}$) a následuje kraj Jihočeský ($2,96\ t\ ha^{-1}$). Naopak nejnižší dolní hranice byla u kraje Jihomoravského ($2,29\ t\ ha^{-1}$). Naopak u horní hranice spolehlivosti se zjistila největší hodnota

u Hlavního města Prahy ($4,87 \text{ t ha}^{-1}$) pak následuje kraj Olomoucký ($4,80 \text{ t ha}^{-1}$), Zlínský ($4,79 \text{ t ha}^{-1}$) a Jihomoravský ($4,79 \text{ t ha}^{-1}$). Nejnižší hodnotu horní hranice znázorňuje kraj Moravskoslezský ($4,69 \text{ t ha}^{-1}$).

V rámci porovnání prognózy u konkrétních krajů vůči kraji Středočeskému (viz. graf č. 19) se vybraly kraje Ústecký, Plzeňský, Vysočina a Olomoucký (viz. příloha č. 4).



Graf č. 19: Prognóza výnosu do roku 2030 u kraje Středočeského

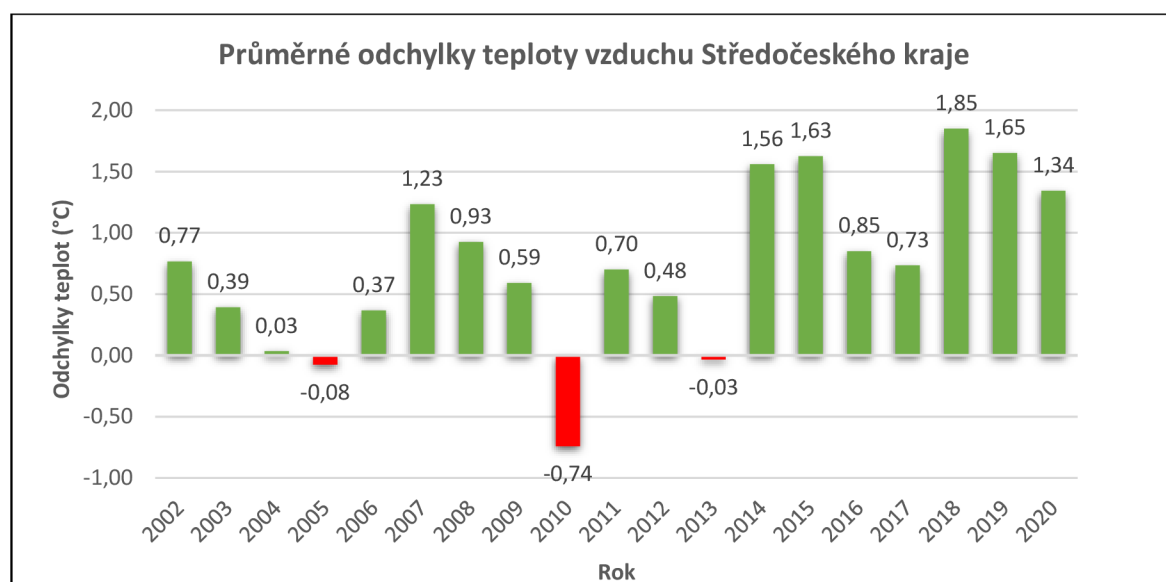
Díky vizuálnímu zhodnocení bylo zjištěno, že konkrétní prognózy výnosu do roku 2030 u konkrétních krajů uvedené výše jsou rozdílné. Nejednalo se o radikální rozdíly, ale patrné rozdíly zde nalezeny byly. Celkově bylo vyhodnoceno vůči kraji Středočeskému, že nejlepší prognózu dle značené oranžové osy byla u kraje Vysočina v roce 2030. Obecně tato osa vykazovala mírně stoupající efekt u každého z těchto krajů. Hodnoty prognózy se odlišovaly pouze v desetinných hodnotách. Nebyly zde tedy zaznamenány zásadní rozdíly v těchto hodnotách mezi kraji. Nižší hodnoty byly u kraje Středočeského, Olomouckého a Ústeckého, opět se jednalo o rozdíly v desetinných hodnotách.

Dolní hranice spolehlivosti značena červenou osou značila menší hodnoty, než byl výnos v roce 2020. Tento fakt vykazovaly všechny kraje, kdy byla hodnoty dolní hranice spolehlivosti menší než hodnota výnosu v roce 2020. Naopak horní hranice spolehlivosti značena zeleně, zobrazovala hodnoty výnosu, které byly naopak větší než výnos roku 2020. Toto pravidlo platilo pro každý kraj. Hodnoty dolní a horní hranice spolehlivosti se lišily v desetinných číslech.

Obecně se shrnulo na základě vizuálního zhodnocení grafů vybraných krajů fakt, že hodnoty dolní hranice spolehlivosti měly mírně stoupající efekt od roku 2020-2030. Hodnoty dolní hranice spolehlivosti se lišily opět v desetinných číslech. Horní hranice spolehlivosti vykazovala též mírně stoupající efekt a nejvyšší hodnotu dosahovala v kraji Olomouckém a Středočeském (rok 2030). Obecně se ale hodnoty lišily opět v desetinných či setinných místech.

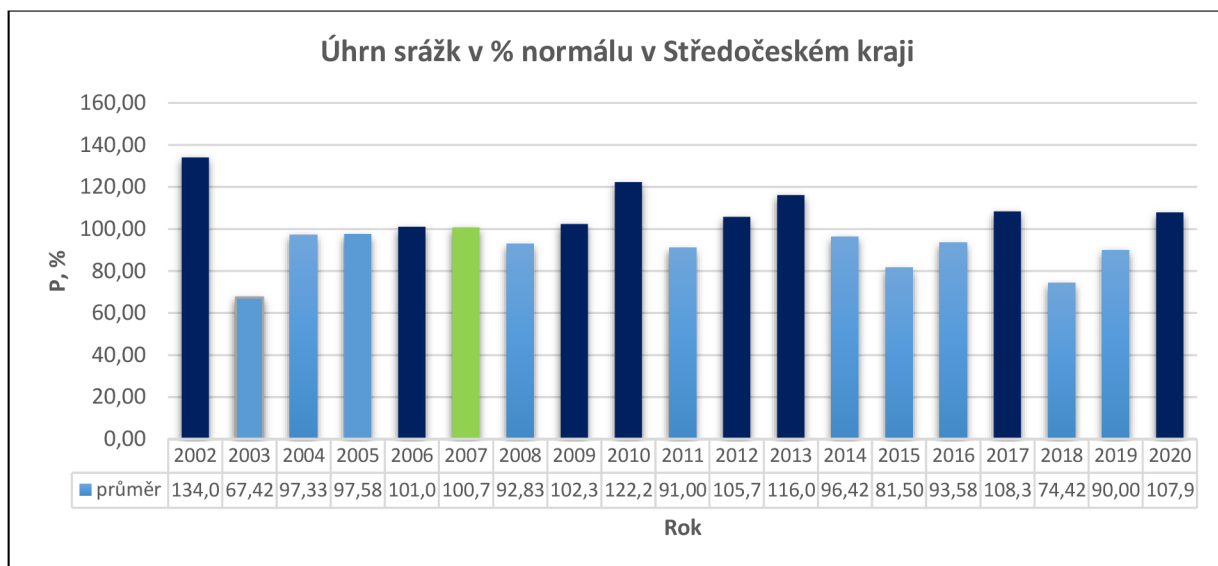
5.4 Modul počasí a výnosu: Vliv teploty vzduchu a úhrnu srážek

Nejprve se práce v této konkrétní situaci v rámci práce s daty dle ČHMÚ zaměřila na průměrné teploty a odchylky teplot v kraji Středočeském. Znamená to tedy, že se vypracovala na základě dat tabulka příslušných teplot v (°C) a to dle měsíců v letech 2002–2020. Za každý rok se z hodnot vypočítal průměr, aby vznikly průměrné odchylky teplot za určitý rok. Tyto průměry se následně použily pro zpracování sloupcového grafu (viz. graf č. 20). Tento graf uvedený níže tedy zobrazuje průměrné odchylky teplot ve Středočeském kraji. Největší záporná odchylky značená červenou barvou byla zaznamenána v roce 2010 a činila (-0,74 °C), další dvě záporné menší odchylky průměrných teplot byly zaznamenány v roce 2005 (-0,08 °C) a v roce 2013 (-0,03 °C). V ostatních letech byly zaznamenány odchylky průměrných teplot v kladných hodnotách. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána v roce 2018, což je pochopitelné, jelikož se kupříkladu v tomto roce objevil větší výskyt extrémních klimaticko-meteorologických jevů, respektive sucha. V průměru bylo od roku 2002–2020 převaha teplých roků.



Graf č. 20: Průměrné odchylky teploty vzduchu ve Středočeském kraji

Dle hodnocení normality hranice intervalů odchylek od dlouhodobého průměru teplot vzduchu rozlišujeme pro hodnocení následující: mimořádně studený rok (méně než -1,2 °C), silně studený rok (-1,2 až -0,8 °C), studený rok (-0,7 až -0,6 °C), normální rok (-0,5 až 0,5 °C), teplý rok (0,6 až 1,2 °C), silně teplý rok (1,3 až 1,5 °C) a mimořádně teplý rok (více než 1,5 °C).



Graf č. 21: Srážkový úhrn v procentech normálu (P, %) ve Středočeském kraji

Dle hranice intervalů pro hodnocení normality dlouhodobého průměru úhrnu srážek v (%) rozlišujeme: mimořádně suchý rok (méně než 60 %), silně suchý rok (60 až 79 %), suchý rok (80 až 89 %), normální rok (90 až 110 %), vlhký rok (111 až 130 %), silně vlhký rok (131 až 140 %) a mimořádně vlhký rok (více než 140 %).

5.5 Lineární a multilineární regresní model ilustrující závislost na vztah výnosu a extrémních teplot vzduchu a úhrnu srážek

Na základě dat průměrných teplot a průměrného úhrnu srážek provedla analýza těchto dat za období 2002–2020. Tato analýza dat proběhla díky korelační analýze (r). V jednotlivých měsících se stanovil korelační koeficienty, které určily vztah mezi výsledným výnosem a teplotou vzduchu a též úhrnem srážek. Korelační analýza se používá ke sledování závislosti výnosu plodin na území určitého kraje (Středočeského) v měsících, během kterých probíhaly fenologické fáze plodiny (řepky ozimé).

Zpracovala se nejdříve korelační analýza pro průměrné teploty a úhrn srážky (viz. tab. č. 4). Na základě této tabulky bylo zjištěno, že se díky průměrným teplotám a jejich následné korelační analýze dospělo k závěru, že nejvyšší hodnota kladná byla v měsíci, kdy dochází dle fenologické fáze ke vzcházení rostliny, tj. v měsíci říjnu ($r=0,68$) a nejnižší záporná hodnota byla zaznamenána v měsíci červnu ($r=-0,53$), což je měsíc představující fenologickou fázi kvetení řepky. Znázorňuje tedy, že vztah mezi výnosem a průměrnými teplotami, korelace je převážně kladná. U části tabulky s průměrnými úhrny srážek se nejvyšší kladná hodnota objevila v měsíci, kdy dochází k počátku prodlužování stonku rostliny, tj. březen ($r=0,42$), a naopak záporná byla zaznamenána v měsíci prosinec ($r=-0,40$). Lze tedy konstatovat, že vztah mezi výnosem a průměrným úhrnem srážek je pozitivní. Na základě těchto dat z tabulky byl zpracován sloupcový graf (viz. příloha č. 3). Dále se zpracovala korelační analýza pro výnos a odchylky průměrných teplot a odchylky průměrného úhrnu srážek (viz. tab. č. 4), následně proběhlo vypracování sloupcového grafu, který zobrazoval korelaci výnosu dle těchto odchylek

(viz. příloha č. 3). Největší hodnota odchylky průměrné teploty byla zaznamenána v měsíci vzcházení rostliny, tj. říjen ($r=0,53$) a naopak nejnižší byla v měsíci kvetení, resp. červen ($r=-0,68$). Nejnižší hodnota u odchylkám průměrného úhrnu srážek byla v měsíci prosinec ($r=-0,34$) a nejvyšší naopak v měsíci březen ($r=0,39$), který značí počátek prodlužování stonku.

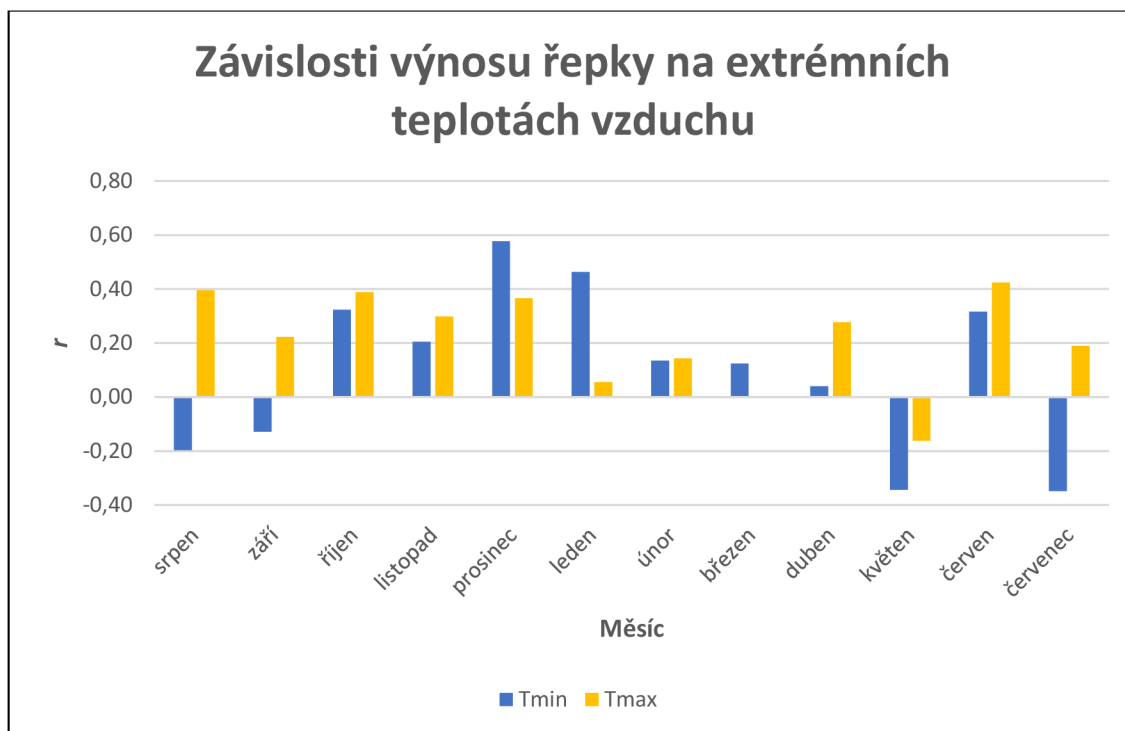
Tyto korelační analýzy výnosů během periodického období v letech 2002–2020 znázorňují, jak probíhalo ovlivňování vývojových fází u řepky olejky na území Středočeského kraje. Z grafů a tabulek bylo tedy patrné, že ovlivňování, ať už pozitivní či negativní probíhalo v obou fázích vývoje, tedy ve fázi vegetativní – růstová (na podzim) i ve fázi generativní – plodové (na jaře). Konkrétně se fenologické fáze růstu rostliny dle měsíců dělí na fázi vzcházení (srpen-březen), počátek prodlužování stonku (březen-květen), kvetení (květen-červen) a poslední fáze zralost (červenec).

Následující korelační graf vychází z hodnot T_{min} , tak i T_{max} (viz. graf č. 22). Na korelačním grafu vidíme, že měsíc kvetení květen ($r=-0,34$), červenec ($r=-0,35$), srpen ($r=-0,20$) a září ($r=-0,13$) negativně ovlivnil výnos z hlediska minimálních teplot a tyto hodnoty byly nejnižší. Dále bylo možné u minimálních teplot zaznamenat nižší ovlivnění výnosu v měsících únor ($r=0,13$), kdy docházelo ke vzcházení, březen ($r=0,12$) a duben ($r=0,04$), který značily počátek prodlužování stonku. Z hlediska vysokých teplot byl výnos negativně ovlivněn dle grafu v měsíci květnu, kdy počínalo kvetení řepky. Naopak pozitivní ovlivnění výnosu dle minimálních teplot nastalo s nejvyššími hodnotami v prosinci ($r=0,58$) a lednu ($r=0,46$).

Tabulka č. 4: Korelační analýza výnosu dle průměrných teplot a srážek vč. odchylek

měsíc	Koefficient korelace (r)			
	t, °C	P, mm	Δt , °C	P, %
srpen	-0,20	-0,21	-0,37	-0,13
září	0,26	0,19	0,20	0,15
říjen	0,68	0,05	0,53	-0,15
listopad	0,12	-0,04	0,03	0,11
prosinec	0,41	-0,40	0,19	-0,34
leden	0,16	-0,02	0,07	0,11
únor	0,33	0,02	0,26	0,09
březen	-0,11	0,42	-0,25	0,39
duben	0,33	-0,04	0,26	-0,09
květen	-0,47	0,22	-0,39	0,30
červen	-0,53	0,21	-0,68	0,19
červenec	0,19	-0,30	0,10	-0,18

Z pohledu vysokých teploty vzduchu byl výnos pozitivně ovlivněn a nejvyšší hodnotu maximálních teplot zaznamenali v měsíci červen ($r=0,42$), kdy dochází ke kvetení. Nejnižší hodnota minimálních teplot byla v měsíci červenec, kdy je zde již zralost řepky ($r=-0,16$).



Graf č. 22: Rozložení koeficient korelace (r) mezi výnosem a vysokých (t_{max}) a nízkých teploty vzduchu (t_{min})

Odhad výnosů plodin nebo dopady extrémních teplot vzduchu a srážek na výnos lze provést s využitím multilineárních modelů (viz tabulka č. 5). Byly vytvořeny 4 modely se vstupními hodnotami maximálních a minimálních měsíčních teplot vzduchu a úhrnu srážek ve vybraných měsících (MLR1, MLR2, MLR3 a MLR4). Výstup ukazuje výsledky přizpůsobení modelu vícenásobné lineární regrese k popisu vztahu mezi výnosem a třemi nezávislými proměnnými. V následující tabulce (viz. tab. č. 5) jsou zobrazeny rovnice, které nám vyjadřují z kolika procent je nejvíce ovlivněn výnos ve sledovaných měsících.

Model MLR1 zobrazuje měsíc květen, kdy dochází ke kvetení řepky a jeho T_{min} , T_{max} a srážky. MLR2 charakterizuje vazbu mezi měsícem duben, kdy začíná prodlužování stonku a jeho vztah T_{min} , T_{max} a srážkami. MLR3 vymezuje vztah v měsíci červen, který je též měsícem kvetení a charakterizuje T_{min} , T_{max} a srážek. MLR4 určuje vztah mezi měsícem březen a jeho T_{min} vůči dubnu, na jaře dochází k prodlužovacímu růstu řepky a jeho T_{max} a srážkami v říjnu, kdy rostlina teprve vzchází.

Dle multilineární regresní model nejtěsnější vazba byla určena v měsíci březen (vzcházení rostliny), duben (doba prodlužování stonku), květen (počátek kvetení), červen (kvetení rostliny) a říjen (začátek vzcházení rostliny), protože tyto měsíce nejvíce ovlivňují budoucí výnos. V březnu a dubnu ho nejvíce ovlivňují nízké teploty. V červnu naopak srážky a největší vliv na výnos mají vysoké teploty v červenci (kdy dochází ke zrání). Z procentuálního zhodnocení bylo zjištěno, že 20,2 % byl ovlivněn výnos na nízké teploty. Je tedy patrné, že pokud se budou vyskytovat v dubnovém měsíci nízké teploty, tak budou mít více negativní vliv. V červnu, tj. období kvetení, množství srážek ovlivňují výnos z 30,70 % u října a 22,22 % u vzcházení rostliny. Naměřené hodnoty za sledované období dokazují, že množství srážek více ovlivňují výsledný výnos ve fázi kvetení. Z multilineárního modelu vyplývá, že z 38,91 %

negativně ovlivňuje výnos vysoké teploty u kvetení a u zrání 43,10 %. U kvetení tedy méně hrozilo, že nadměrné teploty negativně ovlivní výnos než obvykle.

Model (MLR4), který zobrazuje všechny tři měsíce, se jeví jako nejvíce rizikový, jejichž vlivy působení mohou mít během vegetace největší podíl na snížení výnosu. Souhrn ukazuje, že teplota minimální, maximální a úhrn srážek v měsíci duben, červen a červenec je z procentuálního hlediska více negativně ovlivněn u prodlužovacího růstu a to z 48,08 %. U kvetení je to pouze z 20,81 %.

Tabulka č. 5: Odhad dopady extrémních teplot vzduchu (Tmax a Tmin) a srážek (P, mm) na výnos řepky s využitím multilineárních modelů.

Model	Rovnice výnos tha^{-1} $Y=a+b_1 X_1+b_2 X_2+b_3 X_3$	R²
MLR1	$Y=5.95631 + 0.711743 \cdot V. Tmax - 0.336457 \cdot V. Tmin + 0.02169968 \cdot V. P$	39.2
MLR2	$Y=21.9111-0.436906 \cdot IV. Tmax - 0.0500289 \cdot IV. Tmin + 0.0511969 \cdot IV. P$	30.6
MLR3	$Y=45.2307-0.526163 \cdot VI. Tmax - 1.64527 \cdot VI. Tmin - 0.00914157 \cdot VI. P$	38.9
MLR4	$Y=25.1341-0.475154 \cdot III. Tmin - 0.597573 \cdot IV. Tmax - 0.0200436 \cdot X. P$	20.2

6 Diskuze

Na základě dat získaných z Českého statistického úřadu byla provedena analýza dat pomocí programu Microsoft Office Excel. Data z ČSÚ se týkají výnosů za období let 2002-2020. Dále bylo třeba sehnat vhodná data pro analýzu klimatických podmínek Středočeského kraje, zejména se jednalo o průměrné teploty a průměrné srážky vč. odchylek těchto dat za období let 2002-2020. Data se zpracovala na základě informací z Českého hydrometeorologického ústavu ČR.

Dle nejnovějších poznatků vědce Trnky Miroslava z Akademie věd se výskyt oblastí s menší vlhkostí půdy rozšiřuje. Na základě jeho vyhodnocení zhodnotil v roce 2021 situaci následovně „*Po relativně vlhkém létě přišel suchý podzim a zima*“ (Trnka 2022). Dále hodnotí situaci s výskytem sněhu, která nebyla přívětivá a prakticky žádný sníh v tomto roce 2021 se na území našeho státu moc dlouho nevyskytoval. Jeho odkaz na portál intersucho.cz je určitým znakem pro vizualizaci nynější situace, ke je vidět, jak narůstají oblasti, kde je výskyt nízké zásoby vody v půdě, nejvíce zejména na severozápadě Česka. Obecně ale konstatoval, že je situace relativně dobrá v tom, že se nedostatek vody neprojevuje zatím v oblasti zemědělství či lesnictví. Průtok na vodních tocích je o něco méně nižší, než je zvykem, ale to už není podstatná změna pro nás a krajinu.

Jeho prognóza na sezonu 2022 není jednoznačná, jelikož ji nelze dlouhodobě odhadnout. Do určité míry ale platí pravidlo, že zásoba vody v půdě v jarním období předurčuje do značné míry další vývoj. Předpokládá se, že bude na počátku léta sucho. Jelikož vegetace potřebuje dostatek vody a vyhnout se suchu, byl by prospěšný nadprůměrný úhrn srážek. V rámci prognózy na další roky v řádu desetiletí bude měnící se klima do střední Evropy přinášet převážně sušší charakter počasí. Dle jeho názoru se ale nebudou našemu území vyhýbat vlhké roky a možná i intenzivnější srážky, než máme teď (Trnka 2022).

V Dolním Sasku v Německu proběhla studie, který se orientovala na změny klimatu a fenologické fáze u různých plodin, mezi ně patřila i řepka ozimá. Výsledky a závěry studie ukázaly, že dřívější nástup fenologických fází i u řepky ozimé mohou mít velice pozitivní vliv na výnos plodiny, je ale nutné mít na paměti, že je zde také negativní účinek tohoto dřívějšího nástupu. Jedná se zejména o určité riziko zvýšení výskytu choroby u některých plodin (Racca et al. 2015).

Globální produkce a její masivní snížení způsobuje především abiotický stres, který zejména ovlivňuje růst a vývoj plodiny (A. Raza et al. 2021).

Nejen z pohledu globálního, ale i z pohledu České republiky můžeme zaznamenat určité výkyvy ve výnosech vlivem abiotických stresů, zejména z pohledu extrémních jevů. V rámci Středočeského kraje se se v posledních letech střídaly roky s průměrnými odchylkami úhrnu srážek. Obecně to znamenalo, že se jednalo o nepravidelné střídání roků vlhkých a suchých. Jedná se tedy o výkyvy srážek v každém roce, což ovlivňuje výnos řepky nejen v České republice.

Naopak u průměrných odchylek teplot též ve Středočeském kraji nebyly zaznamenány extrémní výkyvy a rozdíly mezi kladnými a zápornými hodnotami. V posledních letech se jedná o převahu teplých let.

Almeida et al. (2021) uvádí, že vysoké teploty během fáze reprodukční u řepky ovlivňuje výnos a také kvalitu semene. Majidi et al. (2015) provedl výzkum, při kterém bylo použito mnoho druhů řepky olejky. Tyto druhy se použily pro experiment, který se zabýval odolností vůči stresu způsobené suchem. Byly tedy vystaveny stresovému prostředí. Studovaly se jejich znaky fyziologické při působení tohoto stresového prostředí, dále s výnosem, obsahem oleje a obecně vůči jejich toleranci suchu. Výsledky zkoumání ukázaly opět, že mezi určitými druhy řepky olejky existují velice odlišné rozdíly k toleranci vůči suchu a vlastnostem s tím souvisejících. Jako zásadní změna se ukázala změna v obsahu chlorofylu, jako složka, která je klíčová též ovlivňující odolnost vůči suchu u řepky olejky (Majidi et al. 2015). Din et al. (2011) se zabýval tolerancí různých kultivarů řepy vůči suchu. Tyto kultivary vystavil stresu ze sucha v různých vývojových fázích růstu v experimentu s hrncem. Výsledky experimentu ukázaly různé rozdíly mezi kultivary řepky a jejich genotypů, a to například v akumulaci listů chlorofylu. Následně se u každého kultivaru i jinak projevil vliv stresu. Sucho v různých fázích růstu řepky výrazně snížil výnosy řepky. Největší ztráta byla zaznamenána, když na řepku působil stres sucha v období kvetení. Aby se dosáhlo lepších výnosů i v období stresu ze sucha, tak byly navrženy určité druhy řepky (Din et al. 2011).

V rámci literární rešerše se zjistilo, že mají extrémně meteorologické jevy podstatný vliv na výnosy řepky. Na základě hypotézy H1 a H2 byl zpracován přehled těchto dat dle jednotlivých let a příslušných výnosů. Bylo tedy z dat patrné, že výnosy byly ovlivněny extrémními meteorologickými jevy. Vzájemné ovlivňování výnosů a extrémních meteorologických jevů byl především zaznamenán v roce 2002, který představoval nadprůměrný úhrn srážek, to velice ovlivnilo výnosy řepky na území ČR a jednalo se tedy o nízký výnos. Rok 2003 na tom dle dat nebyl o nic lépe, naopak se tento rok projevil nedostatkem srážek což vedlo k nejnižším výnosům, které byly za období let 2002-2020 zaznamenány. Z pohledu extrémních meteorologických jevů se v roce 2002 jednalo o nadprůměrný úhrn srážek a v roce 2003 se jednalo o sucho v důsledku nedostatečného množství srážek.

Vztah mezi výnosem a srážkami či teplotami udává tzv. korelační analýza. Obecně platí pravidlo, že čím větší korelace je, tím lepší vztah mezi teplotami/srážkami a výnosem existuje. U korelační analýzy odchylek průměrných teplot v kraji Středočeském se dospělo k závěru, že vztah mezi odchylkami průměrných teplot a odchylkami průměrného úhrnu srážek byl za období let 2002-2020 vzájemně propojený a ovlivňující. Dle průměrných teplot se pozitivní koeficient korelace ukázal v měsíci říjnu, kdy dochází ke vzcházení a přípravy na zimní období u řepky, hodnota činila ($r=0,68$). Naopak záporná hodnota koeficientu korelace se objevila u průměrných teplot vzduchu v období kvetení, tj. měsíc květen ($r=-0,47$) a červen ($r=-0,53$), což představovalo negativní ovlivnění výnosu. Průměrný úhrn srážek a jeho korelační koeficient značil negativní ovlivnění výnosu u měsíce zimního, tj. prosinec s hodnotou ($r=-0,40$) a pozitivní ovlivnění výnosu v době prodlužování stonku, což je velice podstatné období fenologické fáze řepky s hodnotou ($r=0,42$).

Dle studie Mácová et al. (2021) uvádí, že fenologická fáze kvetení u řepky olejky při vysokých teplotách snižuje kvalitu semen řepky a celkově urychluje její vývoj (Mácová et al. 2021). Experimentální analýza některých genotypů řepky olejky a její výsledky ukázaly, že při vyšších teplotách řepka vykazovala rovnováhu mezi mechanismem růstovým a obranným. Každá forma genotypu reaguje na teploty trochu odlišným způsobem (Yang et al. 2021).

Za období let 1961-2000 se hodnotil vztah mezi výnosem a stresem způsobeným suchem, resp. vodním stresem. Výsledky ukázaly na vliv silného sucha a následného snížení výnosů u osmi konkrétních plodin, mezi nimi byla zařazena i řepka ozimá. Zjistila se významná korelace, a to u řepky činilo 39 % (R^2) v rámci analyzovaných okresů (77) v České republice. Dále studie ukázala, že největší citlivost rostliny na sucho je v období, kdy dochází k jejímu největšímu a zásadnímu vývoji tedy zejména na jaře v období prodlužování stonku a kvetení. Sucho se tedy ukázalo jako klíčová příčina v meziročních variabilitách výnosů na území České republiky (Hlavinka et al. 2009).

Studie, která posuzovala globálně změny klimatu dospěla k závěrům, že je možné riziko zvýšení průměrných teplot globálně až o 5 °C. Dále se zjistilo, že celosvětově se průměrná pravděpodobnost velké vlny veder zvyšuje z 5 % za období let 1981-2010 na 28 % při 1,5 °C a při 4 °C na 92 % (Arnell et al. 2019).

Hájková et al. (2021) se zaměřili na studii meteorologické proměnné a věnovali pozornost tudíž minimálním a maximálním teplotám vzduchu, průměrným teplotám vzduchu, počtu deštivých dnů a úhrnu srážek za období 1991-2012 a to pomocí modelu fenologického PhenoClim, pro nalezení nejlepšího prediktoru u řepky olejky a jejího začátku kvetení v České republice. Byly vybrány tři stanice dle nadmořských výšek pro zkoumání. Dle výsledků zkoumání na určitých stanicích se začátek kvetení u řepky olejky postupem času posunul ve svém načasování, a to téměř o (-15 dní) v období 1991-2012. Dle vyhodnocení se jako nepřesnější prediktor pro začátek kvetení řepky olejky ukázala průměrná teplota vzduchu. Optimální den počáteční pro výpočet byl stanoven 30. leden, základní teplota byla 6,0 °C a teplotní součet byl stanoven 157,0 °C. Korelace dat s reálnými pozorovanými daty, resp. koeficient korelace byly v rozmezí od 0,56 do 0,76 (Hájková et al. 2021).

Závěrem se dospělo k názoru, že výnos není ovlivněn pouze správným osevním postupem, použitím vhodných technologií či správným časem výsevu a sklizně, ale je zejména ovlivněn výskytem extrémních meteorologických jevů (mrazy, vysokými či nízkými teplotami, nízkými a vysokým úhrnem srážek). Tyto jevy se nedají ovlivnit, lze pouze alespoň z části snížit jejich dopady, zejména se jedná o výskyt sucha, který lze ovlivnit z části závlahovým systémem kupříkladu. Toto řešení je sice prospěšné pro výnos, ale představuje zvýšené náklady na pěstování řepky a konečný výnos nemusí tedy představovat úspěšné navrácení těchto vydaných nákladů. Vysoké teploty vzduchu tedy mohou mít za důsledek snížení výnosu řepky. Korelační analýzou za období 2022-2020 bylo vyhodnoceno, v jakých měsících se objevila nejvyšší hodnota maximálních teplot. Dle fenologické fáze se jednalo o období kvetení a zrání. Ve fázi kvetení to byl měsíc červen s hodnotou ($r=0,42$) a ve fázi zrání až sklizení pak měsíc srpen s hodnotou ($r=0,40$).

Dle zkoumání Batool et al. (2022) uvádí, že se k překonání stresu způsobené suchem u řepky použily již různé taktiky, jak jej překonat. Díky tomu, získává šlechtitelský program větší popularitu v zemědělství, jelikož se zkouší různé šlechtitelské odrůdy řepky, které dokážou stresu odolávat určitým způsobem. Zahrnuje též fyziologické vlastnosti, které jsou prospěšné pro křížení v mnoha plodinách a řepka olejka konkrétně v boji proti stresu ze sucha. Stres ze sucha způsobuje osmotický stres u řepky, což vede až ke špatnému výkonu rostliny, který ovlivňuje negativně její vývoj a růst (Batool et al. 2022). Analýza citlivosti ukazovala, že u

řepky jsou nejcitlivější parametry pro výnos při změnách klimatu vlastnosti rostliny, které ovlivňují růst vegetativní fáze (Pullens et al. 2021).

U nadměrného úhrnu srážek, či výskytem mrazíků není možné minimalizovat dopady, jelikož se tyto extrémní meteorologické jevy nedají příliš ovlivnit. Pro zhodnocení odhadu dopadu extrémních srážek, teplot vzduchu na celkový výnos řepky se použil multilineární regresní model. Výsledkem byl koeficient determinace vyznačující procentuální výsledek. Dále je nutné si uvědomit také přírodní podmínky konkrétního stanoviště, kde se pěstovaná řepka nachází, každé stanoviště má prakticky odlišné podmínky počínaje až už z pohledu nadmořské výšky či končící živinami v půdě a půdní úrodností vůbec.

Želazny (2020) ukázal studii, která se zabývala odezvou různých kultivarů řepky olejky, které představovali různé vodohospodářské strategie a různé typy třech závlahových režimů. Výsledky představovaly vyšší citlivost řepky na stres ze sucha. Tento stres se na rostlině projevil již viditelně a byl tedy patrný pouhým okem. Modifikací by bylo dle výsledků možné omezit zavlažování rostlin ve vývojové fázi-dřívější (Želazny et al. 2020). Bečka et al. (2021) provedl na experimentální stanici v České republice tříleté zkoušky v terénu a ty měly za cíl porovnat vliv třech různých způsobů zpracování půdy, které má podstatnou roli při růstu a vývoji řepky a následně na jejich výnos (Bečka et al. 2021).

V rámci České republiky se výnosy řepky za období 2002–2020 mají tendenci se zvyšovat a prognózy do roku 2030 též zaznamenávala mírně zvyšující se výnosy. V reálu se do roku 2030 může prognóza výnosu změnit, jelikož jsou výnosy ovlivňovány klimatickými podmínkami a extrémními jevy (sucho, mraz atd.). Nedá se tedy s jistotou říct jaké výnosy je možné očekávat v průběhu následujících let.

Lze tedy zaznamenat naplnění stanovených hypotéz a cílů v této diplomové práci a tato práce může posloužit jako podklad pro vytvoření dalších možných korelačních analýz a odhadů dopadů extrémních meteorologických jevů na výnosy řepky olejky v budoucnu.

7 Závěr

Práce se rozdělovala na dvě části první část představovala literární zpracování zjištěných informací a podkladů. V kapitolách bylo pojednáno zejména o výnosech řepky z pohledu České republiky i z pohledu v globálním měřítku. Dále bylo třeba neopomenout obecně problematická hlediska, která jsou u pěstování řepky známa a ovlivňují vývoj a výnosy plodiny. Z tohoto důvodu se podkapitola zaměřila na škůdce, hnojení a meteorologické jevy, tj. mráz, sucho, srážkový deficit, vysoké teploty a stres ze soli. Jednalo se tedy zejména o extrémní meteorologické jevy.

Druhá část práce se zaměřila na datový průzkum, a to díky datům, které byly získány z Českého statistického úřadu a Českého hydrometeorologického ústavu. Analýza dat proběhla zejména se zaměřením na Středočeský kraj. V rámci kraj se vyhodnocovaly data pro získání trendů výnosu, odchylek výnosu od lineárního trendu, prognóza výnosu do roku 2030 a do roku 2050, zpracování průměrných teplot a průměrného úhrnu srážek včetně jejich odchylek za příslušné období a následně byla zpracována též korelační analýza výnosů. Dále se neopomenulo na ostatní kraje v rámci České republiky a byly zpracovány jejich průměrné výnosy za příslušné období a jejich odchylky výnosů od lineárního trendu. Tato část práce přispěla ke vzniku různých potřebných tabulek a grafů, které byly poté do práce řádně zapracovány.

Jelikož byly hypotézy a cíle této práce definovány na jejím začátku, je zde třeba neopomenout shrnutí a závěry. Cílem práce bylo díky získaným datům zjistit a následně vyhodnotit vztah mezi výnosem a extrémními meteorologickými jevy. Tento způsob vyhodnocení probíhal na základě analýzy dat korelací průměrných teplot, průměrného úhrnu srážek, byla provedena lineární a multilineární regrese v rámci kraje Středočeského. Na základě stanovených hypotéz bylo závěrem zjištěno, že existovala a existuje závislost na vztah mezi extrémními meteorologickými jevy a výnosem. Nejednalo se pouze o Středočeský kraj či Českou republiku, ale dle informací se tento vztah projevil a též projevuje na globální úrovni. Z pohledu kraje Středočeského byl tedy zaznamenán vliv extrémních meteorologických jevů, zejména deficitu srážek a teplot, na výnosy řepky olejky. Bylo též nutné si uvědomit, že tyto extrémní meteorologické jevy nelze ovlivnit, a tudíž nebylo ani v minulosti možné jejich dopady na výnos řepky olejky maximálně zmírnit, převážně se mohlo jednat o menší zmírnění dopadů, a to kupříkladu u období sucha, kdy mohly být nápomocny závlahové systémy.

Na základě vyhodnocení průměrných výnosů v krajích České republiky je znatelné, že každý kraj má určité klimatické a stanovištní podmínky, které hrají důležitou roli ve výnosech řepky. Kraj Hlavní město Praha má nejvyšší výnosy díky své poloze a rozloze kraje. Tento kraj tedy představuje kraj zisku nejvyšší ztráta byla zaznamenána v roce 2003 (-1,16 t ha⁻¹) a naopak ztráta nejnižší byla v roce 2020 (-0,17 t ha⁻¹). Kraj Vysočina a Karlovarský má výnosy nejmenší a jejich ztrátové hodnoty se objevují v intervalu od (-0,04 do -1,17 t ha⁻¹).

Na základě prognózy pro kraje do roku 2030 a 2050 je zde určitá pravděpodobnost dlouhodobého mírného zvyšování výnosů.

Z této studie je třeba zdůraznit tyto výsledky:

- (i) Korelační analýza uvádí též, že měsíc kvetení květen ($r=-0,34$), červenec ($r=-0,35$), srpen ($r=-0,20$) a září ($r=-0,13$) negativně ovlivnil výnos z hlediska minimálních teplot a tyto hodnoty byly nejnižší. Z hlediska vysokých teplot byl výnos negativně ovlivněn v měsíci květnu, kdy počínalo kvetení řepky.
- (ii) Byly vytvořeny 4 modely se vstupními hodnotami maximálních a minimálních měsíčních teplot vzduchu a úhrnu srážek ve vybraných měsících (MLR1, MLR2, MLR3 a MLR4).
- (iii) Na základě multilineárního regresního modelu byla nejtěsnější vazba určena v měsíci vzcházení rostliny, dále v době prodlužovacího růstu, kvetení rostliny a také v říjnu, kdy začíná vzcházení rostliny a její příprava na zimní období. Dle procentuálního zhodnocení bylo zjištěno, že 20,2 % byl výnos ovlivněn na teploty nízké. Je tedy zřejmé, že pokud se v měsíci duben budou vyskytovat teploty nízké, tak budou mít negativní vliv více. V červnu množství srážek ovlivňovalo výnos z 30,70 % a u měsíce října 22,22 % (vzcházení rostliny). Hodnoty naměřené za sledované období dokazovaly, že množství srážek více ovlivňují výnos výsledný, a to ve fázi kvetení.
- (iv) Z modelu multilineárního vyplynulo také, že z 38,91 % ovlivňovalo negativně výnos výskyt vysokých teplot u kvetení a u zrání rostliny 43,10 %. Model MLR4 souhrn ukázal, že teploty minimální, maximální a úhrn srážek v měsíci duben, červen a červenec byly z procentuálního hlediska více ovlivněna negativně z 48,08 %. U kvetení to bylo pouze z 20,81 %.

Výsledky, kterých se dosáhlo v rámci práce mohou být nápomocny a posloužit pro další případné studie. V rámci konvenčního zemědělství se pěstování řepky na území České republiky bude pravděpodobně stále vyvíjet a bude tedy možno sledovat jak jejich výnosy při dané prognóze klimatických podmínek, především teplotních a srážkových poměrů, půjde současný výnosový trend udržet či ho ještě lépe zvýšit do budoucna. Práce může dále nápomoci při výběru vhodného kraje, k pěstování řepky olejky a dále také k dalším analýzám zhodnocení extrémních meteorologických jevů a jejich dopady na celkový výnos řepky olejky v rámci území České republiky.

8 Literatura

1. Allakhverdiev S. I., Sakamoto A., Nishiyama Y., Inaba M. & Murata N. 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiology* 123, **3**: pages 1047-1056.
2. Almeida de L. M. M., Avice J. C., Morvan-Bertrand A., Wagner M. H., González-Centeno M. R., Teissedre P. L. & Brunel-Muguet S. 2021. High temperature patterns at the onset of seed maturation determine seed yield and quality in oilseed rape (*Brassica napus* L.) in relation to sulphur nutrition. *Environmental and Experimental Botany*, **185**: 104400.
3. Anonym. Měsíční a denní přehled počasí. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
4. Arnell N. W., Lowe J. A., Challinor A. J., & Osborn T. J. 2019. Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*, 155, **3**: pages 377-391.
5. Ahsan A., Miao Y., Hannan F., Islam F., Zhang K., Jianxiang Xu, Farooq M. A., Zhou W. 2021. Drought tolerance in *Brassica napus* is accompanied with enhanced antioxidative protection, photosynthetic and hormonal regulation at seedling stage. *Special Issue: Drought Tolerance* 172, **2**: pages 1133-1148.
6. Batool M., El-Badri A.M., Hassan M.U., Yang H., Wang Ch., Yan Zhenkun, Kuai Jie, Bo Wang & Guangsheng Zhou. 2022. Drought Stress in *Brassica napus*: Effects, Tolerance Mechanisms, and Management Strategies. *Journal of Plant Growth Regulation*. Available from <https://link-springer-com.infozdroje.czu.cz/article/10.1007/s00344-021-10542-9> (accessed March 2022).
7. Baux A., Wegmüller J., Holzkämper A.. 2015. Exploring climatic impact on oilseed rape yield in Switzerland. *Agriculture and Climate Change. Procedia Environmental Sciences* **29**: 123 page.
8. Bečka D., Vašák J., Zupalová H., Mikšík V. 2005. Komplexní pěstitelské technologie pro řepku ozimou. Pages 10-16 in *Sborník „Řepka, mák, slunečnice a hořčice“*. Česká zemědělská univerzita, Praha.
9. Bečka D. a kol. 2007. *Řepka ozimá – Pěstitelský rádce*. Česká zemědělská univerzita. Katedra rostlinné výroby, FAPPZ, Praha.
10. Bečka D., Bečková L., Kuchtová P., Cihlář P., Pazderů K., Mikšík V., Vašák J. 2021. Growth and yield of winter oilseed rape under strip-tillage compared to conventional tillage. *Plant Soil Environ.*, **67**: pages 85–91.
11. Brown J. K. M., Beeby Rebecca, Penfield Steven. 2019. Yield instability of winter oilseed rape modulated by early winter temperature. *Scientific reports* **2019**: pages 1-10.
12. Deligios P.A., Farci R., Sulas L., Hoogenboom G., Ledda L. 2013. Predicting growth and yield of winter rapeseed in a Mediterranean environment: Model adaptation at a field scale. *Field Crops Res.* **144**: pages 100–112.
13. Din J., Khan S. U., Ali I and Gurmani A. R. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21, **1**: pages 78-82.

14. Fábry A. a kol. 1992. Olejniny. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha. 442 s.
15. Gaveliene V., Novickiene L., Miliuviene L., Brazauskiene I., Kazlauskiene D. 2005. Possibilities to use growth regulators in winter oilseed rape growing technology 2. Effects of auxin analogues on the formation of oilseed rape generative organs and plant winterhardiness. *Agronomy Research* 3, **1**: pages 9-19.
16. Gharechaei N., Paknejad F., Rad Amir Hossein Shirani, Tohidloo G., Jabbari H. 2019. Change in oil fatty acids composition of winter oilseed rape genotypes under drought stress and different temperature regimes. *Plant, Soil and Environment* 65, **10**: pages 503-507.
17. Hájková L., Možný M., Oušková V., Bartošová L., Dížková P., Žalud Z. 2021. Meteorological Variables That Affect the Beginning of Flowering of the Winter Oilseed Rape in the Czech Republic. *Atmosphere* 12, **11**:1444 page.
18. Hasanuzzaman M., Nahar K., Hossain M. S., Mahmud J. A., Rahman A., Inafuku M., & Fujita M. 2017. Coordinated actions of glyoxalase and antioxidant defense systems in conferring abiotic stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, **181**: pages 200-228.
19. Hlavinka P., Trnka M., Semerádová D., Dubrovský M., Žalud Z., & Možný M. 2009. Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and forest meteorology*, 149, **3-4**: pages 431-442.
20. Chao W. S., Horváth D. P., Stamm M. J. a Anderson J. V. 2021. Genome-Wide Association Mapping of Freezing Tolerance Loci in Canola (*Brassica napus* L.). *Agronomy* 11, **2**: pages 233.
21. Istanbuluoglu A., Arslan B., Gocmen E., Gezer E. & Pasa C. 2010. Effects of deficit irrigation regimes on the yield and growth of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Biosystems Engineering*, 105, **3**: pages 388-394.
22. Klatt B. K., B. de La Vega, Smith H.G. 2021. Altered winter conditions impair plant development and yield in oilseed rape. *Journal of Agriculture and Food Research* **5**: pages 1-5.
23. Krajská správa Českého statistického úřadu pro Středočeský kraj. 2020. Statistická ročenka Středočeského kraje. Český statistický úřad, Praha.
24. Křepelka J. 2013. Odborný a stavovský týdeník *Zemědělec*. Available from <https://www.zemedelec.cz/prednost-repky-mnohostranne-vyuziti-2/> (accessed May 2021).
25. Lakhdar A., Rabhi M., Ghnaya T., Montemurro F., Jedidi N. & Abdelly C. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of Hazardous Materials*, 171, **1**: pages 29-37.
26. Landová T. 2015. Růstové faktory řepky olejky (*Brassica napus* L.) a kukuřice seté (*Zea mays* L.) po ošetření obiliek netermálním plazmatem [bakalářská práce]. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
27. Majidi M. M., Rashidi F. & Sharafi Y. 2015. Physiological traits related to drought tolerance in *Brassica*. *International Journal of Plant Production*, 9, **4**: pages 541-559.

28. Mácová K., Prabhullachandran U., Spyroglou I., Štefková M., Pěňčík A., Endlová L. & Robert H. S. 2021. Effects of long-term high-temperature stress on reproductive growth and seed development in development in *Brassica napus*. *BioRxiv*, March **12**: page 4.
29. Malarz W., Kozak M., Kotecki A. 2007. Reaction of Winter Rape Cultivars on Different Intensity of Growing. Pages 36-39 in Kozak M. Sborník z konference „Prosperující olejniný“. Česká zemědělská univerzita, Praha.
30. Ministerstvo životního prostředí. 2015. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
31. Ministerstvo zemědělství České republiky. 2018. Situační a výhledová zpráva olejniný. Ministerstvo zemědělství, Praha 2018.
32. Ministerstvo zemědělství České republiky. 2019. Zelená zpráva 2019. Ministerstvo zemědělství, Praha.
33. Ministerstvo zemědělství České republiky. 2020. Situační a výhledová zpráva olejniný. Ministerstvo zemědělství, Praha 2020.
34. Ministerstvo zemědělství České republiky. 2021. Zemědělství 2020. Ministerstvo zemědělství, Praha.
35. Nargeseh H. E., AghaAlikhani M., Rad Amir Hosein Shirani, Mokhtasi-Bidgoli A., Seyed Ali Mohammad Modares Sanavy. 2019. Response of New Genotypes of Rapeseed (*Brassica napus*) to Late Season Withholding Irrigation under Semi-Arid Climate". *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)* 41, **4**: pages 55-68.
36. Neeta L., Divya J., Singh Mohan B., Bhalla Prem L. 2020. Engineering Multiple Abiotic Stress Tolerance in Canola, *Brassica napus*. *Frontiers in Plant Science* **11**: page 3.
37. Nejat N. & Mantri N. 2017. Plant immune system: Crosstalk between responses to biotic and abiotic stresses the missing link in understanding plant defence. *Current Issue in Molecular Biology*, **23**: pages 1-16.
38. Ovesná J. 2020. Využití adaptabilních druhů a odrůd při klimatické změně v zemědělství. Agrární komora České republiky, Praha.
39. Pospíšil R., Zapletal M. 2020. Využívá Česká republika bionaftu druhé generace? *Chemické listy* **114**: pages 686-688
40. Potop V., Štěpánek P., Možný M., Türkott L., Soukup J. 2015: Performance of the standardized precipitation evapotranspiration index at various lags for agricultural drought risk assessment in the Czech Republic. *Agric. For. Meteorol.* **202**: pages 26-38.
41. Potopová V., Türkott L., Soukup J., Zehnálek P. 2018. Vyhodnocení reakce souboru odrůd řepky olejky na meteorologické faktory. Pages 1-13 in Rožnovský J., Litschman T., editors. *Hospodaření s vodou v krajině*. Třeboň.
42. Potopová V., Castraveț T., Chawdhery MD. R.A. 2022. Introduction to climate change, modelling, and adaptation measures. Lectures for students. Chisinau. Artpoligraf. 182 page. ISBN 978-9975-3487-3-7.
43. Práši I. & Prášilová P. 2002. Mrazuvzdornost a přezimování řepky. *Úroda* **1**: pages 34-35.
44. Pullens J. W. M., Sharif B., Trnka M., Balek J., Semenov M. A. and Olesen J. E. 2019. Risk factors for European winter oilseed rape production under climate Change. *Agricultural and Forest Meteorology* **272-273**: pages 30-39.

45. Pullens J. W. M., Kersebaum Kurt Christian, Böttcher Ulf, Kage Henning, Olesen Jørgen Eivind. 2021. Model sensitivity of simulated yield of winter oilseed rape to climate change scenarios in Europe. *European Journal of Agronomy* **129**: pages 1-10.
46. Qaderi Mirwais M., Kurepin Leonid V., Reid David M. 2006. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and drought. *Physiologia Plantarum* **128**, **4**: pages 710-721.
47. Racca, P., Kakau, J., Kleinhenz, B., & Kuhn, C. 2015. Impact of Climate Change on the Phenological Development of Winter Wheat, Sugar Beet and Winter Oilseed Rape in Lower Saxony, Germany. *Journal of Plant Diseases and Protection*, **122**, **1**: pages 16-27.
48. Raza A. 2021. Eco-physiological and Biochemical Responses of Rapeseed (*Brassica napus* L.) to Abiotic Stresses: Consequences and Mitigation Strategies. *Journal of Plant Growth Regulation* **40**: pages 1368–1388.
49. Raza A., Razzaq A., Sundas Saher Mehmood, Muhammad Azhar Hussain, Su Wei, Huang He, Qamar U Zaman, Zhang Xuekun, Cheng Yong, Mirza Hasanuzzaman. 2021. Omics: The way forward to enhance abiotic stress tolerance in *Brassica napus* L. *GM Crops & Food. Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*. **12**, **1**: pages 251-281.
50. Robertson M.J. & Lilley J.M. 2016. Simulation of growth, development and yield of canola (*Brassica napus*) in APSIM. *Crop Pasture Sci* **67**: pages 332–344.
51. Řičařová V., Kazda J., Vospělová J. 2017. Možnosti pěstování řepky olejky v zemědělských podnicích s výskytem půdního patogena *Plasmodiophora brassicae*. Česká zemědělská univerzita, katedra ochrany rostlin FAPPZ, Praha.
52. Seyedi Mohsen; Hamzei Javad. 2021. Evaluation of Rapeseed Growth and Yield under Nitrogen Fertilizer in Rotation with Corn and Chickpea. *Journal of Plant Production Research*, **28**: pages 81-91.
53. Shah S. H., Ali S., Hussain Z., Jan S. A., Din J. U., & Ali G. M. 2016. Genetic improvement of tomato (*Solanum lycopersicum*) with *AtDREB1A* gene for cold stress tolerance using optimized *Agrobacterium*-mediated transformation system. *International Journal of Agriculture and Biology*, **18**: pages 471–482.
54. Siao Z., Zhang C., Tang F. a kol. 2019. Identification of candidate genes controlling oil content by combination of genome-wide association and transcriptome analysis in the oilseed crop *Brassica napus*. *Biotechnology for Biofuels* **12**: page 216.
55. Singh S. K., Kakani V. G., Brand D., Baldwin B. & Reddy K. R. 2008. Assessment of cold and heat tolerance of winter-grown canola (*Brassica napus* L.) cultivars by pollen-based parameters. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **194**, **3**: pages 225-236.
56. Sohail Ahmad Jan, Nazma Bibi, Zabta Khan Shinwari, Malik Ashiq Rabbani, Sana Ullah, Abdul Qadir, Nadar Khan. 2017. Impact of salt, drought, heat and frost stresses on morpho-biochemical and physiological properties of *Brassica* species: An updated review. *Journal of Rural Development and Agriculture* **2**, **1**: pages 1-10.
57. Statistický úřad Evropské unie. 1959. Eurostat. Evropská unie, Evropská komise, Lucemburk. Available from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home> (accessed November 2021).

58. Středa T., Vejražka K., Středová H., Chuchma F. 2011. Podzimní vývoj řepky v kontextu klimatických podmínek. Pages 83-86 in Středa T. Sborník z konference „Prosperující olejniny“. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
59. Trnka M. 2022. Velké sucho teď nikde není. Mladá fronta Dnes, Praha.
60. Trnka M., Žalud Z., Hlavinka P., Bartošová L. a kol. Nedatováno. Mítigační a adaptační opatření. Available from <https://www.klimatickazmena.cz/cs/> (accessed March 2022).
61. ÚKZÚZ. 2021. Rostlinolékařský portál. ÚKZÚZ. Available from http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/ (accessed February 2021).
62. Ústav výzkumu globální změny AV ČR. 2012. Internetový portál INTERSUCHO. CzechGlobe, Mendelova univerzita v Brně a Státní pozemkový úřad. Available from <https://www.intersucho.cz/> (accessed November 2021).
63. Vančurová P., Šobrová L. 2011. Comparison of costs of oilseed rape production in process areas of the Czech Republic. Pages 1060–1066 in Vančurová P. and Šobrová L. Česká zemědělská univerzita, Praha.
64. Vašák J. 2005. Řepka na ústupu. Pages 17-20 in Sborník „Řepka, mák, slunečnice a hořčice“. Česká zemědělská univerzita, Praha.
65. Vašák J., Bečka D., Zukalová H., Mikšík V. 2006. Rizika a možnosti produkce řepky. Pages 8-15 in Sborník „Prosperující olejniny“. Česká zemědělská univerzita, Praha.
66. Vašák J., Bečka D., Béréš J., Bokor P., Mikšík V., Zukalová H. 2014. Podmínky pro zvýšení výnosů a zlepšení ekonomiky řepky ozimé. Pages 1-9 in Vašák J. Sborník z konference „Prosperující olejniny“. Česká zemědělská univerzita, Praha.
67. Vild V. 2020. Efektivita využití půdy v obnovitelné energetice [Bakalářská práce]. VŠB, Ostrava.
68. Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, **1**: pages 1-14.
69. Yaqin He, Brian J. Revell, Bofeng Leng, Zhongchao Feng. 2017. The effects of weather on oilseed rape (OSR) yielded in China: Future implications of climate change. *Sustainability* 9, **418**: pages 1-14.
70. Yang C., Zou Z., & Fernando W. G. D. 2021. The Effect of Temperature on the Hypersensitive Response (HR) in the Brassica napus–Leptosphaeria maculans Pathosystem. *Plants*, 10, **5**: 843 page.
71. Želazny WR, Lukáš J. Drought Stress Detection in Juvenile Oilseed Rape Using 2020. Hyperspectral Imaging with a Focus on Spectra Variability. *Remote Sensing*. 12, **20**: 3462 page.
72. Zheng Q., Liu L., Liu Z., Chen J. & Zhao G. 2009. Comparison of the response of ion distribution in the tissues and cells of the succulent plants Aloe vera and Salicornia europaea to saline stress. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172, **6**: pages 875-883.
73. Zukalová H., Bečka D., Šimka J., Vašák J. 2011. pohled na kvalitu ozimé řepky v první dekádě 21. století. Pages 68-71 in Zukalová H. Sborník z konference „Prosperující olejniny“. Česká zemědělská univerzita, Praha.

9 Samostatné přílohy

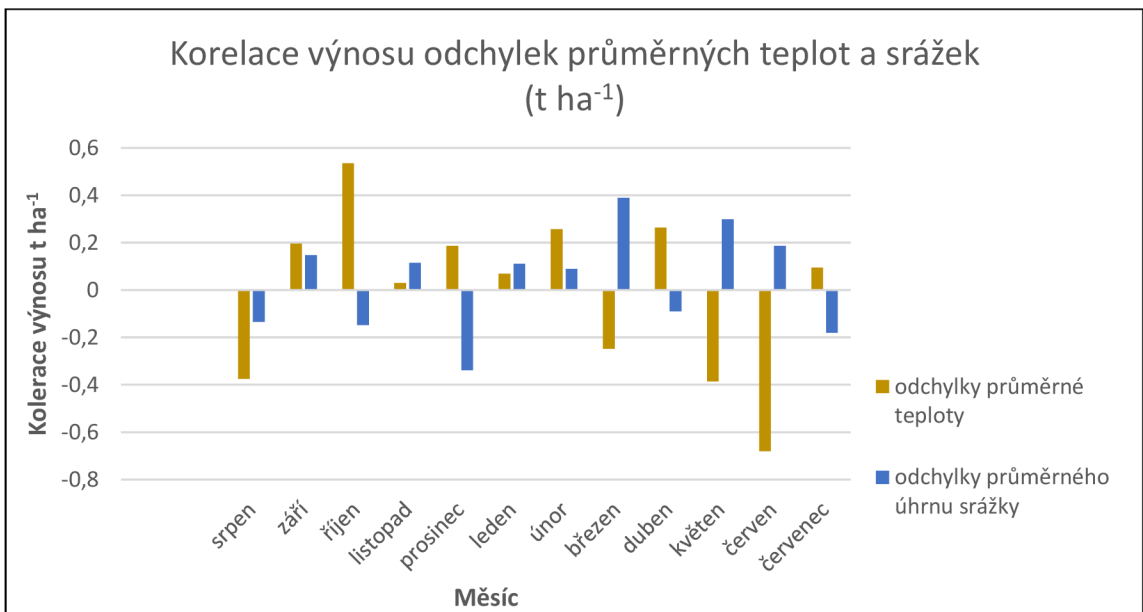
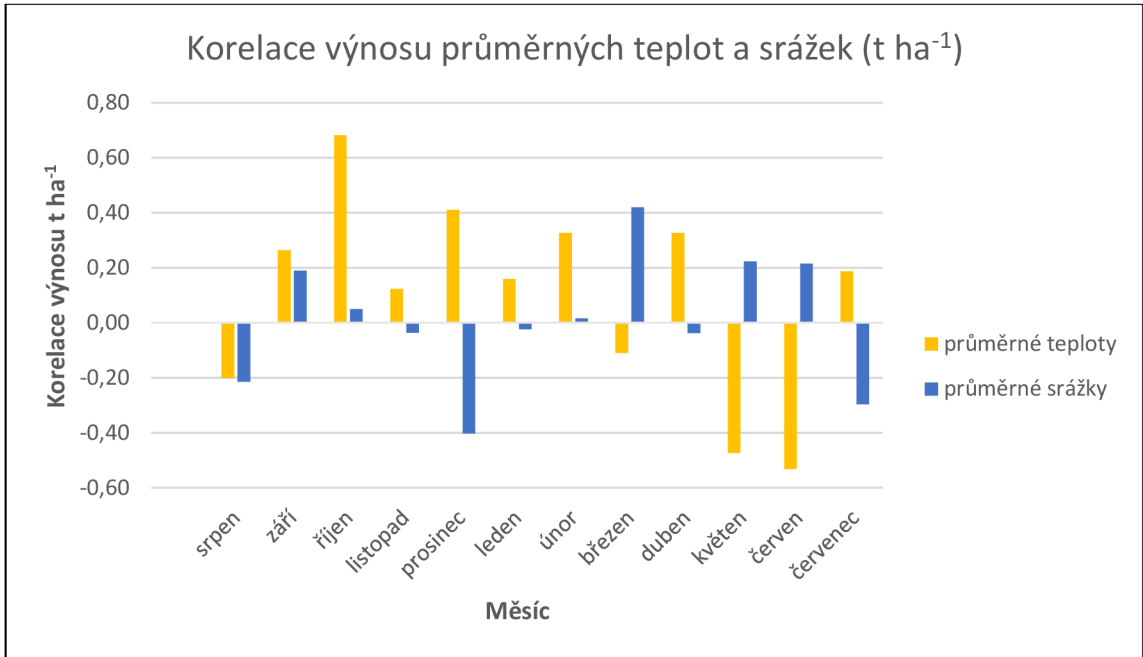
Příloha č. 1: Časové řady pozorování výnosu (y_i^0), očekávaný výnos ($y_i^{(T)}$) a odchylky od trendu $y_i^{(T)}$ modelové plodiny – řepky ozimé.

Rok	Pozorování y_i^0, t ha⁻¹	Očekávaná $y_i^{(T)}$, t ha⁻¹	Odchylky od trendu $y_i^{(T)}$ t ha⁻¹
2002	2,30	2,69	-0,39
2003	1,70	2,74	-1,04
2004	3,70	2,78	0,92
2005	3,00	2,83	0,17
2006	3,10	2,87	0,23
2007	3,10	2,92	0,18
2008	3,00	2,96	0,04
2009	3,20	3,00	0,20
2010	2,80	3,05	-0,25
2011	2,80	3,09	-0,29
2012	2,80	3,14	-0,34
2013	3,50	3,18	0,32
2014	3,98	3,23	0,75
2015	3,48	3,27	0,21
2016	3,50	3,31	0,19
2017	2,96	3,36	-0,40
2018	3,42	3,40	0,02
2019	3,06	3,45	-0,39
2020	3,36	3,49	-0,13

Příloha č. 2: Pozorovaný a odhadovaný výnos zprůměrovaný po pěti letech do roku 2050

Středočeský kraj				
Rok	Výnos	Prognózy	Dolní hranice spolehlivosti	Horní hranice spolehlivosti
2001-2005	2,68			
2006-2010	3,04			
2011-2015	3,31			
2016-2020	3,26			
2021-2025		3,54	2,53	4,56
2026-2030		3,77	2,63	4,92
2031-2035		4,00	2,73	5,27
2036-2040		4,23	2,83	5,62
2041-2045		4,45	2,95	5,96
2046-2050		4,68	3,06	6,30

Příloha č. 3: Korelace výnosu dle průměrného úhrnu srážek a průměrných teplot a odchylek



Příloha č. 4: Prognózy vývoje výnosu do roku 2030 vybraných krajů ČR

