

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Vliv rizikových meteorologických faktorů na kvalitu
a výnos chmele v ČR a možnosti jejich ekologického
pěstování**

Diplomová práce

**Autor práce: Bc. Barbora Pipeková
Obor studia: Ekologické zemědělství**

Vedoucí práce: doc. Dr. Mgr. Vera Potopová

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv rizikových meteorologických faktorů na kvalitu a výnos chmele v ČR" 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 29.4.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Dr. Mgr. Vere Potopové za vedení mé diplomové práce a odborné rady, které mi pomohly k vypracování této práce.

Dále děkuji mé rodině za podporu, zejména manželovi za poskytnutí psychické podpory při celém studiu a psaní závěrečné práce. Velmi musím poděkovat Chmelařskému institutu Žatec za poskytnuté podklady a Ing. Vladimíru Barborkovi z ÚKZUZ za poskytnutí potřebných dat pro zpracování této práce.

Vliv rizikových meteorologických faktorů na kvalitu a výnos chmele v ČR a možnosti jejich ekologického pěstování

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá vztahem mezi výnosem a kvalitou chmele vzhledem k významným meteorologickým vlivům, působícím na růst chmelové rostliny v České Republice. Práce analyzuje dynamiku proměnlivosti obsahu α – hořkých kyselin, výnosů a produkčních ploch chmele v návaznosti na rizikové meteorologické faktory ve třech hlavních oblastech pěstování chmele v České Republice. Data o průměrných výnosech odrůd Bor, Sládek a Žateckého červeňáku a obsahu α - hořkých kyselin pocházejí z oficiálních údajů od Svazu pěstitelů chmele a Chmelařského institutu z Žatce. Statistické modely byly vytvořeny dle algoritmu na úseku meteorologie katedry agroekologie a rostlinné produkce ČZU. Pro posouzení vlivu rizikových meteorologických faktorů na výnosy a obsah α - hořkých kyselin byl využit regresní model. Do statistického modelu vstupují tyto veličiny obsah α – hořkých kyselin, výnos, teplota vzduchu a uhrn srážek. V práci je zhodnocen výnos a obsah α – hořkých kyselin ŽPČ pro Českou Republiku v letech 1920 – 2018. Pro jednotlivé pěstitelské oblasti jsou zpracována data v letech 1992 – 2018. U hybridních odrůd Bor a Sládek je hodnocen obsah α – hořkých kyselin v letech 1979 – 2012 pro odrůdu Bor a v letech 1979 – 2018 pro odrůdu Sládek. Pomocí jednoduchého lineárního modelu se podařilo vysvětlit pokles obsahu α - hořkých kyselin Žateckého červeňáku i pro obě odrůdy (Bor a Sládek). Z výsledků je patrné, že v květnu teplota negativně ovlivňuje výnos o 21,4 % ($-0,30 < r < -0,46$) oproti srážkám které působí příznivé na výnos a vysvětluje jeho nárůst o 15,9 % ($0,34 < r < 0,40$). Avšak vysoké teploty v srpnu vysvětlují ztrátu výnosu o 11,5 % ($-0,30 < r < -0,32$). Největší negativní vliv na obsah α – hořkých kyselin Žateckého červeňáku má teplota v měsíci červenec dosahují ve všech třech oblastech střední až silné korelace ($r = -0,70 - 0,87$). Nejvyššího negativního vlivu dosahuje teplota vzduchu v měsících červen a červenec pro odrůdu Bor ($r = -0,50$) a v měsíci srpen pro odrůdu Sládek ($r = -0,41$).

Klíčová slova: chmel, výnos, kvalita, meteorologický faktor, alfa hořké kyseliny

The influence of risk meteorological factors on the quality and yield of hops in the Czech Republic and possibilities of their organic cultivation

Summary

This master thesis deals with the assessment of the effect of risk meteorological factors on the quality and yield of hops in the Czech Republic. The thesis analyses yield and quality parameters, which is the most important for hops, content of α - bitter acids in relation to weather conditions. Average yields and α - bitter acids content of Bor, Sládek and Saaz semi-early red bine datasets from Hop Growers Association and the Hop Institute Žatec have been applied. Statistical models are designed according to an algorithm developed by meteorological section of agroecology and plant production department (CULS). A regression model was used to assess the influence of meteorological risk factors on yields and α - bitter acids content. The input dataset in statistical models were used the content of α - bitter acids, yield, air mean temperature and amount of precipitation. This study was based on the yield and α - bitter acids content of Saaz semi-early red bine averaged per country for the period 1920 – 2018, and for individual growing areas during the period 1992 – 2018. The datasets of content of α - bitter acids of hybrid varieties are processed for the Bor during the farming years 1979 – 2012 and for the Sládek during the period 1979 – 2018. A simple linear model is a quantitative tool that is easy to use and can explain the decreases of the content of α - bitter acids of Saaz semi-early red bine and for both varieties (Bor and Sladek). The results show that in May, the temperature negatively affects the yield by 21.4 % ($-0.30 < r < -0.46$) compared to precipitation that has a positive effect on the yield and explains increase by 15.9 % ($0.34 < r < 0.40$). High temperatures in August can explain the loss of yield by 11.5 % ($-0.30 < r < -0.32$). The temperature in July has the greatest negative effect on the content of α - bitter acids of Saaz semi-early red bine, reaching medium to high correlations in all three areas ($r = -0.70-0.87$). The air temperature reaches the highest negative effects in June and July for the Bor variety ($r = -0.50$) and in August for the Sládek variety ($r = -0.41$). The highest negative effect is reached by the temperature in June and July for the Bor variety ($r = -0.50$) and in August for the Sládek variety ($r = -0.41$).

Keywords: hops, yield, quality, meteorological factor, alpha-bitter acids

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Pěstování chmele a vývoj sklizňových ploch v České Republice	10
3.2 Bilogická charakteristika rostliny chmele	11
3.2.1 Kořenová soustava	11
3.2.2 Soustava podzemních lodyžných orgánů.....	11
3.2.3 Soustava nadzemních vegetativních orgánů	12
3.2.4 Soustava nadzemních generativních orgánů	12
3.3 Růst Chmele.....	12
3.3.1 Agrotechnika pěstování chmele.....	13
3.3.2 Požadavky chmele	13
3.3.3 Podzimní zpracování půdy.....	13
3.3.4 Jarní zpracování půdy	14
3.3.5 Letní zpracování půdy	14
3.3.6 Ochrana před škůdci a nepříznivými vlivy	14
3.4 Klimatické podmínky v oblastech pěstování chmele	18
3.4.1 Mapování potencionálních rizikových klimatických faktorů	19
3.5 České pěstované odrůdy	19
3.6 Certifikace a hodnocení chmele dle obsahových látek.....	22
3.6.1 Obsahové látky	24
3.7 Produkční oblasti konvenčního pěstování chmele v ČR.....	25
3.8 Ekonomika a trh chmele.....	26
3.8.1 Hodnocení vlivu počasí na ekonomický vývoje chmele v letech 2010 – 2018 27	
3.9 Ekologické zemědělství	28
3.9.1 Ekologické pěstovní chmele	29
3.9.2 Sklizeň a certifikace biochmele	29
4 Materiál a metody	31
4.1 Základní informace o pěstitelských oblastech	31
4.2 Charakteristika odrůd vybraných pro testování	32
4.3 Shromáždění dat a vytvoření databáze	32
4.4 Statistické zhodnocení dat	33
4.5 Srážkový a teplotní vývoj v průběhu vegetačního období chmele.....	34
4.6 Regresní analýza proměnlivosti výnosu a kvality	34

5	Výsledky	36
5.1	Statistické zhodnocení ploch, výnosu a kvality chmele.....	36
5.2	Zhodnocení trendu výnosnosti, kvality a produkce chmele v ČR.....	44
5.3	Regresní model pro hodnocení působení teploty vzduchu a srážek na výnos a kvalitu chmele v průběhu vegetace.....	48
5.4	Korelační analýza – znázornění vlivu úhrnu srážek a průměrných teplot na kvalitu a výnos chmele	51
6	Diskuze	54
7	Závěr.....	58
8	Literatura.....	60
8.1	Internetové zdroje	63
9	Seznam tabulek, grafů a obrázků	65
10	Seznam použitých zkratk a symbolů	66
11	Přílohy	67

1 Úvod

Chmel otáčivý je vytrvalou pravotočivou rostlinou, která patří do čeledi konopovitých. V českých zemích má chmel tradici již po tisíce let. První zmínky o rostlinách chmele v Čechách pochází již z přelomu prvního a druhého tisíciletí. Z těchto dob pochází i mnoho dochovaných zpráv. Za dobu největšího rozkvětu se považuje doba za vlády Karla IV. Pěstování chmele prošlo dlouhým vývojem. Vrcholu český i žatecký chmel dosahuje v 19. století. Do poloviny 90. let 20. stol. byl Žatecký poloraný červeňák jediná pěstovaná odrůda chmele v ČR (Krofta, 2010). V dnešní době je využití chmele především jako základní surovina pro výrobu piva. Význam má v dnešní době pro výrobu kosmetiky, farmaceutických produktů a léčivelských výrobků. Za účelem sjednocení výroby chmele vzniklo Mezinárodní sdružení pěstitelů chmele, členy jsou významné pěstitelské státy, mimo ČR sem patří například Německo, Čína, USA (Vrzalová a Fric, 1994). Český chmel je vyhledávaným artiklem pro svou typickou vůni, barvu a obsah lupulinu. Bohužel aktuální trend globálního oteplování má špatný vliv na kvalitu tradičního chmele žateckého a jsou hledány nové odrůdy, které budou vytrvalejší a odolnější novým podnebným podmínkám, které budou do budoucna pravděpodobně stále více gradovat do meteorologických extrémů. Díky řízené simulaci, kdy vědci využili informací o předpovědi změn klimatu se zjistilo, že výnos chmele by díky oteplování mohl do budoucna klesnout o 10 % a obsah ukazatele kvality tedy α – hořkých kyselin by klesl v rozmezí 10 % až 30 %. Oteplování do budoucna může způsobit zkracování vegetační doby chmele což povede k poklesu obsahu α – hořkých kyselin. Můžeme očekávat, že pěstování chmele se bude přesouvat do vyšších nadmořských poloh, což by pro český chmel byl problém a mohl by se tak vytratit typický „žatecký chmel“, který je pro česká piva tak typický a i v zahraničí oblíbený. Tyto problém s ekonomickou nestabilitou chmele jsou aktuálně nejen v ČR a střední Evropě, ale mají přesah i mimo Evropu. Dalším aktuálním trendem je pěstování chmele v kvalitě bio. Nicméně v současné době není mezi pěstiteli o pěstování biochmele v ČR zájem a tak se v těchto letech v ČR biochmel oficiálně pěstuje jen na několika hektarech. Jedná se o pokusné chmelnice zapojené do projektu „České biopivo“. Produkce biopiva může mít v dnešních podmínkách a životním stylu lákavý marketignový potenciál. Do pěstování chmele se jako do jiných odvětví rostlinné produkce promítají stále nové poznatky a tak dochází k nutným pokrokům, na základě nových zjištěných vědeckých a společenskovedních poznatků v této oblasti. Proto je nutné stále pracovat s aktuálními agroklimatologickými, biologickými, technickými a ekonomickými aspekty, které jsou nově získávány.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce bude vyhodnotit vliv jednotlivých rizikových meteorologických faktorů na kvalitu a výnos chmele v ČR při jejich konvenčním pěstování. Dále popsat možnosti a perspektivu jejich ekologického pěstování v klimatických podmínkách ČR. Práce by dále zahrnovala statistické zhodnocení, který meteorologický jev nejvíce ovlivňuje výnos a kvalitu.

Hypotéza:

Statistický regresní model ilustruje silnou závislost výnosu a kvalitu chmele na srážkových charakteristikách.

3 Literární rešerše

3.1 Pěstování chmele a vývoj sklizňových ploch v České Republice

První zmínky o pěstování chmele na území České republiky jsou z poloviny 9. století. Mnoho písemných dokladů je zachováno z doby Karla IV.. Karel IV. zakázal vývoz žateckého chmele. Z doložených písemností je známo, že chmel se pěstoval již výběrově s různými původy. Začal tak vznikat výběr chmele a ověřené výběry chmele se pěstovali opakovaně. Preferovanými místy pro pěstování chmele bylo okolí klášterů, měst a osad (Nesvadba, 2008).

Až do roku 1890 plocha chmelnic na území dnešní České republiky byla kolem 8000 až 10000 ha. Před druhou světovou válkou se plochy stále zvyšovaly a nejvyšší hodnot dosahly v roce 1907, rozlohou 17280 ha (Basařová et al. 2011). Po druhé světové válce byla populace chmelnic zredukována na 9908 ha (Zýbrt, 2005). V roce 1948 došlo ke znárodnění a vzniku velkých ploch chmelnic, které spadaly pod JZD. Vznikl také národní „Výkupní sklad chmele“. Díky velkým plochám chmelnic se muselo od ručního sklizení chmele přejít k mechanizované sklizni. Vznikla první česká česačka ČCH-1 (1959) a první pásová sušárna. Sušení tak bylo bez zásahu člověka (Hajšl, 2005).

V dalších letech bylo ze Žateckého poloraného červeňáku vypěstovány další pododrůdy Lučan, Blato, Zlatan, Sířem, Univerzál, Blšanka a Podlešák. V roce 1960 vzniká národní podnik chmelařství Žatec. V roce 1973 byla uvedena do provozu granulační linka, dnes takto produkci zpracovává pouze jediný pivovar u nás a to Budějovický Budvar. Ke chmelení piva využívá lisované chmelové hlávky. Od roku 1987 se začínají na menších plochách pěstovat odrůdy Bor a Sládek, cílem je pokus o zvýšení výnosu při zachování kvality. Od roku 1990 dochází postupně ke snižování ploch chmelnic díky ztrátě jistoty, že stát chmel vykoupí. Vzniká Chmelařské družstvo Žatec a Unie obchodníků s chmelem. V roce 1995 je odrůda Bor a Sládek zapsána do listiny povolených odrůd. Dále v roce 1996 je povolen hybrid s názvem Premiant, následně v roce 1997 byl přijat nový Zákon o ochraně chmele č. 97/1996 Sb., který nahradil zákon z roku 1957. V letech 1997 a 1998 došlo opět ke snížení ploch chmelnic (Český chmel, 2015). Do poloviny 90. let 20. stol. byl ŽPČ jediná pěstovaná odrůda chmele v České Republice. Avšak spotřeba měla klesající trend (Krofta, 2010).

Současné světové pivovarnictví požaduje následující formy úpravy a jim odpovídající kvalitativní skupiny chmele :

1.) Chmelový extrakt - výtazek z chmelových hlávek. Vybírány odrůdy s vysokým obsahem alfa hořkých kyselin. Další parametr je nízká cena odrůd.

2.) Mletý chmel upravený do granulí - granulované koncentráty zbavené neúčinných složek chmelových hlávek. Nejsou dotčeny žádnou chemickou úpravou. Aktivní povrch je docílen jemným mletím a tak mohou složky jednodušeji vstupovat do piva. Vhodné pro dlouhodobé skladování. Vhodné pro odrůdy s možností přímého chmelení.

3.) Hlávková forma – tradiční forma, která je však v dnešní době stále méně využívána. Je to ekonomicky velky náročná forma. U této formy zůstávají tradiční pivovary (Nesvadba, 2013).

3.2 Bilogická charakteristika rostliny chmele

Chmel otáčivý je dvouděložná dvoudomá rostlina z řádu kopřivokvĕtých, čeledi konopovitých. Tato popínavá, vytrvalá rostlina je pěstovaná v monokultuře. Chmelové hlávky produkují pouze samičí rostliny (Šnobl et al. 2004). Kvalitativní znaky chmele a celkový výnos je závislý na klimatu, pěstování, půdních podmínkách a také závisí na celkovém stavu kořenové soustavy (Matsui et al. 2012). Chmel otáčivý a Cannabis jsou dvěma rody patřících do čeledi konopovitých a jsou velmi podobné (Neve et al. 1991). Odrůdy révy rozdělujeme podle typického zbarvení, odrůdy červeňáku obsahující antokyanové zbarvení a zeleňáky (Špaldon, 1982). Barva není automatickým kritériem aroma chmele i zelené odrůdy chmele vykazují známky aromatických chmelů (Fric a Beránek, 1998). Dle doby dozrávání rozdělujeme odrůdy na rané, polorané, polopozdní a pozdní (Horejsek a Zich, 1990).

3.2.1 Kořenová soustava

Kořenovou soustavu tvoří tzv. kůlové kořeny, jejichž hloubka sahá až do 4 metrů pod povrch země (Turner et al. 2011). Kosterní neboli kůlové kořeny se dále mohutně větví a vytváří tak rozlehlý kořenový systém (Rybáček et al. 1980). Zásobní hlízy jsou v hloubce kolem 40 cm. Díky takto komplexnímu kořenovému systému může rostlina čerpat vodu z velmi hlubokých i podpovrchových vrstev půdy (Zázvorka a Zima, 1956).

3.2.2 Soustava podzemních lodyžných orgánů

Mezi podzemní část rostliny také zahrnujeme soustavu lodyžných orgánů, komplexně nazývaných babka. Tvořena je druhotným lýkem. Dělí se na staré a mladé dřevo a vlky, které slouží k vegetativnímu rozmnožování. Z babky opakovaně každý rok vyrůstá nadzemní část, lodyha. Lodyhu nazýváme révou, z babky vyrůstá hned několik lodyh. Ke chmelovodu jsou však uchceny pouze dvě a ostatní lodyhy jsou odstraněny řezem (Zázvorka & Zima, 1956).

3.2.3 Soustava nadzemních vegetativních orgánů

Nadzemní vegetativní část je tvořena právě lodyhou dělicí se na články, lodyha je pravotočivá, šestihranná, rozdělena na nody a internodia, porostlá háčkovitými chlupy, které napomáhají přidržování k opoře. Výškou dosahuje až 9 m (Šnobl et al. 2004).

Listy vyrůstají po dvojicích vstřícně proti sobě, vrchní část listu je tmavozelená spodní část listu je světlejšího zabarvení. Listy samotné obsahují také silice a pryskyřice (Vent, 1963).

Pazochy jsou druhotné větévky révy o délce od 30 cm do 100 cm, vyrůstají na nich pazochové listy a květenství, mají stejnou morfologii jako réva hlavní (Zázvorka & Zíma, 1956).

3.2.4 Soustava nadzemních generativních orgánů

Generativní část rostliny tvoří květenství chmele, šišťice nebo lata . Chmel otáčivý je dvoudomý, takže je rozlišeno pohlaví samičí nebo samčí. Liší se svojí strukturou (Shephard, 2000) a šišťice je samičí květenství, tvořena vřeténkem a článkovitou zalomenou stavnou. Článků je v květenství 8 až 16 pod úhlem zalomení 90 stupňů. Dva listeny krycí a čtyři listeny pravé vyrůstají z článku a za každým je jeden semeník. Na všech částech šišťice jsou žlázky lupulinu. Lupulinové žlázky obsahují pryskyřice a silice. Jakmile dojde ke změně květenství na plodenství blizny ztratí schopnost přijímat pyl, toto se děje i v případě pokud nebyl květ oplozen (Rybáček et al. 1980).

Dle Nesvadby et al. (2008) je vůně chmelových hlávek typickým znakem odrůdy. Hlávka se skládá z vřeténka, krycích listenů, pravých listenů, stopy a popřípadě z plodů (Rybáček et al. 1980). Skladba vřeténka a jeho podíl k celkové hmotnosti hlávky ovlivňuje celkovou kvalitu hlávky (Nesvadba et al. 2008). Aromatické chmely tak vykazují jemnější chmelovou hlávku, tyto hlávky mají větší počet článků na vřeténku (Linhart a Nesvadba, 1994).

Samičí rostliny se využívají výhradně pro pivovarské účely. Je to z důvodu přítomnosti žlázek lupulinu obsahujících cenné látky pro pivovarnictví. Samčí rostliny jsou ničeny, oplodněné hlávky mají nízkou pivovarskou hodnotu (Rybáček et al. 1980).

3.3 Růst Chmele

Vegetační růst je dělen do několika fází. Rovného růstu, zavádění rév, fáze pazochování, paličkování, fáze osýpky, hlávkování, fáze technické zralosti, fáze fyziologického dozrávání.

Ve fázi technické zralosti jsou hlávky uzavřené a mají nejvíce pivovarsky cenných látek (Hajšl, 2005).

3.3.1 Agrotechnika pěstování chmele

Půda je nejdůležitějším faktorem při pěstování. Mechanickým zpracováním půdy je ovlivněna nejen ornice, ale celá rhizoséra ve prospěch pěstovaného porostu. Správně zvolenými agrotechnickými postupy je tedy možné ovlivnit vlastnosti půdy tak aby co nejvíce odpovídala biologickým požadavkům rostliny. Správně nastavenými fyzikálními vlastnostmi půdy, lze tak ovlivňovat například vodní režim rostliny, což je aktuálně problém velkého významu vzhledem zvyšujícím se průměrným teplotám a snižujícím průměrným srážkám (Štranc et al. 2008).

3.3.2 Požadavky chmele

Největším požadavkem chmele je náročnost na vláhu. Bohužel v našich chmelařských oblastech je srážek nedostatek. Chmel si tak bere vodu z jiných zdrojů jako je rosa. Naopak v době dozrávání hlávek je vysoká vlhkost nevhodná. Hloubka ornice by měla být 40 cm. Půda pro chmel je vhodná hlinitá až jílovohlinitá. Chmel je náročný v požadavcích na teplo. Největší nárok na teplo má v době tvorby hlávek. Nevhodné jsou i velké teplotní výkyvy. Orientace řádků je vhodná severojižní. Paličky se tvoří jen při dostatečném množství světla, proto je největší kumulace paliček ve vrchní části rostliny. 1 tuna hlávek potřebuje především 90 kg N, 17,5 kg P, 83 kg K, 101 kg Ca a 16,5 kg Mg (Hajšl, 2005).

3.3.3 Podzimní zpracování půdy

Zpracování půdy na podzim začíná posklizňovým úklidem chmelnic. Při podzimním úklidu jsou odstraňeny zbytky rév. Vodící drátky a háčky jsou také stahovány z chmelnice pryč. Vláčením dojde k odstranění posklizňových zbytků a k lehkému prokypření půdy. Toto zpracování půdy umožní vpravení hnojiv. Jedenkrát za tři roky se využívá organického hnojení, jednou za tři až čtyři roky vápnění, každý rok je vpravena dávka fosforečných, draselných a hořečnatých hnojiv. Dále jsou všechny plochy chmelnic prokypřeny do hloubky 10 – 15 cm. Cílem tohoto úkonu je prokypření půdy a urovnání meziřadí. Dále dochází k zničení plevelů a obnovení pozitivních fyzikálních vlastností půdy. Hlavně zvýšení infiltrace dešťové vody. Následně je prováděna orba meziřadí do hloubky 18 – 20 cm a současně provedena odorávka chmelových řádků do hloubky 12 – 15 (18) cm. Orbou jsou opět zlepšeny fyzikální vlastnosti a zapraveny hnojiva, plevele. Orbou meziřadí jsou také odstraněny podzemní oddenky chmele

vyrůstající až do meziřadí. Nutnost orby je na silně zaplevelených porostech a k zapravení zeleního hnojení. Po provedení mělkého prokypření provádíme hloubkové kypření až do hloubky 60 cm, toto provádíme pouze na jedné třetině plochy. Cílem je odstranění silného zhutnění dolní ornice a obnovení produkčního potenciálu půdy (Pulkrábek, 2004).

3.3.4 Jarní zpracování půdy

Jakmile je to vzhledem k počasí vhodné jsou chmelnice vláčeny do roviny jak v podélném tak příčném směru. Jsou vpraveny jarní dávky hnojiv N, P, K a Mg. Řez chmele je vhodné provést od počátku do přibližně poloviny dubna (1.-20.4.) a následně je provedeno zavěšení chmelovodů. Drát je upevněn do půdy a na vrchol konstrukce. Je nutné sledovat správné vinutí. Jakmile rostliny dosáhnou 60-70 cm je nutné vybrat 4 výhony a na každý chmelovod navinout pravotočivě po párech (Pulkrábek, 2004).

3.3.5 Letní zpracování půdy

Cílem letního zpracování je co nejvíce minimalizovat zásahy. Pro minimalizaci zásahu je důležité znát biologii chmele a jeho zvláštnosti. V době vegetace je prováděno kypření nebo plečkování v meziřadí nebo priorávka. Účelem těchto zásahů je zúčelnit fyzikální vlastnosti a zničení plevelů. Priorávku kultivujeme růst výhonů vegetujících rostliny chmele. Také odstraněním vlků je zabráněno neúčelnému rozrůstání chmele (Štranc et al, 2008). Vzrostlé plevele jsou ničené červenou aplikací herbicidů (Aminec, Agrtox a Discopur). K letní desikaci jsou používány přípravky Reglona a Gramfon. Důležité je před priorávkou a kvetením aplikovat hnojiva dusíkatá. Při nedostatečné závlaze je vhodné zařadit doplňkovou závlahu. Po celou dobu je nutné kontrolovat a zajistit opravu padlých rostlin (Štröller et al. 2006).

3.3.6 Ochrana před škůdci a nepříznivými vlivy

Základem je udržet vyrovnanost organismů v půdě kde je chmel pěstován. Často opomíjený faktor půda je přitom základem v prevenci ochrany rostlin, nejen chmele. Vícečetnost mikroorganismů v půdě je v tomto případě vnímán pozitivně, díky širokému zastoupení mikroorganismů v půdě je eliminováno přemnožení patogeních organismů. K udržení zdravé půdy je možné předejít preventivním zpracováním půdy. Prevence spočívá především ve včasném úklidu starých a odumřelých rostlin chmelové révy a její následná likvidace. Při preventivních zásazích na chmelnicích je velmi důležité, aby nedošlo k mechanickému poškození rostlin, poškození by bylo vstupní branou pro choroby rostlin

(Mikulka et al. 2010). Správně aplikovaná ochrana chmelové révy by měla být prováděna na vysoké úrovni, jelikož takovými zásahy můžeme mimořádně ovlivnit výnosy (Šroller et al. 1997). Především podnební podmínky, řadící se do vnějších vlivů ovlivnění rostliny mohou způsobit fyziologické poruchy na rostlinách. Problémem z hlediska fyziologického působení jsou jak dlouhodobé extrémní teploty tak i dlouhodobé působení sucha nebo zvýšené vlhkosti (Špaldon et al. 1982).

3.3.6.1 Přehled základních chorob chmele

Peronospora chmelová (Pseudoperonospora humuli)

Třída: Oomycota

Řád: Peronosporales

Čeleď: Peronosporaceae

Příznaky patrné na jaře na mladých výhonech. Barví listy do žlutozelena. Spodní strana listů s hustým šedofialovým povlakem. Výhony zůstávají zakrslé. Vrcholy se zkrucují.

Padlí chmelové

Třída: Ascomycetes

Řád: Eriphales

Čeleď: Eriphaceae

Objevuje se na jaře. Na líci listů se vytvoří bílé skvrny, které se rozšiřují. Tvoří moučné skvrny. Nypadané listy zastavují růst, zaschnou a opadají. Šíření choroby přispívá teplé a vlhké počasí. Způsobuje snižování výnosu a také kvalitu chmelových hlávek (Gent et al. 2014). Mohou být napadané i samotné hlaváky, které jsou pokryté také bílým moučnatým povrchem.

Fusarióza

Třída: Ascomycetes

Řád: Hypocreales

Rod: Fusarium

Projevy na počátku léta. Dřevo je zduřelé a zaškrcené u babky. Pletivo zhnědlé. Snadné loupání korových částí a na povrchu jsou kupky sporodochií srpovniček. Rostlina vadne a odumírá, listy žloutnou. Celá rostlina lze snadno vytrhnout ze země. Při slabším napadení vyraší jen malý počet výhonů, které jsou zakrslé a nejsou schopné vertikálního vinutí a zasychají. V případě silného napadení očka vůbec neraší.

3.3.6.2 Základní škůdci chmele

Lalokonoec libečkový (Otiorhyncus ligustici)

Kmen: Členovci (Arthropoda)

Třída: Hmyz (Insecta)

Řád: Brouci (Coleoptera)

Čeleď: Nosatcovití (Curculionidae)

Brouci ukusující vegetační vrcholy. Vytvářejí nepravidelné otvory na listech. Při nepříznivém počasí zalézají do půdy a okusují vrcholy rašících výhonů. Při solném napadení dochází k holožírui. Při slabším napadení po řezu chmele napadají rašící vegetační vrcholy.

Mšice chmelová (Phorodon humuli)

Kmen: Členovci (Arthropoda)

Třída: Hmyz (Insecta)

Řád: Stejnokřídlí (Homoptera)

Čeleď: Mšicovití (Aphididae)

Mšice poškozují listy sáním, které prosvítají a při silném výskytu krouží okraje listu dovnitř. Zpomaluje nebo přímo zastavuje růst rostlin. Na horní straně listů se vyskytuje medovice, kde se vytvoří saprofytické houby a tmavý povlak. Napadením hlávek dochází k jejich špatnému vývoji. Hlávky krmí a stávají se lepkavými a stejně jako na listech se mohou vyvinout saprofytické houby.

Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae* Koch)

Kmen: Členovci (Arthropoda)

Třída: Pavoukovci (Arachnoidea)

Podtřída: Roztoči (Acarina)

Řád: (Prostigmata)

Čeleď: Sviluškovití (Tetranychidae)

Příznaky napadení se projevuje na spodních listech chmelové révy zpočátku ojedinělými skvrnami vysátého pletiva, zvolna přecházející v normální zeleň. Vrchní čepel listů je v místě skvrny vystouplá a tvoří tzv. Sviluškové puchýře. V teple a suchu se skvrny zvětšují a následně postupně splývají. Zpočátku je list zažloutlý, následně papírově šedě zabarvený. Vysátí listů způsobuje opadávání. Spodní strana listu pokryta pavučinkou. Při silném napadení přechází škůdce i na hlávky, které se přestanou vyvíjet a zasychají.

3.3.6.3 Abiotická poškození

Abionózy jsou neinfekční poruchy, vyvolané vnějším prostředím. Abiotická poškození vznikají především z nevhodných půdních podmínek a špatnými povětrnostními podmínkami (Štranc et al. 2008).

Nadbytek a nedostatek živin

Zavisí na pohyblivosti živin v révách. Deficit se projeví na starších částech rostlin kdy pohyblivější živiny N, P, Mo, K a Mg se přemísťují do mladších orgánů a špatně pohyblivé živiny Ca, B, S, Fe, Cu a Mn zůstávají v ontogenicky starších částech rostlin.

Chladová žloutenka (chloróza)

Důsledek nízkých nočních teplot v druhé polovině května. Růst rév vertikálně se zastavuje. Révy se odklánějí. Chloróza odezní sama po postupném vyrovnání teplotních rozdílů mezi dnem a nocí. Nejvíce postiženy rostliny v mrazových polohách

Poškození kroupami a větrem

Na počátku léta mohou přicházet náhlé krupobití, které je umocněno silnými poryvy větru. Dochází k potrhání listů. Hlavní lodyha révy je poškozena krupobitím. Vítr může odklonit vegetační vrcholy od chmelovodů a může dojít od stržení od konstrukce. Dokonce může dojít k pádům celé konstrukce.

Úžeh chmele

Náhle suché a slunečné počasí po oblačném období. Nejvíce poškozeny porosty v hlubších údolích. Listy ve středním profilu se zbarvují hnědě nebo fialovo-hnědě, dochází ke

svinování okrajů dovnitř a následnému opadávání. Listy více exponované slunečnímu záření jsou logicky více náchylnější (Vostřel et al., 2008).

3.4 Klimatické podmínky v oblastech pěstování chmele

Klimatické podmínky pro pěstování chmele v České Republice zabíhá do tří oblastí pěstování – Žatecká oblast, Úštěcká oblast, Tršická oblast. Tyto tři oblasti jsou, již vymezené v historickém rozdělení. Nejmenší oblastí je oblast Tršická, klimaticky řadíme tuto oblast do mírně suchého až vlhčího klima s převážně teplým klimatem. Žatecká oblast je svou rozlohou největší a také nejvýznamnější oblastí pro pěstování chmele v České Republice. Klima je zde teplé s převážně nízkými srážkami, na tuto oblast plynule navazuje oblast Úštěcká, která je oproti sousední oblastí chladnější také vlhčí (Štranc et al., 2008)

Množství přijaté vlhkosti je velmi důležité pro finální kvalitu chmele, která se posuzuje především obsahem alfa hořkých kyselin. Převážná část chmelařských oblastí České Republiky však patří do suchých oblastí. Výnos závisí na množství srážek za vegetační období. Důležitou zásobárnou je i půda, která přijímá vlhkosti i v zimních měsících. Proto je důležité i množství sněhových srážek a celkově srážek během zimního období, které ovlivní výnos chmelnice (Havlík a Možný, 1992).

Vlhkost a přísun vody má vliv na mnoho fyziologických procesů, je důležité správné rozložení a množství srážek. Vhodné rozložení srážek zvyšuje výnosnost chmelových hlávek. Vliv vodního deficitu na rychlost fotosyntézy a transpirace chmele (Hnilička et al. 2004). Nedostatek srážek lze kompenzovat vybudováním závlahy (Slavík & Kopecký, 1997).

Dopad změny klimatu pro pěstování chmele a jeho kvalitu a produkci, bude záviset na klimatických podmínkách, které díky změnám vzniknou, na základě simulací, které provedl Možný (2009), ukazují, že i malé změn mohou vyvolat značné změny. Při aktuálním mírném oteplení kvalita i výnos měli sestupnou tendenci. Předpokládaný pokles výnosu dle simulace je 7 – 10 % a pokles alfa hořkých kyselin až o 13 – 32 %. Koncentrace pěstování chmele v malých regionech v České republice je zranitelnější, než kdyby byla plodina pěstována ve více oblastech různého podnebí. Změna klimatu tedy může postupně vést ke změnám v regionalizaci produkce chmele. Politická pomoc může být nezbytná pro přizpůsobení pěstování chmele v ČR změněným klimatickým podmínkám.

3.4.1 Mapování potencionálních rizikových klimatických faktorů

Meteorologický průběh během roku je zásadním faktorem, který ovlivňuje kvalitu a výnos chmelové hlávky v daném roce (Záruba, 2002). Následkem klimatických změn bude pravděpodobně ovlivněna rostlinná výroba. Zvyšující se počet teplých dnů v průběhu vegetace v zeměpisných šířkách typických pro pěstování chmelových rostlin může mít za následek ovlivnění kvality a výnosu chmele (Izaurrealde, 2003.)

Optimálním podmínkám z dlouhodobého hlediska chmelařské oblasti ČR odpovídají:

- Optimální průměrná teplota vzduchu 8,0–9,0 °C, kdy ve vegetačním období je nejvhodnější teplota 13,0 – 15,0 °C.
- Stážkový úhrn cca 500 mm, během vegetačního období 260 – 340 mm (Vent, 1963; Rybáček, 1980).

3.5 České pěstované odrůdy

Chmelové odrůdy můžeme rozdělit dle mnoha sledovaných kritérií, například dle rannosti (ranné, polorané a pozdní), odolnosti nebo pivovarského využití. Také dle obsahu alfa hořkých kyselin, které jsou nejvýznamnějším parametrem pro sledování kvality. Odrůdy také rozdělujeme do dvou skupin dle obsahu chmelových pryskyřic, na jemné aromatické, například Žatecký poloraný červeňák, Sládek, Harmonie a hořké, kam můžeme zařadit odrůdy Agnus, Bor, Premiant a Rubín (Nesvadba et al. 2012).

Ve chmelařských oblastech České republiky bylo možné do poloviny 90. let pěstovat pouze Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ) nebo druhy jemu příbuzné klony. Po schválení nového chmelařského zákona 97/96 sb., v druhé polovině 90. let bylo možné pěstovat i jiné odrůdy (Nesvadba, 2000). Aktuálně produkce míří k novým odrůdám, které vyhovují přísným požadavkům producentů v pivovarnickém průmyslu (Čepička, 2002).

Odrůdy českého chmele které jsou snadno rozpoznatelné díky své chuti, která je typická svou jemnou hořkostí, dokážou kvalitou a výnosem konkurovat i chmelu, dovaženému z USA nebo Německa. Tyto hybridní odrůdy chmele jsou šlechtěny v Žatci, ve Chmelařském institutu a díky výbornému genetickému základu dosahují světových kvalit (Vent a Koub, 1998).

Chmelové odrůdy rozdělujeme do pěti kategorií dle obsahu alfa hořkých kyselin a tím ovlivněného pivovarského využití (Vent, 1999):

- Fine aroma (Jemné aromatické, do 3% obsahu α -kyselin)
- Aroma (Aromatické, 3 – 6% obsahu α -kyselin)

- Dual purpose (Jemné hořké, 6 – 9% obsahu α -kyselin)
- Bitter (Hořké, 6-10% obsahu α -kyselin)
- High alpha (Vyokoobsažné, 12 – 16% obsahu α -kyselin)

Žatecký poloraný červeňák je rostlina středně mohutného vzrůstu. Registrace 1952 – 1993. Získaný klonovou selekcí v původních porostech v žatecké a úštěcké oblasti. Tvar rostliny je válcovitý. Pazochy nesoucí plod jsou nízko nasazené a krátké až střední. Jedná se o středně ranou odrůdu s vegetační dobou 122-128 dní. Sklizeň je možné provádět v delším období, při mechanické sklizni á dobrou čeatelnost. Výnos u této odrůdy je 0,8-1,5 tha^{-1} . Aroma hlávek je s jemnou chmelovou vůní. Odrůda je vhodná pro druhé a třetí chmelení, případně i studené chmelení (Nesvadba et al. 2013).

Saaz Late s registrací z roku 2010 je odrůda získaná výběrem z potomků po rodičovské kombinaci, který má v původu Žatecký poloraný červeňák. Rostlina mohutného vzrůstu s nepravidelným válcovitým tvarem. Pazochy jsou dlouhé až velmi dlouhé a nízko až středně nasazení. Velmi citlivá odrůdy na zastínění. Saaz Late je polopozdní odrůda s vegetačním cyklem 128-135 dní. Sklizeň možno provádět v delším časovém období avšak je ztížena vysokou hustotou nasazení hlávek. Pro tuto odrůdu nejsou vhodná návětrná stanoviště. Výnos 2,0-2,6 tha^{-1} . Aroma jemné chmelové. Pivovarské použití ve druhém a třetím chmelení (Nesvadba et al. 2013).

Sládek je výběr z hybridního potomstva, kde se v původu objevuje odrůda Northern Brewer a Žatecký poloraný červeňák. Pod názvem Sládek registrován od roku 1994. Pro rostlinu je typický mohutný vzrůst až kyjovitý tvar. Plodonosné pazochy jsou středně dlouhé až dlouhé, středně až vysoko nasazené. Je to pozdní odrůda s dlouho vegetační dobou 133 – 140 dní. Vysoký nárok na vlhkost v průběhu vegetace. Sklizeň je možno provádět dlouhodobějším intervalu, česatelnost je snížena díky hustému nasazení hlávek. Odrůda má zvýšené nároky na sušení kvůli nejstejněměrnému dorůstání hlávek. Výnos 1.8 – 2,5 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Jemná chmelová vůně. Odrůda pro druhé chmelení (Nesvadba et al. 2013).

Kazbek registrace proběhla v roce 2008. Odrůda s výběrem hybridního materiálu. V původu je ruský planý chmel. Mohutný vzrůst, válcovitý až kyjovitý tvar. Plodonosné pazochy jsou velmi dlouhé, nízko až středně vysoko nasazené. Je to pozdní odrůda s dlouhou vegetační dobou 131 – 141 dní. Dobrá česatelnost v delším časovém období. Výnos 2,1 – 3,0 tha^{-1} . Kořenité aroma. Vhodná odrůda pro druhé chmelení nebo studené chmelení (Nesvadba et al. 2013).

Bohemie odrůda získána výběrem z potomstva po mateční odrůdě Sládek a z materiálu původem Žateckého poloraného červeňáku. Registrace byla provedena v roce 2010. Má mohutný vzrůst s válcovitým tvarem. Pazochy jsou středně dlouhé a středně vysoko posazené. Je to polopozdní odrůda s vegetační dobou 125 – 131 dní. Charakteristika pro odrůdu je dlouhá technická zralost. Odrůda je velmi dobře česatelná což přeje téměř nulovým ztrátám při mechanické sklizi chmele. Výnos 2,2 – 2,8 tha^{-1} . Aroma je slabě kořenité. Je to aromatická odrůda pro druhé chmelení (Nesvadba et al. 2013)

Harmonie je několikanásobným křížencem hybridního materiálu, který je přes polovinu v původu Žateckého poloraného červeňáku. Registrací prošla odrůda v roce 200č. Je to polopozdní odrůda s vegetací 128 – 132 dní. Velmi krátká technologická zralost (3-5 dní), po této době při strojní sklizni dochází k velmi vysokým ztrátám, kvůli rozpadu hlávek. Díky většímu olistění je ztížena česatelnost. Výnos odrůdy je 1,8 – 2,4 tha^{-1} . Aroma je kořenité, chemlové. Odrůda Harmonie je vhodná pro druhé chmelení (Nesvadba et al. 2013).

Bor byl získán výběrem z potomstva hybridní Norther Brewer. Semena byla ozářena na gama poli. Jako hybridní genotyp byl pod názvem Bor registrován v roce 2004. Rostlina s mohutným vzrůstem a pravidelným válcovitým tvarem. Plodonosné pazochy jsou středně dlouhé a středně vysoko nasazené. Je to polozpodní odrůda s vegetační dobou 130 – 135 dní. Vzhledem k náchylnosti k přezrávání je vhodné provádět zraolost v krátkém časovém úseku v době technologické zralosti. Výnos je 1,7 – 2,3 tha^{-1} . Aroma je příjemné chmelové. Bor je hořká odrůda pro druhé chmelení tzv. „dual purpose“ (Nesvadba et al. 2013).

Premiant získal název dle českého dvanáctistupňového piva, které je typické svou plnou chutí a hořkostí. Vznikl křížením hybridního potomstva Žateckého červeňáku. Registrací prošel v roce 1996. Má válcovitý vzrůst a mohutný tvar. Pro odrůdu je typický znak tvorba pozochů druhého řádu, které vyrůstají z úžlabí révového listu a plodonosného pazochu prvního řádu. Je to polopozdní odrůda s vegetační dobou 128 – 134 dní. Nutná sklizeň v kratším časovém období v době technologické zralosti, kvůli náchylnosti k rozlepení hlávek, česatelnost je vyhovující. Výnos 1,8 – 2,5 tha^{-1} . Aroma je příjemné chmelové. Odrůda hořká „dual purpose“ pro druhé chmelení (Nesvadba et al. 2013).

Rubín získán výběrem z potomstva odrůdy Bor a samčí rostliny, která je křížencem původem z Žateckého červeňáku. Rostlina je mohutného válcovitého tvaru. Rubín je pozdní odrůda s vegetační dobou 134 – 140 dní. Sklizeň za kratší časový interval, kvůli možnému rozplevení hlávek. Česatelnost je středně dobrá. Výnos 1,8 – 2,5 tha^{-1} . Aroma je kořenité až hrubě kořenité, po uplynutí doby technické zralosti může hlávka vykazovat sirné stopy. Je to

následek vysokého obsahu siličných složek selinenů. Rubín je hořkou odrůdou „dual purpose“ vhodná pro druhé chmelení (Nesvadba et al. 2013).

Agnus odrůda pojmenována na počes českého šlechtitele Františka Beránka, získána výběrem z hybridního potomstva odrůd Sládek m Bor, Žatecký poloraný červeňák, Northern Brewer, Fuggle a další. Rok registrace je 2001. Odrůda je středně mohutného vzrůstu a pravidelného válcovitého tvaru. Pazochy jsou středně dlouhé až dlouhé, středně vysoko nasazené. Je to polopozdní odrůda s vegetací 132 – 138 dní. U této odrůdy je zvýšený nárok na hnojení dusíkem a dostatečnou vlhkost v průběhu vegetace. Možno provádět sklizeň v delším časovém období, při mechanické sklizni je velmi dobrá česatelnost. Výno je 1,5 – 2,0 tha^{-1} . Aroma má vysokou intenzitu, je chmelové až kořenité. Agnus je hořká odrůda „dual purpose“ vhodná na první a druhé chmelení (Nesvadba et al. 2013).

Vital původem pro tuto odrůdu je matečná odrůda Agnus a rozpracovaný šlechtitelský materiál. Je to výsledek chmele, který byl šlechtěn pro farmaceutický a biomedicínální účely. Obsahuje složky, které mají příznivý vliv na lidský organismus. Registrace proběhla v roce 2008. Má středně mohutný vzrůst a pravidelný válcovitý tvar. Pazochy dlouhé až velmi dlouhé, středně až vysoko nasazené. Vital je pozdní odrůdou vegetační doba je 135 – 142 dní. Dlouhá doba technologické zralosti s možností sklizně v delším intervalu, česatelnost je velmi dobrá. Výnos 1,7 – 2,0 tha^{-1} . Aroma je kořenité, chmelové. Vital je hořkou odrůdou, pro první a druhé chmelení, „dual purpose“ (Nesvadba et al., 2013).

3.6 Certifikace a hodnocení chmele dle obsahových látek

Chmel jako komodita podléhající certifikaci, tuto certifikaci má na starosti Ústřední kontrolní a zkušební ústav (ÚKZUZ). Pod ÚKZUZ spadají tři známkovny chmele v České Republice – Žatec, Ústěk, Tršice. Certifikace chmele podléhá následujícím právním normám:

- Nařízení Komise (ES) č. 1850/2006, zahrnuje prováděcí pravidla pro certifikaci;
- Nařízení Rady (ES) č. 1234/2007, problematika společných zemědělských trhů;
- Zákon č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele;
- Prováděcí vyhláška č.325/2004 Sb., ochrana chmele.

Chmelové hlávky musí splňovat určité znaky jakosti. Minimální požadaky na kvalitativní znaky (Tabulka 1).

Tabulka 1: Minimální požadavky pro uvádění chmelových hlávek na trh. Zdroj: Nařízení Komise (ES) č. 1850/2006 (Krofta K., Hodnocení kvality chmele).

Vlastnosti	Popis	Maximální obsah (% hm.)	
		Upravený chmel	Neupravený chmel
a) Vlhkost	Obsah vody	12	14
b) Listy a stopky	Části listů z úponků, stopky listů nebo hlávek dlouhé nejméně 2,5 cm.	6	6
c) Chmelový odpad	Malé částičky tmavě zelené až černé barvy vzniklé při stroje sklizni, které obvykle nepocházejí z hlávky, částičky jiných odrůd chmele, než jsou odrůdy, pro které se vydají ověřovací listiny původu, mohou představovat až 2 % hmotnosti	3	4
d) Obsah pecek	Zralé plody hlávek	2	2

Certifikace chmele je rozdělena do dvou částí, označovací a ověřovací. Označovací fáze probíhá přímo u pěstitele. Sumarizace množství sklizeného chmele je na zodpovědnosti dané chmelnice. Fáze ověřovací probíhá ve zpracovatelských zařízeních, kde po celou dobu zpracování je na proces dohlíženo pracovníky ÚKZUZ. Na takto ověřený chmel lze vydat ověřovací listinu nebo-li certifikát (Krofta, 2008).

Hodnocení registrovaných odrůd chmele, slouží k identifikaci daných druhů. Identifikace je prováděna na základě chemických rozborů, popisných dat, genetických analýz. Popisná data jsou získána zejména vizuálním hodnocením v průběhu celé vegetační doby. Hodnotí se síla révy, délka pazochů, výška a hustota nasazení chmelových hlávek. Důležitým kvalitativním znakem chmele je obsah alfa a beta hořkých kyselin. Jsou to takzvané chmelové pryskyřice a patří z pivovarského hlediska k nejdůležitějším složkám chmele. Díky svým antiseptickým účinkům, které chmelové pryskyřice všeobecně obsahují, prodlužují trvanlivost piva. Alfa kyseliny jsou tvořeny směsí sedmi analogů humulonu, kde převládají kohumulon, humulon a adhumulon. Beta kyseliny jsou směsí analogů lupulonu. Za aroma jsou zodpovědné chmelové silice. Chmel obsahuje 0,5 – 3 % silic. Silice jsou obsaženy v lupuinových žlázách chmelové hlávky. Další obsahovou látkou chmele jsou polyfenoly. Jejich úloha je vznik lomu chmele při chmelovaru a tvorba zákalu po stočení piva. Nově také zjištěn podíl na antioxidačních účincích, chuti a sensorické stabilitě piva. Zachovat dobré hodnotící výsledky souvisí se

správným skladováním chmele. Skladováním dochází ke změnám, které ovlivní poměr chemického složení chmele. Je tedy velmi důležité dodržovat správné skladovací podmínky. Například ztráta alfa hořkých kyselin znamená velký ekonomický problém pro obchodování s množstvím čistých alfa hořkých kyselin (Nesvadba et al. 2013).

3.6.1 Obsahové látky

Pro praxi v pivovarnictví jsou důležité tři základní složky chmele, chmelové pryskyřice, polyfenoly a silice. Chmelová rostlina samozřejmě obsahuje i látky, které mohou kvalitu chmele ovlivnit i negativně (Prugar et al. 2008).

Pivovarnická hodnota chmele je závislá na obsahu pryskyřičných látek, silic a polyfenolů, které během zpracování chmele na finální produkt, prostupují do piva a dodávají mu tak autentickou chuť a vůni (Hough et al. 1982).

3.6.1.1 Chmelové pryskyřice

Chmelové pryskyřice jsou nejvýznamnějším ukazatelem kvality chmele. Specifické jsou pro chmel alfa a beta hořké kyseliny jsou to tzv. měkké pryskyřice, dále existují i tvrdé pryskyřice. Je to komplex špatně rozpustných vysoce nepolárních látek. Mají antiseptické účinky. Určují i kvalitu a chuť výsledného pivovarnického produktu. Pro pivovarnický průmysl jsou nejzásadnější alfa hořké kyseliny. Obsah těchto kyselin v rostlině je ovlivněn odrůdou a typem stanoviště. Tyto organické sloučeniny jednoduše oxidují a mají zastoupení v řadě chemických přeměn (Peacock, 1998).

Beta kyselin se v české produkci pohybuje okolo 3 – 10 %, poměrově alfa a beta kyseliny měly být v zastoupení 1 : 1,2-1,5. Alfa hořké kyseliny se skládají z kuumulonu a humulonu, beta hořké kyseliny se skládají z kolupulonu, lupulonu a adlupulonu, méně pak z prelupulonu a postlupulonu (Bamforth, 2010).

Podíl alfa hořkých kyselin je nejdůležitější ukazatel kvality, za obsah alfa hořkých kyselin je nejvíce zodpovědný průběh počasí během roku. Proto aktuální proměny klimatu způsobují značné výkyvy ve výnosu chmele (Engelhard, 2003). Alfa hořké kyseliny jsou hodoceny sensoricky jako sloučeniny bez chuti a zápachu. Považujeme ho tedy za nejdůležitější ukazatel kvality (Krofta, 2008). Obsah alfa hořkých kyselin je způsoben nedostatkem vody, jejíž deficit vede ke špatnému stavu rostlin. Optimální meteorologické podmínky podporují biosyntézu chmelových pryskyřic (Pavlovic, 2011).

3.6.1.2 Chmelové silice

Silice chmele je směs několika set přírodních látek s různým chemickým složením. Silice vytváří aroma chmele, které je pro chmel tak typické. Pro zjednodušení silice lze rozdělit do tří skupin, terpenické sloučeniny, kyslíkaté a sirné frakce. Pro žatecký chmel je typický vyšší obsah farnesenu (Nesvadba, 2013).

Aroma piva se dostává do finálního produktu díky rozpustnější kyslíkaté frakci. Jemné aromatické odrůdy dávají pivu jemné chmelové aroma. Aby nedošlo ke kompletní oddestilaci a byl zahochován obsah silic v pivovarnickém finálním výrobku, přidávají se až ke konci chmelovaru (Kosař a Procházka, 2000).

3.6.1.3 Chmelové třísloviny

Rostlinné látky tvořené v lupulinových žlázkách listenů chmelových hlávek. Jsou to rostlinné polyfenoly. Typické pro třísloviny je dobrá rozpustnost ve vodě a díky tomu jsou dobře prostupné do finálního produktu. Třísloviny lze pojmenovávat i jinými názvy jako jsou polyfenolové látky nebo flavonoidní látky fenolové kyseliny (Stevens, 2004).

Třísloviny fungují jako antioxidanty a oddalují tvorbu zákalů (McMurrough et al. 1993).

3.7 Produkční oblasti konvenčního pěstování chmele v ČR

V ČR jsou tři základní pěstitelské oblasti pěstování chmele. Jedná se o následující tři oblasti Žatecko, Úštěcko a Tršicko. Oblasti jsou přesně vymezeny dle zákona o ochraně chmele č. 68/2000 Sb. a vyhláškou Ministerstva zemědělství ČR č.318/2000 (Šnobl et al. 2004). Z těchto tří oblastí je největší oblast Žatecká, která má doposud největší plochy pro pěstování chmele (74,5 %), druhé místo zaujímá oblast Úštěcká s podílem 13 % na pestěbních plochách a třetí je oblast s nejmenší pěstební plochou chmele, a to oblast Tršická (12,4 %) (Hajšl, 2005).



Obrázek 1: Mapa chmelařských oblastí v ČR. Zdroj: <http://www.czhops.cz>

3.8 Ekonomika a trh chmele

ČR je mezi třemi největšími producenty chmele ve světě, s 9,5% zaujímá třetí místo po Německu (36,8 %) a USA (32,7 %). V rámci EU je druhým největším producentem chmele. Přes dvě třetiny produkce tuzemského chmele je určeno na export, hodnota vyváženého chmele dosahuje ročně úrovně 0,75 – 1 mld. Kč. Aktuální produkce chmele je ohrožena nejvíce věkovou strukturou chmelnic a zastaralou konstrukcí chmelni, zastaralými stroji a technologickými zařízeními. Skoro 24 % vrostlých chmelnic je starších 20 let a téměř 41 % chmelnic je starých 10 až 19 let. Chmelařský sektor má pro svůj obor specifické stroje a zařízení při sklizňových úpravách jelikož jsou využitelní jen v tomto konkrétním oboru jsou finančně velice náročné na údržbu (Chmel, 2014). Výnos chmele je rozdělen do tří prvků, které ho ovlivňují. Počet rév na hektar, který se pohybuje v počtu 14000 – 16000. Dalším parametrem je počet hlávek na rostlině a posledním hmotnost hlávek. Všechny tři prvky se navzájem ovlivňují, tím že předchozí prvek ovlivňuje prvek následující (Šnobl, 2004).

Prodej a zpracování chmele předepisuje tržní řád chmele, který je smlouvou mezi Svazem pěstitelů chmele ČR a Uníí obchodníků a zpracovatelů chmele, jejímž cílem je docílení co nejvíce rovných podmínek na domácím trhu při nákupu chmele, dále zajištění dlouhodobého odbytu českého chmele za rentabilní ceny a vytvoření rovnováhy trhu chmele mezi nabídkou a poptávkou. Dále určuje i kvalitativní znaky odrůd na trhu s chmelem pro vztah pěstitele a obchodníka. Dle tohoto ustanovení je prodejce chmele povinen písemnou formou potvrdit termín a sortiment chemického ošetření chmele kupujícímu v daných partiích chmele. Nicméně v současnosti jsou interně určována kvalitativní kritéria pro nákup chmele přímo od pěstitelů obchodními organizacemi (Krofta, 2008). Množství surovin v chmelařském průmyslu je

ovlivněn výší sklizně chmele a soustavou pěstovných odrůd. Povoleno je pouze obchod s certifikovaným chmelem dle nařízení Rady ES 1234/2007 o společné organizaci zemědělských trhů (Peterová, 2010). Bez rozsáhlé obnovy chmelnic nelze dosáhnout vyšších hektarových výnosů, což je cílem pěstitelů při snaze zlepšit svoji ekonomickou situaci (Altová, 2009).

3.8.1 Hodnocení vlivu počasí na ekonomický vývoje chmele v letech 2010 – 2018

Rok 2010 – V roce 2010 bylo dlouhé chladné a deštivé jaro. Průměrná teplota v květnu byla 1,0 - 2,0 °C pod normálem teplot. V dalších měsících bylo dostatek srážek. Teplé počasí střídaly studené období. První polovina července roku 2010 byla nejteplejším měsícem. Výnos Žateckého červeňáku byl historicky nejvyšší 1,45 tha^{-1} . Díky tomu však cena na trhu snížila, byl to důsledek velké nabídky nejen z ČR, ale i okolních států a světa (Chmel, 2011).

Rok 2011 – Tento rok byl ovlivněn velmi nízkými zimními teplotami. I přesto, že ještě v květnu se objevily na počátku měsíce mrazy, způsobily minimální poškození. V letních měsících červenc a srpen došlo k vysokému počtu srážek. V srpnu však srážky nad průměrem a vichřice negativně ovlivnily chmel a napáchaly velké škody. Došlo ke ztrátě 150 ha chmele v Žatecké oblasti. Hodnota alfa hořkých kyselin byla 4,2 %. Což činilo o 1,2 % více než ve sklizni v roce 2010 (Chmel, 2012).

Rok 2012 – Termín finální sklizně byl lehce posunut díky dlouhé zimě v řádech několika dnů, maximálně jednoho týdne. Ceny na trhu chmele jsou nižší než na počátku 90. let, ale výrobní náklady se od té doby až zdvojnásobily. Cca 80 % českého chmele se vyváží do zahraničí. Nejvíce se vyveze do Japonska (více jak 25 %), dále Čína a Německo (Chmel, 2013).

Rok 2013 – Sklizňové plochy oproti roku 2012 klesly o 47 ha, nejvíce došlo k poklesu u odrůdy Premiant a to o 28 ha. K nejvyššímu poklesu ploch došlo na Žatecku (přes 40 ha), zbytek plochy si dělí zbylé dvě chmelařské oblasti. Termín sklizně byl opět posunut v řádu několika dní. Opět byla výsledná sklizeň ovlivněna srpnovou vichřicí a červnovými záplavami, které způsobily zaplavení některých chmelnic (Barborka, 2013).

Rok 2014 - Sklizňová plocha chmelnic v ČR vykazovala meziroční nárůst ploch o 430 ha, což řadíme k historicky nejvyšším. V roce 2014 činila pěstitelská plocha podle ÚKZÚZ 4 460 ha. Byly zrušeny chmelnice přestárlé, přemokřené a tím málo výnosné. Díky tomuto kroku roční výnos vzrostl na 1,39 tha^{-1} oproti roku 2013 (1,29 tha^{-1}) (Chmel, 2014).

Rok 2015 - Rok 2015 byl ve znamení nárůstu produkce i ploch, plochy dosáhly urovně 4622 ha. Majoritní odrůdou zůstává Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ), v roce 2015 meteorologické podmínky ovlivnili sklizeň negativně. ČR je řazena stále mezi největší producenty chmele, mezi

největší producenty řadíme v roce 2015 USA (35 764 t), Německo (28 337 t) a Českou republikou (4 843 t) (Chmel, 2015).

Rok 2016 - V předchozích 7 letech byl každý rok export českého piva rekordní. Každý po sobě jdoucí rok byl vždy export překonán. Největšími odběrateli zůstávají Slovensko, Německo a Polsko. Dovoz piva do České republiky je na nejnižší úrovni v Evropě. Rok 2016 byl ve znamení nárůstu produkce i ploch. Sklizeň chmele v ČR dosáhla v tomto roce celkem 7 712 t, to je meziroční nárůst o 59,2 %, a lze ji zhodnotit jako velmi dobrou. Výnos byl historicky na nejvyšších úrovních. Závěr vegetačního období vyžrávání chmele srážkově o teplotně optimální (Chmel, 2016).

Rok 2017 – Majoritní plochu chmelnic nadále zaujíma ŽPČ. Žatecká chmelařská oblast má největší zastoupení plochy, ve které se chmel pěstuje na 3 815 hektarech, což je 77 % výměry chmelnic v ČR. Úštěcká oblast s 530 hektary sklizňové plochy je na druhém místě a činí 11 % chmelnic. Na Tršicku je chmel pěstován na 600 hektarech (12 % plochy v ČR) (Chmel, 2017). Počasí tento rok výrazně ovlivnilo výnos chmele. V oblasti Tršické spadlo minimálně srážek. A ve zbylých dvou oblastech byly nejdůležitější srážky zaznamenány pro konci sklizně. Což využili zejména pozdější hybridní odrůdy a projevilo se to tak výrazným navýšením výnosu. Celkově se tedy výnos snížil na 1,34 t ha⁻¹. A vyěstováno bylo o 683,4 t méně oproti roku 2016 (Chmel, 2016).

Rok 2018 - ČR v roce 2018 je stále třetím největším producentem chmele ve světě. Nicméně ročník 2018 v ČR s celkovou produkcí chmele 5 126,42 t a průměrným výnosem 1,02 t ha⁻¹ se projevil jako jeden z nejnižších. V porovnání s rokem 2017 dochází ke snížení o 1 670,37 t, což meziročně znamená o 24,58 %. Velmi malý úhrn srážek a vysoké teploty jsou příčinou podprůměrné úrody chmele ve všech chmelařských oblastech ČR. Jarní teploty byly nadprůměrné a významným způsobem urychlily vegetaci. Letní měsíce byly takřka bez srážek a s velmi tropickými teplotami což rostlině neprospívá (Chmel, 2018).

3.9 Ekologické zemědělství

Ekologické zemědělství je definováno zákonem č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství. Ekologičtí zemědělci se snaží zemědělství vést tak aby bylo dodrženo stálého rozvoje a zachování kulturní krajiny a osídlenosti venkova. Biopotraviny jsou produktem Ekologického zemědělství a jsou jedním z prostředků trvale udržitelného rozvoje. Ekologické zemědělství dbá na životní prostředí a eliminuje využívání postupů a látek, které by mohly vést

k ohrožení nebo kontaminaci prostředí. Snahou je využívat pouze tradiční prostředky jak pro živočišnou tak pro rostlinnou produkci (Šarapatka a Urban, 2005).

3.9.1 Ekologické pěstovní chmele

Tak jako pro jiné pěstované rostlinné druhy je v ekologickém zemědělství prioritou kvalita nad kvantitou narozdíl od konvenčního zemědělství. Biochmel je od konvenční produkce odlišen certifikací, znamená to, že se jedná o chmel vypěstovaný na kontrolované ploše bez použití chemických prostředků na ochranu rostlin a průmyslových hnojiv (Cheml, 2012). Chmel v ekologickém zemědělství se začal pěstovat v 80. letech 20. století v sousedním Bavorsku. Ke kultivaci porostu je využíváno speciálních kultivačních porostů a jiných užitečných organismů. Díky takové starosti o půdu lze dosáhnout lepší rezistence rostliny proti škůdcům a chorobám. V ekologickém pěstování lze využívat pouze látky schválené pro ekologické zemědělství. Největšími producenty biochmele v Evropě je Německo, Anglie a Belgie (Ježek et al. 2012)

V ČR se biochmel začal pěstovat v roce 2009. Avšak první „biochmel“ v ČR byl vyprodukován v rámci spolupráce mezi Výzkumným ústavem chmelařským a Entomologickým ústavem ČSAV v letech 1983 a 1985, při této akci se poarilo vypěstovat na experimentální chmelnici o rozloze 0,9 ha chmel bez použití pesticidů (Růžička et al. 1988). Již v roce 1994 v časopise Chmelařství uveřejnilo Ministerstvo zemědělství České Republiky výzvu k ekologickému pěstování chmele, kde měl být impuls získané zkušenosti s biofarmem právě v Německu. I přesto, že Ministerstvo zemědělství nabízelo zprostředkování odbytu suroviny se nenašel žádný zájemce z řad zemědělců (Zídek, 1994).

Aktuálně je v České republice pěstování biochmele řešeno jako projekt „České biopivo“. V budoucnu je s biopivem počítáno jako s produktem s velkým marketingovým potenciálem. Aktuálně tedy plochy biochmelnic každoročně dosahují pouze 11 ha s mírně proměnlivými výnosy. Nelze tak úplně zhodnotit klimatický vliv aktuálních podmínek v ČR, vzhledem k nedostatku dat. Tyto plochy jsou využívány k výše zmíněnému projektu. Konkrétní plochy, výnosy a dotační podpora EU v programu PRV viz příloha 1 – Pěstování biochmele v ČR 2012 – 2018.

3.9.2 Sklizeň a certifikace biochmele

Před zpracování biochmele je důležitá hygiena linky, která chmel zpracovává. Technologická linka se musí vyčistit od konvenční sklizně. Toto optření platí pro všechny fáze

zpracovní, sušení, balení i zpracování na finální chmelové výrobky. Od roku 2011 je jako zpracovatel registrováno chmelařské družstvo Žatec. Družstvo je dohledatelné v databázi, výrobce biopotravin pro předmět „11.05 Výroba piva“ (Ministerstvo zemědělství, 2012a).

Certifikaci chmele tvoří systém státní autority a pověřené autority. Státní autoritou je Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Certifikace je složena ze dvou stupňů. Provádí se označení u pěstitele, kdy proběhne zvážení a balení do hranolů a opatří štítkem, hranoly jsou o hmotnosti cca 50 kg, štítek obsahuje informace o dané odrůdě, roku, identifikačního kód a katastrálním území. Následně se zavede do „Prohlášení producenta“. Ověřování probíhá pod dohledem kontrolorů ÚKZÚZ dohlíží na výrobní proces. Balení následně označí ověřovací značkou, evidenčním číslem a plombou. Pokud jde chmel do zahraničí přísluší mu i certifikát (Krofta, 2008). Certifikační a kontrolní organizace provádí pověřenou autoritu, na základě toho, s kým má producent smlouvu o certifikaci a inspekci. Tímto výkonem jsou v ČR pověřeny následující organizace (Ježek et al., 2012): (i) ABCERT AG, organizační složka se sídlem v Jihlavě, kód: CZ-BIO-ABCERT-02; (ii) Biokont CZ, s. r. o. se sídlem v Brně, kód: CZ-BIOKONT-03 a (iii) KEZ o. p. s. se sídlem v Chrudimi, kód: CZ-BIO-KEZ-01.

4 Materiál a metody

4.1 Základní informace o pěstitelských oblastech

V České Republice jsou tři základní oblasti pěstování chmele, Žatecko, Úštěcko a Tršicko.

Oblast Žatec – největší plochy pro pěstování. Oblast se rokládá na katastrálním území Lounska, Rakovnicka, Kladenska a Chomutovska. největší ze tří jmenovaných oblastí, povětrnostní podmínky jsou ovlivněny zastíněním Krušných hor, Doupovskými vrchy a Českým středohořím, tzn. mírný úhrn srážek, oblast s mírnými teplotami. Celkově suchá oblast. Roční průměrná teplota 8,5 °C. Dvě známé oblasti a to Údolí Zlatého potoka a Podlesí. Kombinace průměrných srážek, půdních podmínek a nadmořské výšky chmelnic 200 – 500 m n.m. a světelných podmínek během vegetace činí tuto oblast jedinečnou. Úhrn srážek 425 až 475 mm, který se řadí v této oblasti k nejnižším má část Poohří, část Údolí Zlatého potoka a mikroregion Zlonice, Šlapanice, Vraný, Pálec a Vrbičany. O něco lépe na tom je Rakovnicko a Podlesí se srážkovým výsledkem 475 až 525 mm. Srážkově nejpřívětivější je mikroregion Kroučová, Řevničov, Mšec, Milý, Srbeč a Mšecké Žehrovice, kde je průměrný úhrn srážek za rok 525 až 575 mm.

Oblast Úštěcká - Litomeřice, Mělník, Česká Lípa. Nižší nadmořská výška než oblast Žatecka, tím pádem vyšší průměrná roční teplota, celkově vyšší úhrn srážek a spíše rovinatá krajina (Šnobl, 2004). Tato oblast je s nejvyššími průměrnými teplotami. To se odráží i na průměrných ročních srážkách, které jsou nižší. Oblasti s nejméně srážkami a nejvyššími průměrnými teplotami jsou povodí řek Vltavy, Labe a Ohře. Roční úhrn srážek zde činí 425 – 525 mm. Kam patří Malešov a Chotiněves, 575 – 625 mm Lukov, Úštěk, Liběšice, Soběnice a Ostré, 625 – 675 mm Blížedly a Kravaře.

Oblast Tršicka – Mírně teplá klimatická oblast vhodná k zemědělské produkci. V západní oblasti je pásmo s úrnem srážek 475 – 575 mm a 525 – 575 mm, dále směrem na východ jsou další srážkově rozmanitá pásma 575-625 mm, 625-675 mm a 725- 775 mm. Srážkově nejvíce bohaty je mikroregion na severovýchodě, kde roční srážky dosahují 775 – 825 mm (Krofta, 2010).

4.2 Charakteristika odrůd vybraných pro testování

Jako hlavní hodnocená odrůda byl v této diplomové práci použita odrůda Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ). Odrůda, která byla v České Republice jedinou pěstovanou odrůdou až do poloviny 90. let 20. století. Jedná se o středně ranou odrůdu s vegetační dobou 122-128 dní. Sklizeň je možné provádět v delším období, při mechanické sklizni má dobrou česatelnost. Výnos u této odrůdy je 0,8-1,5 t.ha. Aroma hlávek je s jemnou chmelovou vůní. **Sládek** je výběr z hybridního potomstva, kde se v původu objevuje odrůda Northern Brewer a Žatecký poloraný červeňák. Pod názvem Sládek registrován od roku 1994. Jedná se o pozdní odrůdu s vyšším výnosem. Střední hodnota obsahu alfa hořkých kyselin dle získaných dat je kolem 7 %. **Bor** byl získán výběrem z potomstva hybridní Northern Brewer. Jako hybridní genotyp byl pod názvem Bor registrován v roce 2004. Bor je hořká odrůda s průměrným obsahem, dle získaných dat, alfa hořkých kyselin 8 %, nižším výnosem. Tradiční chmel se světovou proslulostí (Nesvadba et al. 2013).

4.3 Shromáždění dat a vytvoření databáze

Základním úkolem kapitoly této diplomové práce je provést základní statistické zhodnocení získaných dat z našich tří chmelařských oblastí a zhodnotit proměnlivost výnosů vzhledem k počasí v daných letech kdy došlo k vyšším výkyvům ve výnosnosti chmele (Tabulka 2). V této části diplomové práce jsou zpracována data získaná z více či méně dostupných zdrojů Českého statistického úřadu (ČSÚ), Ústředního kontrolního a zkušebního úřadu zemědělského (ÚKZÚZ), Chmelařského institutu v Žatci a dále velice důležitých výročních zpráv pro chmel a pivo Ministerstva zemědělství. Starší data zejména před rokem 2000 jsou čerpány především z archivu ÚKZÚZ a Žateckého chmelařského institutu. Získaná data popisují plochy a výnosy chmele v České Republice letech 1920 – 2018 pro Žatecký poloraný červeňák a hybridní odrůdy. Dále práce obsahuje získaná data a porovnání ploch a výnosů ŽPČ a hybridních odrůd v oblasti Žatecké, Ústěcké a Tršické v letech 1992 – 2018. V kapitole jsou také zpracovány hodnoty alfa hořkých kyselin v letech 1967 – 2018 Žateckého poloraného červeňáku a hybridních odrůd Bor a Sládek v letech 1979 – 2018, u odrůdy Bor jsou získaná data pouze do roku 2012, kdy musely být poslední plochy na Žatecku zrušeny, díky nepříznivým podmínkám zimního období, kdy porosty nepřežily. Data jsou získána z archivu chmelařského institutu v Žatci. Obsah alfa hořkých kyselin je porovnáván v procentech.

Tabulka 2: Získaná data - výnosy, plochy, alfa kyseliny ve sledovaných oblastech a obdobích.

	ŽPČ a hybridní odrůdy	ŽPČ	Bor	Sládek
Výnosy celá ČR [t/ha]	1920 - 2018			
Výnosy dle oblastí [t/ha]	1992 - 2018			
Obsah alfa kyselin [%]		1967 - 2018	1979 – 2012	1979 - 2018
Obsah alfa kyselin dle oblastí [%]		1994 - 2018		
Plochy ČR [ha]	1920 - 2018			
Plochy dle oblastí [ha]	1992 - 2018			

4.4 Statistické zhodnocení dat

K zpracování této části práce bylo pracováno s daty v programu MS Excel, zde byly provedeny základní statistické výpočty za pomoci základních statistických funkcí procesoru MS a excel a vytvořeny grafy s trendy. Jako statistické charakteristiky byli v práci použity funkce střední hodnoty, směrodatné odchytky, maxima, minima a variačního koeficientu.

Do stupních údajů byly použity jak produkční, tak kvalitativní parametry (plochy [ha], průměrné výnosy [t ha^{-1}] a obsah α - hořkých kyselin [%]). Směrodatná odchytky je míra vychýlení od průměru. V případě kladné odchytky jsou lepší podmínky pro dosažení produkce pro daný rok než byl očekávaný průměr, výnos je tedy vyšší než očekávaný trend. Naopak záporná odchytky poukazuje na nižší výsledky než bylo očekáváno. Minima a maxima poukazují na extrémní hodnoty v dané časové řadě v určitém roce. Variační koeficient vypovídá o relativním významu průměrné odchytky od průměru. Variační koeficient je poměr směrodatné odchytky a průměru udávaný v procentech. V našem šetření poukazuje na ztrátu výnosu vyjádřeno v procentech. Čím se variační koeficient blíží číslu 1 tedy 100% je ztráta vyšší (Tabulka 3).

Tabulka 3: Míra ztráty výnosu dle variačního koeficientu.

Variační koeficient [%]	
0 - 20%	nízká ztráta
21 - 40 %	středně nízká ztráta
41 - 60 %	střední ztráta
61 - 80 %	středně vysoká ztráta
81 - 100 %	vysoká ztráta

4.5 Srážkový a teplotní vývoj v průběhu vegetačního období chmele

V diplomové práci byl pro hodnocení vláhových a teplotních poměrů v průběhu vegetačního období chmele, duben až srpen, použit datový soubor z databáze katedry agroekologie a rostlinné produkce. Data byla poskytnuta za období v letech 1961 – 2018. Obsaženy byly data pro úhrny srážek v jednotlivých letech a jednotlivých měsících leden až prosinec (mm), data byla použita dále dle potřeby pouze pro vegetační období chmele. Dále pak úhrn % srážek od dlouhodobého průměru (DP %) pro roky 1961 – 2018. Průměrná teplota vzduchu byla využita z téže tabulky pro období 1961 – 2018 pro jednotlivé měsíce. Pro celkové hodnocení byla také k dispozici tabulka s teplotními odchylkami od průměru ve všech měsících v letech 1961 – 2018. Tyto data byla využita ke zpracování korelační a regresní analýzy, která určuje těsnost závislosti srážek a měsíčních teplot na výsledném výnosu a kvalitě porostu chmele vyznačujícím se obsahem α - hořkých kyselin. Pomocí agroklimatické charakteristiky můžeme určit, ve kterých letech se vyskytují nejvíce měsíce mimořádně suché, silně suché, suché, normální, vlhké, silně vlhké a mimořádně vlhké a zároveň silně ovlivňují výnos a kvalitu v nejdůležitějším období vegetace. Tyto charakteristiky se nazývají srážkové intervaly. K hodnocení byly k dispozici i intervaly teplotní, měsíce tedy můžeme rozřadit do mimořádně studených, velmi studených, studených, normálních, teplých, velmi teplých, mimořádně teplých.

4.6 Regresní analýza proměnlivosti výnosu a kvality

Statistické modely byly vytvořeny dle algoritmu na úseku meteorologie katedry agroekologie a rostlinné produkce (Potopová et al. 2020c). Pro analýzu vlivu různých faktorů na výnos byla použita metoda lineární regrese, jejímž výstupem jsou lineární modely ve tvaru:

$$Y_d = a + b \cdot t \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (1)$$

$$Y_d = a + b \cdot r \text{ (mm)} \quad (2)$$

kdy (a) vyjadřuje intercept neboli 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. Pro model regresní analýzy jsou použity úhrny srážek (r , mm) a průměrné teploty (t °C) pro celou ČR, pokud by bylo použito meteorologických dat pro konkrétní oblasti, musel by se použít k analýze jiný experimentální model.

K zhodnocení závislosti výnosových a kvalitativních parametrů bylo použito regresní analýzy. Byla hodnocena závislost výnosů a kvality v jednotlivých měsících vegetace (duben – srpen) chmele během datových period, na srážkových úhrnech a teplotních průměrech pro ČR. Pomocí korelačního Pearsonova koeficientu r , který udává těsnost vazby mezi odchylkami výnosu a kvality a odchylkami srážek a teplot. Kladné hodnoty r vykazují pozitivní vliv závislosti a záporné hodnoty r vykazují záporný vliv závislosti kvality a výnosu na srážkách a teplotách. Hodnoty se pohybují od - 1 do + 1. Hodnoty jsou hodnoceny následovně: slabá korelace (0,1 – 0,3), střední korelace (0,4 – 0,6), silná korelace (0,7 – 0,8) a velmi silná korelace (více jak 0,9). Hodnota R^2 je procentuální vyjádření vlivu teploty a srážek v daném měsíci na kvylitu a výnos. V případě, že hodnota b je kladná, tak tento vliv je pozitivní, v případě záporných hodnot vyazuje negativní vliv. Hladina významnosti p ilustruje, významnost tohoto statistického vlivu. Hranice určení významnosti je 0,05, kde v případě, že $p \leq 0,05$ jedná se o statisticky významný vztah a v případě kdy $p \geq 0,05$ jedná se o statisticky nevýznamný vztah. Závislost výnosů (tha^{-1}) je sledováno u ŽPČ na Žatecku v letech 1920 – 2018. Dále pak na Úštěcku a Tršicku v letech 1992 – 2018. Kvalita chmele, která je interpretována pomocí obsahu α - hořkých kyselin (%) je vyhodnocena pro roky 1994 – 2018 u ŽPČ v jednotlivých chmelařských oblastech v ČR, tedy pro Žatecko, Úštěcko a Tršicko. Analýza byla dále provedena u hybridních odrůd Bor a Sládek, kde byla získána data pro kvalitativní hodnocení chmele, dle obsahu α - hořkých kyselin (%). U odrůdy Bor bylo hodnoceno období v letech 1979 – 2012, data pro následující roky již nejsou k dispozici vzhledem ke zrušení porostů této odrůdy, kvůli nepříznivým meteorologickým podmínkám v zimním období. Odrůda Sládek je analyzována v letech 1979 – 2018.

5 Výsledky

5.1 Statistické zhodnocení ploch, výnosu a kvality chmele

V tabulce 4 je hodnocen vývoj ploch chmelnic ŽPČ a hybridních odrůd v období let 1992 – 2018 pro tři produkční oblasti ČR. Pro lepší orientaci jsou dále delší časové úseky rozdělny do dekád (1992 – 2000, 2001 – 2010 a 2011 – 2018). Nejvyšší maxima ploch chmelnic dosahuje první dekáda let 1992 – 2000 ve všech třech chmelařských oblastech. Oblast s největší plochou chmelnic je oblast Žatecká s rozlohou 7374 ha v roce 1998. S postupujícími lety dochází k celkovému poklesu ploch. Díky nadbytku této komodity na světových trzích a nepříznivým meteorologickým vlivům, jako jsou vysoké mrazy, sucha a povodně. Absolutního minima ploch chmelnic je dosaženo v roce 2013 v oblasti Žatecka (3358 ha) a Úštěcka (457 ha) a v roce 2012 v oblasti Tršické (500 ha). Na počátku zkoumaného období přesahují plochy chmelnic v celé ČR 10000 ha, konkrétně 10285 ha. Naopak poslední rok, z datového souboru, 2018 zaznamenává pokles oproti roku 1992 o víc jak 50% a celková plocha chmelnic, v ČR je pouze 5020 ha půdy chmelnic ŽPČ a hybridních odrůd. Nicméně od roku 2014 plochy začínají opět pozvolna stoupat v řádech několika desítek hektarů každý rok. Tento pozvolný nárůst je způsoben mimo jiné dotacemi.

Tabulka 4: Statistika ploch chmelnic [ha] v produkčních chmelařských oblastech ČR.

Základní statistika 1992 - 2018	Žatecko	Úštěcko	Tršicko
Střední hodnota	4867,07	846,15	731,59
Směrodatná odchylka	1553,06	441,16	198,81
Minimum	3358,00 (2013)	457,00 (2013)	500,00 (2012)
Maximum	7374,00 (1998)	1884,00 (1993)	1153,00 (1992)
Variační koeficient (v)	0,32	0,52	0,27
Základní statistika 1992 - 2000	Žatecko	Úštěcko	Tršicko
Střední hodnota	6753,78	1311,00	904,22
Směrodatná odchylka	1224,82	488,40	250,22
Minimum	4570,00 (1999)	691,00 (1998)	510,00 (1998)
Maximum	7374,00 (1998)	1884,00 (1993)	1153,00 (1992)
Variační koeficient (v)	0,18	0,37	0,28
Základní statistika 2001 - 2010	Žatecko	Úštěcko	Tršicko
Střední hodnota	4196,30	705,10	713,60
Směrodatná odchylka	286,12	66,98	22,24
Minimum	3831,00 (2010)	637,00 (2010)	672,00 (2001)
Maximum	4587,00 (2002)	850,00 (2001)	742,00 (2002)
Variační koeficient (v)	0,07	0,09	0,03
Základní statistika 2011 - 2018	Žatecko	Úštěcko	Tršicko
Střední hodnota	3583,00	499,50	559,88
Směrodatná odchylka	187,58	30,61	46,24
Minimum	3358,00 (2013)	457,00 (2013)	500,00 (2012)
Maximum	3856,00 (2018)	535,00 (2018)	629,00 (2018)
Variační koeficient (v)	0,05	0,06	0,08

Maximum ploch chmelnic ŽPČ pro celou ČR bylo dosaženo v roce 1929. V roce 1929 bylo Československo největším producentem chmele na světě Tabulka 5 zabývá výnosem v letech 1920 – 2018 v celé ČR pro ŽPČ a hybridní odrůdy, dále pak je zpracován výnos ve třech konkrétních chmelařských oblastech Žatecko, Tršicko, Úštěcko v následující tabulce 5 střední hodnota výnosu pro celou ČR činí 0,92 t/ha, směrodatná odchylka pak 0,25 tha^{-1} . Variační koeficient vykazuje na středně nízkou ztrátu výnosu, přesněji 27 %. Nejnižšího výnosu bylo dosaženo v roce 1952, kdy hodnota byla 0,34 tha^{-1} . Tento rok byl ovlivněn zejména letními suchy a naopak. Maximálního výnosu bylo dosaženo v roce 2016, kde měsíc červenec byl

srážkově nadprůměrný a DP činil 146 %. Teploty v měsících červen a červenec byly dle hodnocení normality měsíců v intervalu teplý až silně teplý Dekáda s nejnižší hodnotou variačního koeficientu, tedy s nejnižší ztrátou výnosu spadá do let 1990 – 1999, kdy jeho hodnota činila 9 %, průměrný výnos činil 0,94 t/ha. Naopak dekáda 1920 – 1929 vykazuje vyšší hodnotu variačního koeficientu 34 % a střední hodnotu výnosu 0,73 tha^{-1} .

Tabulka 5: Statistika výnosů [tha^{-1}] 1920 – 2018 Žateckého poloraného červeňáku a extrémní dekády s ohledem na výsledek Varičního koeficientu.

Základní statistika [t/ha] 1920 - 2018	ČR 1920-2018	ČR 1920-1929	ČR 1990-1999
Střední hodnota	0,92	0,73	0,94
Směrodatná odchylka	0,25	0,25	0,09
Minimum	0,34 (1952)	0,38	0,83
Maximum	1,61(2016)	1,22	1,08
Variační koeficient (v)	0,27	0,34	0,09

Následující tabulka 6 je zaměřena na chmelařské oblasti v ČR v letech 1992 – 2018, dále rozdělena do dekad. Střední hodnota pro celou časovou řadu 1992 – 2018 má následující střední hodnoty: Žatecko 1,07 tha^{-1} , Úštěcko 1,18 tha^{-1} , Tršicko 1,32 tha^{-1} . Směrodatná odchylka je nejnižší v Úštěcké oblasti 0,20 naopak nejvyšší v oblasti Tršické 0,30. Variační koeficient za celkové období přesahuje 20 % v oblasti Tršické a to konkrétně 23 %. Řadí se tak do středně nízké ztráty. Nízkou míru ztráty vykazuje oblast Žatecka 0,20 a Úštěcka 0,17. Minimální výnosy byly zaznamenány v oblasti Žatecké v roce 2000, Úštěcké 1994 a Tršické 1993. Shodně nejvyšších výnosů bylo dosaženo v roce 2016 ve všech třech oblastech, na rozdíl od roku 2015, kdy došlo ke ztrátám kvůli nepříznivým klimatickým podmínkám. V roce 2016 bylo dosaženo velmi vysokých výnosů. A historicky došlo k nejvyšším výnosům oproti roku 2015. Meziročně došlo k 59,2 % nárůstu sklizených tun ve všech třech oblastech oproti roku předchozímu. Rok 2016 byl na závěr vegetačního období vegetačně optimální na úhrn srážek.

V rozdělení do dekad variační koeficient ve sledovaném období je vždy do 20%, nejnižší je v neceléděkadě 1992 – 2000, na Žatecku 11% , Tršicku a Úštěcku 14 %. Střední hodnota v tomto období činí pro Žatecko 0,90 tha^{-1} , Úštěcko 1,06 tha^{-1} a Tršicko 1,03 tha^{-1} .

Tabulka 6: Statistika výnosů [tha⁻¹] 1992 – 2018 a dekad Žateckého poloraného červeňáku.

Základní statistika (tha ⁻¹) 1992 - 2018	Žatecko	Úštěcko	Tršicko
Střední hodnota	1,07	1,18	1,32
Směrodatná odchylka	0,21	0,20	0,30
Minimum	0,76 (2000)	0,90 (1994)	0,78 (1993)
Maximum	1,57 (2016)	1,60 (2016)	1,92 (2016)
Variační koeficient (v)	0,20	0,17	0,23
Základní statistika (tha ⁻¹) 1992 - 2000	Žatecko	Úštěcko	Tršicko
Střední hodnota	0,90	1,06	1,03
Směrodatná odchylka	0,10	0,15	0,14
Minimum	0,76	0,90	0,78
Maximum	1,05	1,30	1,19
Variační koeficient (v)	0,11	0,14	0,14
Základní statistika (tha ⁻¹) 2001 - 2010	Žatecko	Úštěcko	Tršicko
Střední hodnota	1,10	1,20	1,49
Směrodatná odchylka	0,18	0,19	0,23
Minimum	0,86	0,96	0,99
Maximum	1,47	1,50	1,79
Variační koeficient (v)	0,17	0,16	0,15
Základní statistika (tha ⁻¹) 2011 - 2018	Žatecko	Úštěcko	Tršicko
Střední hodnota	1,21	1,30	1,43
Směrodatná odchylka	0,22	0,20	0,28
Minimum	0,96	1,03	1,02
Maximum	1,57	1,60	1,92
Variační koeficient (v)	0,18	0,15	0,20

V tabulce 7 je nejdelší časová řada obsahu α – hořkých kyselin v ŽPČ v Žatecké oblasti pro roky 1967 – 2018. Minimum obsahu bylo dosaženo v letech 1976, 1983 a 2006 kdy hodnota byla 2,30 %, naopak maximum kyselin bylo dosaženo v roce 1968, kdy obsah dosáhl hodnoty 6,80 %. Obsah α – hořkých kyselin je ovlivněn počasím těsně před sklizní, tedy v měsíci srpen. V roce 1968 byl srpen srážkově mírně nadprůměrný. Rok 1968 patří do první srovnávané dekadý. V tomto roce bylo dosaženo maxima obsahu α – hořkých kyselin. V následujících sledovaných dekadách se obsah kyselin pohybuje v rozmezí hodnot 4,1 % – 6,3 %. Minimální

hodnoty α – hořkých kyselin ve sledovaných letech se pohybují v rozmezí 2,3 – 4,8 %.

Tabulka 7: Statistika obsahu obsah α – hořkých kyselin ŽPČ [%] po dekádě v Žatecké oblasti 1967 – 2018.

Základní statistika	1967 - 2018	1967 - 1969	1970 - 1979	1980 - 1989
Střední hodnota	3,94	5,63	4,54	3,88
Směrodatná odchylka	1,00	1,04	1,25	0,98
Minimum	2,30 (1976)	4,80	2,30 (1976)	2,30 (1983)
Maximum	6,80 (1968)	6,80	6,30	5,20
Variační koeficient (v)	0,25	0,18	0,28	0,25
Základní statistika	1990 - 1999	2000 - 2009	2010 - 2018	
Střední hodnota	3,84	3,48	3,42	
Směrodatná odchylka	0,75	0,57	0,42	
Minimum	2,70	2,30 (2006)	2,70	
Maximum	5,10	4,10	4,10	
Variační koeficient (v)	0,20	0,16	0,12	

V tabulce 8 jsou obsaženy data obsahu α – hořkých kyselin ve dvou oblastech, Tršicko a Úštěcko pro ŽPČ. Pro tyto dvě oblasti byly data získány pro časové období 1994 – 2018. Minima byla dosažena v roce 1994 pro obě dvě oblasti, pro oblast Úštěckou 2 % a pro oblast Tršickou 2,30 %. Minimum obsahu α – hořkých kyselin neklesá pod 2 %, maxima v obou oblastech jsou v rozmezí 4 – 5 %. Z těchto dvou oblastí vychází s obsahem α – hořkých kyselin lépe oblast Tršická. Maximum pro oblast Úštěcka bylo dosaženo v roce 1996, v roce 2011 na Tršicku. V dekádách se pohybují minima i maxima na podobných úrovních. Variační koeficient činí 19% za období 1994 – 2018 na Úštěcku a 24 % pro Tršicko za stejné období.

Tabulka 8: Statistika obsahu obsah α – hořkých kyselin ŽPČ v Tršické a Úštěcké oblasti [%] 1994 – 2018.

	Úštěcko	Tršicko
Základní statistika	1994 - 2018	1994 - 2018
Střední hodnota	3,38	3,36
Směrodatná odchylka	0,63	0,79
Minimum	2,00 (1994)	2,30 (1994)
Maximum	4,50 (1996)	5,00 (2011)
Variační koeficient (v)	0,19	0,24
Základní statistika	1994 - 1999	1994 - 1999
Střední hodnota	3,42	3,55
Směrodatná odchylka	0,89	0,92
Minimum	2,00	2,30
Maximum	4,50	4,80
Variační koeficient (v)	0,26	0,26
Základní statistika	2000 - 2009	2000 - 2009
Střední hodnota	3,43	3,35
Směrodatná odchylka	0,57	0,75
Minimum	2,30	2,30
Maximum	4,10	4,50
Variační koeficient (v)	0,17	0,22
Základní statistika	2010 - 2018	2010 - 2018
Střední hodnota	3,31	3,29
Směrodatná odchylka	0,56	0,80
Minimum	2,60	2,50
Maximum	4,20	5,00
Variační koeficient (v)	0,17	0,24

V tabulce 9 je hodnocen obsah α – hořkých kyselin v hybridních odrůdách Bor a Sládek v období 1979 – 2018. Hybridní odrůdy jsou stabilnější v obsahu kyselin a také produktivnější než ŽPČ. U odrůdy Bor bylo minima dosaženo v roce 1998 kdy v nejdůležitějším období pro tvoření α – hořkých kyselin, v měsíci srpen, došlo k nižším úhrnům srážek na úrovni 60 % DP. U odrůdy Sládek k nejnižšímu obsahu kyselin došlo v roce 2018 (5,24 %), kdy v srpnovém termínu bylo srážek pouze 47 % DP a tak došlo ke špatnému vývoji chmelových hlávek a

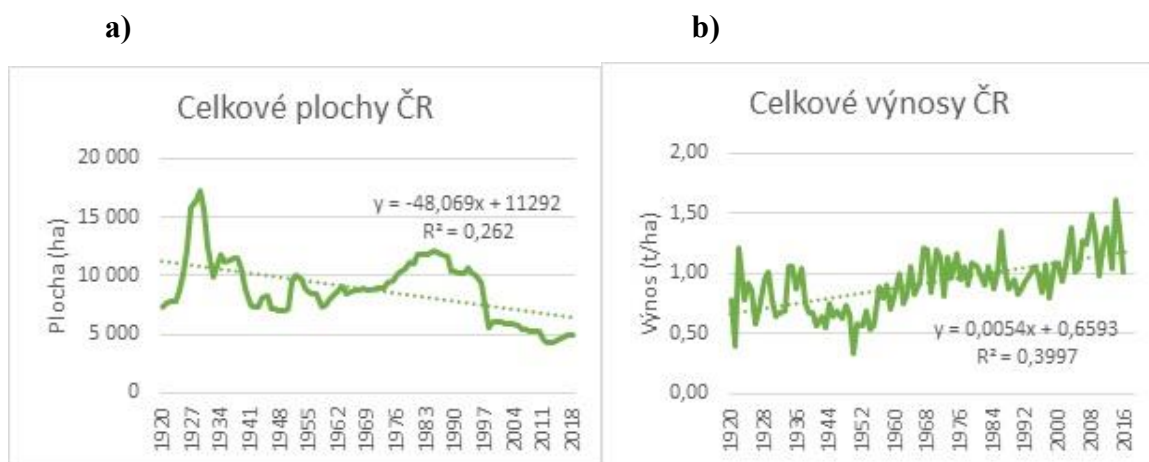
minima u odrůdy Bor v roce 1998 (5,5 %). Maxima pro odrůdu Bor bylo dosaženo v roce 1987 (13 %) a pro odrůdu Sládek v roce 1988 (11,2 %), kdy byly srážkové podmínky v období důležitém pro vývoj hlávek příznivé na srážkové úhrny a teplotu. Nejnižších hodnot variačního koeficientu dosahují obě odrůdy od roku 2000.

Tabulka 9: Statistika obsahu obsah α – hořkých kyselin hybridních odrůd Bor a Sládek v ČR [%] 1967 – 2018.

Základní statistika	Bor 1979 - 2012	Sládek 1979 - 2018
Střední hodnota	8,90	7,84
Směrodatná odchylka	1,85	1,61
Minimum	5,50 (1998)	5,24 (2018)
Maximum	13,00 (1987)	11,20 (1988)
Variační koeficient (v)	0,21	0,20
Základní statistika	Bor 1980 - 1989	Sládek 1980 - 1989
Střední hodnota	10,40	8,21
Směrodatná odchylka	1,83	2,09
Minimum	6,60	5,40
Maximum	13,00	11,20
Variační koeficient (v)	0,18	0,25
Základní statistika	Bor 1990 - 1999	Sládek 1990 - 1999
Střední hodnota	8,06	7,63
Směrodatná odchylka	1,69	1,91
Minimum	5,50	5,44
Maximum	11,30	11,00
Variační koeficient (v)	0,21	0,25
Základní statistika	Bor 2000 - 2009	Sládek 2000 - 2009
Střední hodnota	8,03	8,23
Směrodatná odchylka	1,29	1,08
Minimum	6,30	6,90
Maximum	10,20	9,80
Variační koeficient (v)	0,16	0,13
Základní statistika	Bor 2010 - 2012	Sládek 2010 - 2018
Střední hodnota	9,77	7,18
Směrodatná odchylka	1,08	1,13
Minimum	9,00	5,24
Maximum	11,00	9,00
Variační koeficient (v)	0,11	0,16

5.2 Zhodnocení trendu výnosnosti, kvality a produkce chmele v ČR

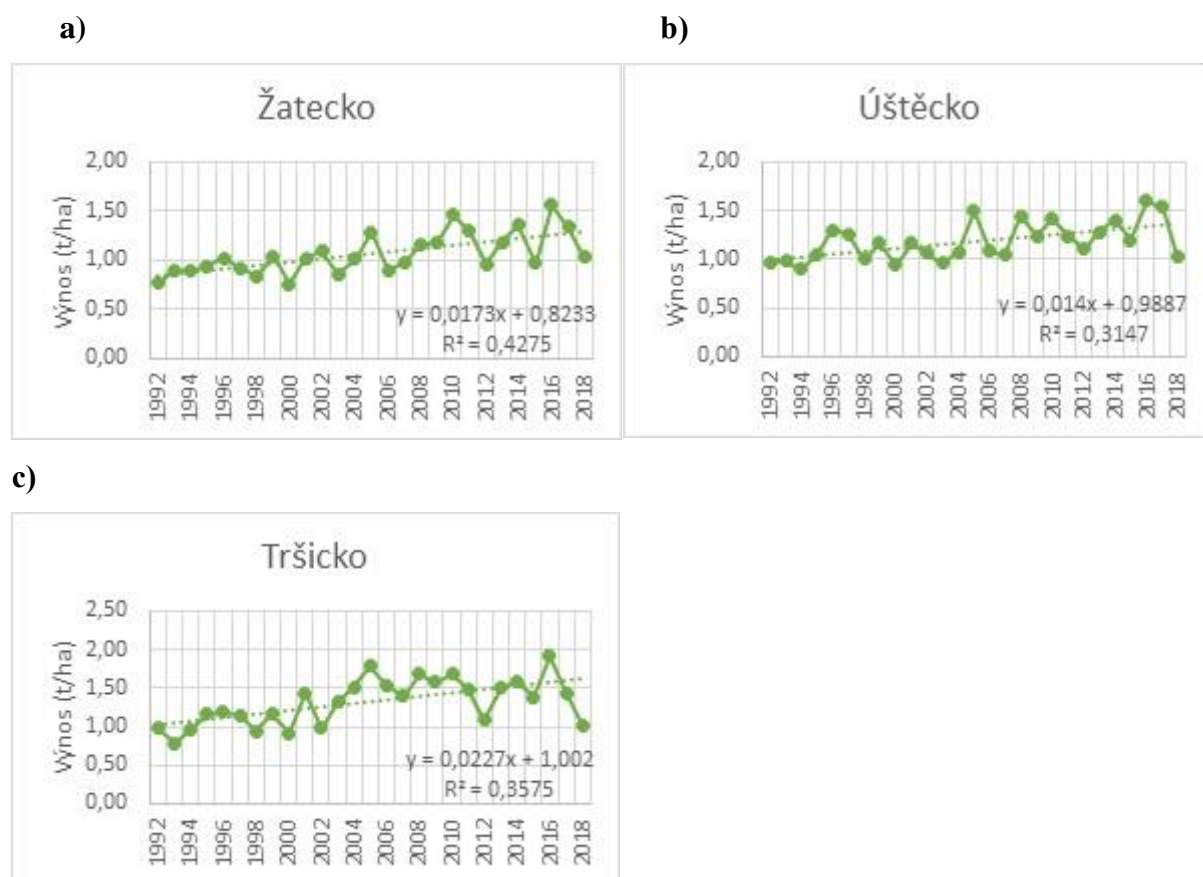
Celkový trend ukazuje, že plochy chmelnic od roku 1920 do roku 2018 klesají každoročně o 48,069 ha. Celkové výnosy chmelnic jsou kolísavé. Pro chmelnice je velice důležitý výběr stanoviště a správné zpracování půdy. Celovegetční péče o porost, mezi které patří regulace plevelů, jak chemická tak technická. Úrodnost chmele je velice ovlivněna vláhovými poměry půdy, takže velice záleží na srážkových podmínkách konkrétního roku. Nicméně trend výnosnosti chmele stále stoupá. Každoročně v průměru výnos stoupne o 0,0054 tha^{-1} . Za sledované období tedy stoupl výnos o 0,53 tha^{-1} a plochy chmelnic klesly o 4711 ha. Z grafů plyne, že produkce chmele v ČR roste. Toto je ovlivněno klimatickými podmínkami, agrotechnikou i vysokými biologickými nároky chmele na půdu. Důležitý v tomto ohledu je výběr pozemku a jeho následná úprava před samostným založením chmelnice. A následná péče o pozemek, při které je velmi důležité klást důraz na ničené plevelů jak mechanicky i chemicky. Na pozemcích je nutné také uvažovat práci se závlahami, které jsou doplňkem přirozených srážek.



Graf 1: (a) Trendy plochy chmelnic ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [ha] 1920 – 2018, (b) výnos ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [tha^{-1}] 1920 – 2018.

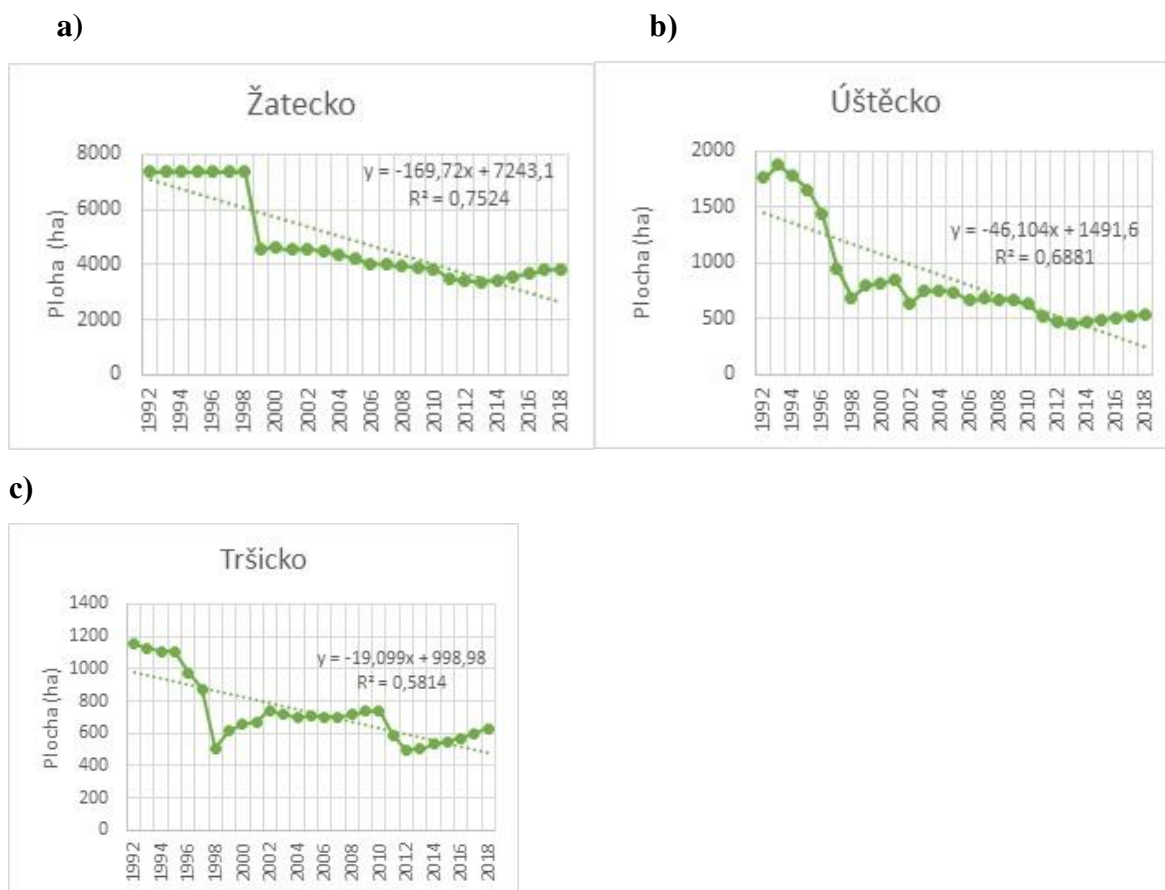
V grafech 2 jsou viditelné trendy vývoje výnosu v chmelařských oblastech v ČR v letech 1992 - 2018. Trend výnosu je ve všech oblastech stále kolísavý. Výnos chmele záleží na stáří chmelnice, klimatických podmínkách a agrotechnice. Ideální stáří pro chmelnici a její následná obměna je 10 – 12 let. Výnosovou stabilitu však výrazně ovlivňují klimatické podmínky. Dle ÚKZUZ je však chmelnic se sníženým výnosem tedy chmelnic starších kolem 30%. Tyto chmelnice se nejvíce vyskytují v Ústěcké oblasti. Neoptimálnější stáří porostu je v oblasti Tršické což i značí nejvyšší hodnota navýšení výnosu za celé období. V Žatecké oblasti

je meziroční růst od roku 1992 o $0,0173 \text{ t ha}^{-1}$, za celé sledované období 26 je tedy nárůst o $0,45 \text{ t ha}^{-1}$. V Oblasti Úštěcké $0,014 \text{ t ha}^{-1}$, za celé sledované období $0,36 \text{ t ha}^{-1}$. Oblast Tršická vykazuje růst $0,0227 \text{ t ha}^{-1}$, za celé období $0,60 \text{ t ha}^{-1}$.



Graf 2: (a) Výnos ŽPČ a hybridní udrůdy na Žatecku [t/ha] 1992 – 2018, (b) Výnos ŽPČ a hybridní udrůdy na Úštěcku [t/ha] 1992 – 2018, (c) výnos ŽPČ a hybridní udrůdy na Tršicku [t/ha] 1992 – 2018.

V grafu 3 je znázorněn trend poklesu ploch chmelnic v oblastech Žatecké, Tršické a Úštěcké od roku 1992 – 2018. Od roku 2014 dochází ve všech oblastech k mírnému vzestupu ploch chmelnic. Za což může podpora od státu dotacemi. Nicméně i když se dle trendu plochy chmelnic snižují, produkce dosahuje vyšších úrovní. Tento trend poklesu kopíruje vývoj na světových trzích, kdy pokles byl ovlivněn hlavně přebytkem chmele a tak byl trh nevyrovnaný a výkupní cena nebyla pro pěstitele rentabilní. Celkově tedy na Žatecku za celé sledované období klesly plochy chmele o 4413 ha oproti počátečnímu stavu. Na Úštěcku celkově plochy od roku 1992 klesly 1199 ha a na Tršicku o 497 ha. V porovnání s rokem 1992 nejvíce plochy klesly na Úštěcku a to až o 70 %. Na Žatecku a Tršicku plochy klesly shodně v průměru o 50 % za celé sledované období.



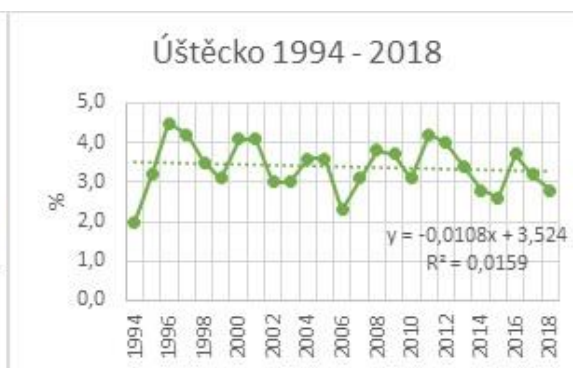
Graf 3: (a) Plochy chmelnic ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [ha] 1992 – 2018, (b) plochy chmelnic Ústěčko ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [ha] 1992 – 2018, (c) plochy chmelnic Tršicko ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [ha] 1992 – 2018.

V dalším grafu 4 je vidět proměnlivost obsahu alfa hořkých kyselin v odrůdě ŽPČ v ČR v letech 1967 – 2018 a chmelařských oblastech v ČR 1994 – 2018. Obsah kyselin není postižen poklesem výměry chmelnic a kvalita chmele je tedy stále vysoká. Rozbor obsahu kyselin je prováděn z chmelových hlávek cca 3 týdny před očekávanou sklizní ve vybraných lokalitách. Kvalitu chmele jak již bylo zmíněno ovlivňuje zejména stáří chmelnice než typ sadby ŽPČ. Proto se v posledních letech upouští trend standardní a ozdravné sadby.

a)



b)

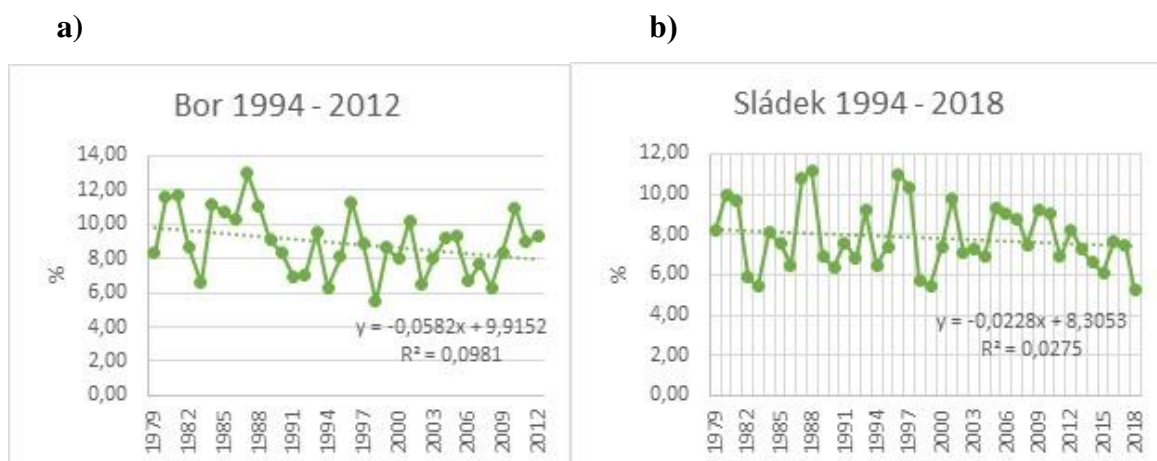


c)



Graf 4: (a) Proměnlivost obsahu α -hořkých kyselin [%] ŽPČ v ČR v letech 1967 – 2018, (b) proměnlivost obsahu α -hořkých kyselin [%] ŽPČ v Ústěcké oblasti v letech 1994 – 2018, (c) proměnlivost obsahu α -hořkých kyselin [%] ŽPČ v Tršické oblasti v letech 1994 – 2018.

V posledních grafech 5 je vidět proměnlivost obsahu kyselin v hybridních odrůdách Bor a Sládek. Bor byla v roce 2012 na Žatecku zrušena, kvůli špatným povětrnostním podmínkám, které měly fatální následky pro odrůdu. Pro odrůdu sládek jsou data zobrazena pro roky 1994 – 2018. V grafech je vidět velkých rozdílů co do obsahu kyselin, opět je to následek různého stáří porostu a meteorologické podmínky v měsíci srpen. V mladých porostech je obsah α – hořkých kyselin vyšší než v porostech starších. Hodnocení obsahu α – hořkých kyselin je prováděno stejným postupem jako u ŽPČ. Jak je v grafech 5 vidět v hybridních odrůdách je obsah kyselin poměrně vysoký v porovnání se ŽPČ.



Graf 5: (a) Proměnlivost obsahu α -hořkých kyselin [%] u odrůdy Bor v letech 1994 – 2012, (b) proměnlivost obsahu α -hořkých kyselin [%] u odrůdy Sládek v letech 1994 – 2018.

5.3 Regresní model pro hodnocení působení teploty vzduchu a srážek na výnos a kvalitu chmele v průběhu vegetace

Využití lineárního regresního modelu je vhodné v případě, kdy experimentátor potřebuje znát hodnoty neznámých parametrů, avšak je možné je odhadnout z funkčního vztahu s meteorologickým parametrem. Výstup ukazuje výsledky přizpůsobení lineárního modelu k popisu vztahu mezi výnosem v dané lokalitě, srážkami a teplotami ($Y_d = a + b \cdot t \text{ } ^\circ\text{C}$, $Y_d = a + b \cdot r(\text{mm})$). V tabulce 10 jsou znázorněny vztahy mezi výnosem, úhrnem stážek a teplotami ve třech sledovaných oblastech Žatecka, Úštěcka a Tršicka ve vegetčním období duben až srpen v letech 1992 - 2018. Z výsledků je patrné, že v květnu teplota negativně ovlivňuje výnos o 21,4 % ($-0,30 < r < -0,46$) oproti srážkám které působí příznivé na výnos a vysvětluje jeho nárůst o 15,9 % ($0,34 < r < 0,40$). Avšak vysoké teploty v srpnu vysvětlují ztrátu výnosu o 11,5 % ($-0,30 < r < -0,32$).

Tabulka 10: Parametry kvality modelu pro hodnocení vlivu teploty a srážek na výnos [tha⁻¹] chmele (lineární model $Y = a + b \cdot X$) pro ŽPČ v oblastech Žatecko, Úštěcko a Tršicko.

	a		b		r		R ²		p – hladina významnosti	
	konstanta		šikmost		t °C	r(mm)	t °C	r(mm)	t °C	r(mm)
	t °C	r(mm)	t °C	r(mm)						
Žatecko										
IV	1,006	1,008	0,007	0,002	0,06	0,15	0,3	2,1	0,78	0,48
V	1,742	0,872	-0,050	0,003	-0,30	0,34	8,9	11,4	0,13	0,09
VI	1,120	1,070	-0,003	9,0E-05	-0,02	0,01	0,0	0,0	0,93	0,96
VII	0,755	0,972	0,017	0,001	0,12	0,21	1,5	4,3	0,54	0,31
VIII	1,849	0,994	-0,044	0,001	-0,32	0,19	10,1	3,4	0,11	0,37
Úštěcko										
IV	1,372	1,057	-0,022	0,003	-0,19	0,30	3,4	9,0	0,36	0,14
V	1,937	1,053	-0,056	0,002	-0,35	0,24	12,4	5,8	0,07	0,24
VI	1,296	1,217	-0,007	-2,93E-04	-0,04	-0,04	0,2	0,1	0,84	0,85
VII	1,213	1,046	-0,002	0,002	-0,01	0,31	0,0	9,4	0,95	0,13
VIII	1,973	1,162	-0,044	4,15E-04	-0,34	0,08	11,5	0,6	0,08	0,72
Tršicko										
IV	1,371	1,193	-0,006	0,003	-0,03	0,20	0,1	4,0	0,87	0,33
V	2,821	0,979	-0,112	0,005	-0,46	0,40	21,4	15,9	0,02	0,04
VI	1,459	1,387	-0,008	-0,001	-0,03	-0,06	0,1	0,3	0,87	0,78
VII	0,568	1,269	0,041	0,001	0,21	0,09	4,4	0,7	0,30	0,67
VIII	2,381	1,267	-0,059	0,001	-0,30	0,10	9,1	1,0	0,13	0,63

V tabulce 11 jsou znázorněny vztahy mezi kvalitou (obsah α – hořkých kyselin), které se udávají v %, úhrnem srážek a teplotami ve třech sledovaných oblastech Žatecka, Úštěcka a Tršicka ve vegetčním období duben až srpen v letech 1994 - 2018. Analýza zobrazuje, že největší negativní vliv má teplota v měsíci červenec, výsledky dosahují u průměrných teplot ve všech třech oblastech střední až silné korelace ($r = -0,70$ - $0,87$ z $49,1$ - $75,8$ %). To znamená, že kvalita je velmi silně negativně ovlivněna vysokými teplotami až o 75,8 %. Pomocí modelu se podařilo ze 70,6 % vysvětlit kolísání obsahu α - hořkých kyselin v Žateckém červeňáku kvůli vysokých teplotám na Tršicku. Na Žatecku teplota ovlivňuje kvalitu až o 49,1 % na Úštěcku až o 75,8 %. Naopak, vztach mezi úhrnem srážek a kvalitou v měsíci červenec je kladný ve všech třech oblastech, Žatecko ($r = 0,56$ z $31,1$ %), Úštěcko ($r = 0,65$ z $42,4$ %) a Tršicko ($r = 0,54$ z $23,3$ %). Střední negativní vliv srážek na kvalitu je viditelný i v měsíci srpen v Tršické oblasti kde je ovlivněn o 17,6 %.

Tabulka 11: Parametry kvality modelu pro hodnocení vlivu teploty a srážek na kvalitu [%] chmele (lineární model $Y = a + b \cdot X$) pro ŽPČ v oblastech Žatecko, Úštěcko a Tršicko.

	a		b		r		R ²		p – hladina významnosti	
	konstanta		šikmost		t °C	r(mm)	t °C	r(mm)	t °C	r(mm)
	t °C	r(mm)	t °C	r(mm)						
Žatecko										
IV	4,250	3,470	-0,079	0,003	-0,22	0,10	4,8	0,9	0,29	0,65
V	4,251	3,507	-0,051	0,001	-0,10	0,06	1,0	0,3	0,63	0,79
VI	6,019	3,413	-0,148	0,002	-0,29	0,10	8,5	0,9	0,16	0,65
VII	8,837	2,786	-0,286	0,009	-0,70	0,56	49,1	31,1	1,00E-04	4,60E-03
VIII	4,939	3,808	-0,077	-0,003	-0,18	-0,15	3,2	2,4	0,40	0,47
Úštěcko										
IV	3,546	3,475	-0,019	-0,001	-0,06	-0,03	0,3	0,1	0,80	0,91
V	2,846	3,659	0,040	-0,003	0,08	-0,13	0,6	1,7	0,70	0,54
VI	4,990	3,219	-0,097	0,003	-0,19	0,12	3,2	1,4	0,36	0,58
VII	9,978	2,543	-0,358	0,010	-0,87	0,65	75,8	42,4	0,00	6,00E-04
VIII	4,124	3,759	-0,041	-0,004	-0,10	-0,26	0,9	6,9	0,65	0,22
Tršicko										
IV	3,471	3,446	-0,013	-0,001	-0,03	-0,03	0,1	0,1	0,89	0,91
V	4,024	3,741	-0,050	-0,005	-0,08	-0,15	0,6	2,3	0,71	0,48
VI	5,823	3,183	-0,149	0,003	-0,23	0,08	5,3	0,7	0,27	0,69
VII	11,396	2,379	-0,436	0,011	-0,84	0,54	70,6	23,3	0,00	0,01
VIII	4,350	4,092	-0,056	-0,009	-0,10	-0,42	1,0	17,6	0,63	0,04

V tabulce 12 jsou znázorněny vztahy mezi kvalitou (obsah α – hořkých kyselin), které se udávají v %, úhrnem srážek a teplotami u odrůd Bor a Sládek ve vegetčním období duben až srpen. Pro odrůdu Bor v letech 1979 – 2012 a dále pro odrůdu Sládek v letech 1979 – 2018. U těchto dvou odrůd můžeme sledovat negativní ovlivnění teplotami zejména v měsících červen, červenec, srpen – odrůda Bor a v měsících červenec a srpen – odrůda Sládek. Nejdůležitějším měsícem pro ovlivnění kvality je měsíc červenec kdy dochází k dozrávání hlávek a částečně počátek srpna, avšak měsíc srpen je hlavní sklizňový měsíc. Teplota ovlivňuje kvalitu těchto dvou odrůd středně silně, vyjádřeno v procentech pro odrůdu Bor – červen 24,7 %, červenec 23,6 %, srpen 20 %. Odrůda Sládek vykazuje nižší ovlivnění v měsíci červenec 12,9 % a v srpnu 16,9 % negativní ovlivnění teplotou. Hladina významnosti ve všech těchto měsících dosahuje nižších hodnot než 0,05 a tak je zde vykázan statisticky významný vztah. Dále jsme zjistili, že míra záporné závislosti mezi kvalitou chmele a teplotou vzduchu roste od dubna do srpna, kdy koeficient korelace dosahoval hodnoty od $r = -0,24$ do $r = -0,50$, což vysvětluje ztrátu kvality chmele o 24,7 %.

Srážky ovlivňují v tomto modelu výslednou kvalitu středně silně, r nabývá kladných hodnot a tak i ovlivnění kvality je pozitivní. Kvalita je úhrnem srážek příznivě ovlivněna v měsíci

červenec u obou odrůd. U odrůdy Bor vykazuje 14 % ($r=0,37$ z 14,0 %) ovlivnění kvality úhrnem srážek u odrůdy Sládek je ovlivnění 28,5 %.

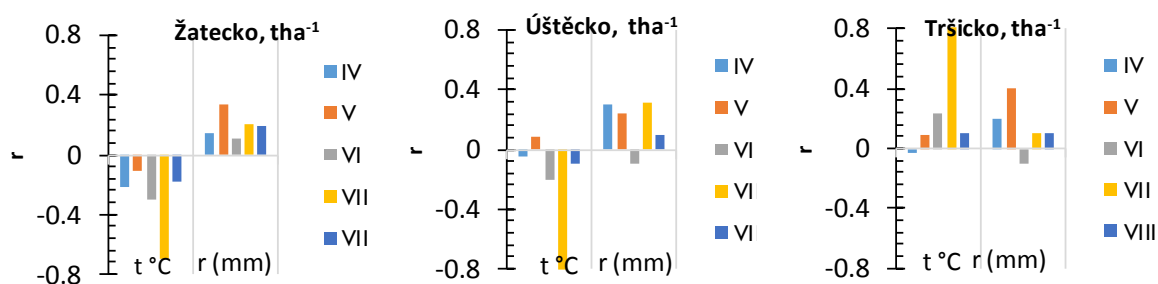
Tabulka 12: Parametry kvality modelu pro hodnocení vlivu teploty a srážek na kvalitu [%] chmele (lineární model $Y = a + b \cdot X$) pro odrůdy Bor a Sládek.

	a		b		r		R ²		p – hladina významnosti	
	konstanta		šikmost		t °C	r(mm)	t °C	r(mm)	t °C	r(mm)
	t °C	r(mm)	t °C	r(mm)						
Bor										
IV	11,023	9,013	-0,271	-0,003	-0,24	-0,03	5,8	0,1	0,17	0,89
V	13,214	7,330	-0,331	0,024	-0,27	0,32	7,2	10,2	0,13	0,07
VI	19,454	8,695	-0,663	2,5E-03	-0,50	0,03	24,7	0,1	2,80E-03	0,87
VII	18,340	7,194	-0,534	0,019	-0,49	0,37	23,6	14,0	3,60E-03	0,03
VIII	20,029	8,892	-0,644	6,6E-05	-0,45	0,00	20,0	0,0	0,01	0,99
Sládek										
IV	9,817	7,776	-0,247	0,002	-0,27	0,02	7,1	0,0	0,10	0,92
V	10,666	7,109	-0,216	0,011	-0,20	0,17	4,0	3,0	0,21	0,29
VI	11,884	7,184	-0,252	0,008	-0,21	0,12	4,5	1,4	0,19	0,47
VII	14,030	5,816	-0,346	0,023	-0,36	0,53	12,9	28,5	0,02	4,00E-04
VIII	15,640	7,373	-0,447	0,006	-0,41	0,12	16,9	1,5	0,01	0,45

5.4 Korelační analýza – znázornění vlivu úhrnu srážek a průměrných teplot na kvalitu a výnos chmele

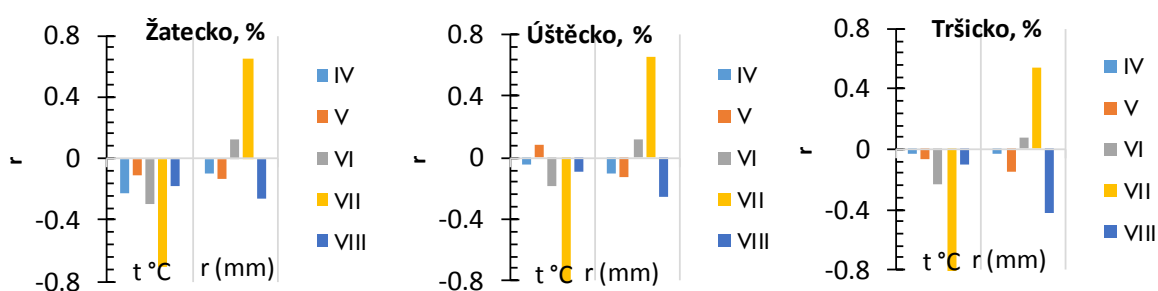
V této kapitole je graficky sumarizován směr pozitivní (kladná, přímá) nebo negativní (záporná, nepřímá) závislosti výnosů a kvality chmele vzhledem ke srážkám a teplotám v období duben až srpen. Největší snížení výnosu a kvality chmele je zaznamenáváno v letech s výrazně teplým a suchým létem, tedy konec vegetačního období (např. 1990, 2000, 2003, 2014, 2015 a 2018). Obr. 6 zobrazí závislost výnosů (tha^{-1}) ŽPČ na srážkových a teplotních podmínkách v průběhu vegetačního období chmele pro jednotlivé chmelařské oblasti. V oblasti žatecka je zpracováno období 1961 – 2018, pro oblast Úštěckou a Tršickou 1992 – 2018. V měsíci duben a květen dosahují výsledky kladných hodnot ve všech chmelařských oblastech pro srážkové úhrny. To vypovídá o pozitivním vlivu srážek na růst chmele. V oblasti Tršické a Úštěcké v měsíci červen vychází hodnota kladná, která udává pozitivní vliv úhrnu srážek na celkový výnos. Ve všech našich oblastech jsou důležité fáze, probíhající v letních měsících. V oblastech nabývá r kladných hodnot a srážky tak mají pozitivní vliv na celkový výnos chmele.

Dle korelační analýzy vliv teplot na chmel negativně ovlivňuje výnos v měsíci červenec na Žatecku a Úštěcku silněji než úhrn srážek. Naopak v oblasti Tršické je měsíc červenec ovlivněn teplotami velice kladně, r dosahuje hodnot pro středně silnou korelaci.



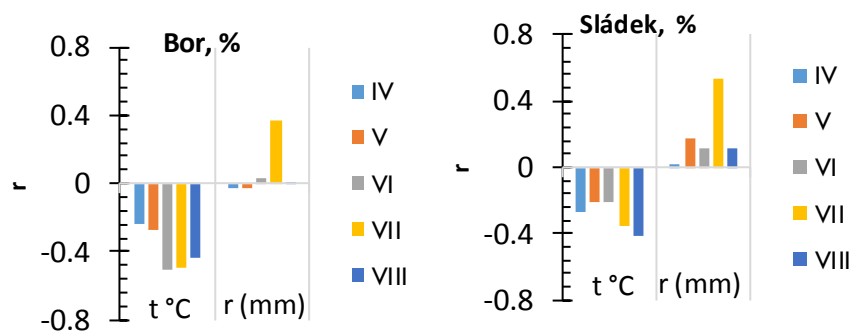
Graf 6: Korelační analýza výnosů [tha⁻¹] v chmelařských oblastech v období duben – srpen pro ŽPČ.

V Obr. 7, který zaznamenává období 1967 - 2018 v oblasti Žatecka a 1994 – 2018 v oblasti Tršické a Ústěcké, je viditelné že negativně ovlivňují teploty kvalitativní znaky (obsah α -hořkých kyselin) u ŽPČ zejména v měsíci červenec, který je pro obsah těchto látek nejdůležitější, nejvyšší hodnoty r dosahují až $-0,87$ v oblasti Ústěcké a Tršické, kde je tedy zřejmé velmi silné negativní ovlivnění výsledného obsahu α -hořkých kyselin v návaznosti na teplotní stav. Dostatečné srážkové poměry opět ovlivňují pozitivně chmel v měsících červen a červenec. Velmi lehce negativní vliv má úhrn srážek v měsících duben a květen ve všech třech chmelařských oblastech ČR. Slabě pozitivně srážkový úhrn ovlivňuje všechny oblasti v měsíci červenec, který je pro obsah α -hořkých kyselin významný.



Graf 7: Korelační analýza kvality [%] v chmelařských oblastech v období duben – srpen pro ŽPČ.

Pro odrůdy Bor (1979 – 2012) a Sládek (1979 – 2018) je z grafu 8 nejvíce patrné negativní ovlivnění teplotami za celou vegetační dobu. Nejvyšších negativních hodnot $r = -0,50$ dosahuje korelační koeficient v měsících červen a červenec pro odrůdu Bor a $-0,41$ v měsíci srpen pro odrůdu Sládek. Naopak velmi kladně působí srážkové úhrny na konci vegetačního období pro obě odrůdy a čím více se blíží ke sklizni korelační koeficient vykazuje vyšší míru pozitivního ovlivnění (až $r = 0,53$).



Graf 8: Korelační analýza kvality [%] odrůd Bor a Sládek v období duben – srpen.

6 Diskuze

V této části práce je představen výnos a kvalita chmele v závislosti na výsledcích a zjištěních z předchozích kapitol. Zároveň se snaží objasnit závislost kvality a výnosu ve zkoumané časové řadě a v dekadách, kdy došlo k výraznějším odchylkám od průměru ve sledovaných letech. Jak je prokázáno (např. Možný et al. 2009; Potop 2016; Potopová et al. 2019, Potopová et al. 2020c, Donner et al. 2020), teplota vzduchu má prakticky největší vliv na kvalitu chmele a úhrn srážek na výnos a růst chmele ze všech stanovištních a agrotechnických faktorů. Čeští biometeorologové analyzovali dopad vyšších teplot na kvalitu látek, obsažených v chmelu pro výrobu piva. Analýzy jednoznačně potvrdily, že vyšší teploty jsou spojeny s poklesem kvality (Potopová et al. 2020a; Potopová 2020b). Nejvíce meteorologických extrémních podmínek se začalo vyskytovat především až v 90. letech 20. století a počátkem 21. století se tento trend začal stupňovat ještě více. Jak již bylo zmíněno obsah α – hořkých kyselin je každoročně proměnlivý a závislý na povětrnostních podmínkách vegetačního období. Bilanci obsahu α – hořkých kyselin nemá pěstitel v podstatě možnost nijak ovlivnit. Příkladem tohoto tvrzení lze uvést roky 2010 a 2016, kdy v roce 2010 bylo dlouhé chladné a deštivé jaro. Průměrná teplota v květnu byla 1,0 - 2,0 °C pod normálem teplot. Avšak v následujících měsících bylo dostatek srážek a polovina července roku 2010 byla nejteplejším měsícem. Výnos ŽPČ byl historicky doposud nejvyšší. V roce 2016 lze sklizeň považovat také za velmi dobrou. Výnos byl historicky na nejvyšších úrovních. Závěr vegetačního období byl pro vyzrání chmele srážkově o teplotně optimální. Naopak v roce 2018 byl velmi malý úhrn srážek a extrémně vysoké teploty v důležitých obdobích vegetačního období což mělo za následek podprůměrnou úrodu chmele ve všech chmelařských oblastech ČR. Jarní teploty byly nadprůměrné a významným způsobem urychlily vegetaci. Letní měsíce byly bez srážek a s velmi tropickými teplotami. V práci se ukazuje, že hybridní odrůdy reagují na povětrnostní podmínky odlišně, kvůli delší vegetační době odrůd. Proto bychom si při výberu stanoviště pro takové odrůdy měli dát záležet se zajištěním dostatečné možnosti doplňkové závlahy.

Cílem získání nejvyššího výnosu a kvality chmelové hlávky je také vysoce závislé na výběru odrůdy a využití maximálního potencionálu rostliny vzhledem k podmínkám prostředí. Proto bylo v minulosti věnováno spousta výzkumů fyziologii chmelové rostliny, v případě této práce především Žateckému poloranému červeňáku. Bylo zjištěno, že velmi nízké extrémy v zimních měsících nepůsobí poškození na chmelových rostlinách ŽPČ. Tyto extrémy v oblasti Žatecké byly v rozmezí -11 do -35 °C a nedošlo k poškození chmelových rostlin. Také uvádějí, že poškozný porost může být pouze mladý nově vysazený. A to poukazují, že při těchto

extrémních teplotách a zimách dochází k výraznému poškození ozimých plodin. A naopak chmelnice těmto extrémům paradoxně odolávají. V dalších letech se problému věnuje také Vráblík (2013), který toto tvrzení také podporuje a poukazuje na silné mrazy v druhé polovině 20. století. Kdy například v letech 1985 a 1986 byly naměřeny v průměru nižší únorové odchylky od ostatních let a ani tak nedošlo k výraznějšímu poškození chmelnic. Výraznější mrazy se v posledních sledovaných letech objevily v zimě 2011 a 2012. V těchto letech nedošlo ani k poškození roslin révy, která je paradoxně na minimální teplotní extrémy v zimním období více choulostivá a teplotním zimním extrémům neodolává. Jako větší problém je potvrzeno, že větší ztráta byla způsobena suchem v podzimním období a tak půda nebyla připravena na jarní růst, který je velice náročný na obsah živin v půdě. Stále se potvrzující trend globálního oteplování v následujících letech nahrává pěstování vinné révy, pro kterou jsou vyhovující spíše teplejší a sušší podmínky.

Problematikou vysokých letních teplot posledních let se musí pěstitelé také zabývat, je tedy důležité efektivně měnit podmínky pro růst chmele v extrémních plusových teplotách. Jako efektivní způsob lze považovat použití podplodin na chmelnicích. Nejedná, že při vysokých teplotách pozitivně ovlivňuje klima na chmelnici díky zvyšování vlhkosti a následně snižuje i celkovou teplotu chmelových rostlin. Což je pozorováno od teplot 28 °C a výše, vlhkost se může zvýšit až o 16 % v některých případech i více. Druhou výhodou podplodiny oproti černému úhoru je schopnost podplodin na sebe vázat větší množství hmyzu a dravých roztočů, kteří v případě nakažení chmelové rostliny škůdcem jako je mšice nebo sviluška, mohou rychleji a efektivněji zasáhnout a celkově podplodina vytváří rozmanitější biodiverzitu. Setí podplodin je tedy způsob ochrany jak pěstovat chmelovou rostlinu bez použití pesticidů a splňovat tak jednu z podmínek pěstování v ekologickém režimu. Toto opatření má díky podpoře fotosyntetické aktivity rostliny, za následek vyšší hodnoty α -hořkých kyselin a celkovou hmotnost sklizených hlávek. Tento jev uvádí Hluchý et al. (2008), který potvrzuje, že díky podplodině ve vinici došlo ke zvýšení fotosyntézy až o 40 %, což bylo následkem zvýšení relativní vlhkosti vzduchu o 20 % a snížení teploty rostliny o 1,3 °C. Pěstování podplodin, působí pozitivně nejen z hlediska zlepšování teplotních podmínek chmelnice, ale také pomáhá k odvodňování chmelnic ve velmi vlhkých letech jako tomu bylo v roce 2010 a 2013, pomáhá tak i zemědělské technice, která má pak snadnější průjezd ne tak zamokřenou půdou. Naopak v suchých letech zasrhuje v půdě vlhkost.

Klimatický průběh roku tedy výrazně ovlivní průběh vegetace a celkově potřebný způsob ošetřování a ochrany chmelnic. Neméně tak ovlivní potřebu zásahů do porostu.

Výstupem je pak celkový výnos a kvalita chmele. Samozřejmě nejdůležitější je pak výsledek v podobě vyrobeného piva a chmelových produktů.

Sucho je pro růst chmele jeden z hlavních stresorů. V současnosti jsou zpracovávány modely a simulace vývoje sucha. Nelze je však brát jako jistý odraz budoucnosti. Růstové modely mají za úkol pracovat s variabilitou počasí na simulovaný růst (Potopová 2017a; Potopová et al, 2017b). Modelovou simulací meteorologických vlivů se zabývá například práce Potopové et al. (2018), ve své studii pracuje s charakteristikami sucha v 21. století. Zaměřuje se například na četnost suchých period a délku trvání suchých období v oblastech České republiky. Pro posouzení dopadů sucha bylo použito několika simulací a modelů v dané studii. Bylo zpracováno období od roku 1961 – 2100. Díky proměnným a výsledkům z uplynulých let, bylo zjištěno největší pravděpodobné zatížení suchem bude v letech 2071 – 2100. Dle Havlíka a Možného (1992) jsou důležité srážky i mimo vegetační období, úhrn srážek v zimním období ovlivní celkovou vláhovou kapacitu půdy.

Zásadním byl v blízké historii pěstování chmele rok 1994, kdy Krofta et al. (2010) poukazuje na registraci odrůd Bor a Sládek. Do té doby byla v ČR výhradně pěstována odrůda Žateckého poloraného červeňáku. Proto byly tyto dvě odrůdy použity ke zpracování datových řad v této diplomové práci. Krofta (2010) také zabíhá do problematiky přirozené rajonizace na našem území a popisuje tak vytvoření oblastí pěstování chmele v ČR.

Nicméně i tak je doposud nejvíce pěstovanou odrůdou Žatecký poloraný červeňák, který je zastoupen na největší ploše chmelnic, aktuálně má tedy v ČR majoritu. Tato odrůda v průběhu let vyhovovala klimatickým podmínkám ČR. Nicméně jak postupně dochází k meteorologickým změnám, bude na uvážení zda nezvolit i jinou odrůdovou skladbu chmele v našich zeměpisných šířkách. Tuto hypotézu ohledně vyhovujících podmínek pro ŽPČ na našem území potvrzuje i Kopecký (2008), toto tvrzení je podloženo délkou vegetační doby jednotlivých odrůd. Hybridy mívají vegetační dobu o něco delší, tím pádem je sklizeň lehce posunuta na pozdější termín oproti ŽPČ. Dle výsledků, různé odrůdy reagují odlišně na klimatické podmínky. V oblastech uspokojivé prosperity ŽPČ dobře reagují i hybridní odrůdy. Opačně to říci nelze. To by se mohlo projevit i v odrůdové skladbě v budoucnosti, bude-li se reálně uvažovat nad změnami klimatu, tak bude pravděpodobně nutné zvažovat přesun oblastí pěstování chmele, které by byly pro rostliny příznivější.

Alfa kyseliny jsou u ŽPČ hodnoceny a stanovovány již od roku 1981. Množství kyselin je uváděno v % hm. v sušině. Dle Zattlera a Jehla (1962) je hodnota alfa hořkých kyselin ovlivněna vyšším úhrnem srážek v letním období a nižšími teplotami, do svých zkoumání zahrnuje i množství slunečního svitu, který je pro obsah kyselin také důležitý.

V práci je také pracováno s ekonomikou českého chmele. Zásadní pro ekonomiku chmele je hlavně struktura stáří pěstovaných chmelnic. Za optimální stáří chmelnic se považuje 10 – 12 let, což představuje aktuálně 34,2 % a 24,6 % ploch chmele je starší více jako 20 let v roce 2018 (Chmel, 2018). Česká republika patří k největším a uznávaným pěstitelům chmele ve světě.

7 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá vztahem mezi výnosem a kvalitou chmele vzhledem k významným meteorologickým vlivům, působícím na růst chmelové rostliny v České Republice. Práce analyzuje dynamiku proměnlivosti obsahu α – hořkých kyselin, výnosů a produkčních ploch chmele v návaznosti na rizikové meteorologické faktory ve třech hlavních oblastech pěstování chmele v České Republice. Data o průměrných výnosech Bor, Sládek a žateckého červeňáku a obsahu α - hořkých kyselin pocházejí z oficiálních údajů od Svazu pěstitelů chmele a Chmelařského institutu z Žatce. Pro posouzení vlivu rizikových meteorologických faktorů na výnosy a obsah α - hořkých kyselin byl využit regresní model. Do statistického modelu vstupují obsah α – hořkých kyselin, výnos, teplota vzduchu a uhrn srážek. Pomocí jednoduchého lineárního modelu se podařilo vysvětlit pokles obsahu α - hořkých kyselin Žateckého červeňáku i pro obě odrůdy (Bor a Sladěk).

Závěrem této studie je třeba zdůraznit tyto výsledky:

- (i) V květnu teplota negativně ovlivňuje výnos žateckého červeňáku o 21,4 % ($-0,30 < r < -0,46$) oproti srážkám které působí příznivě na výnos a vysvětluje jeho nárůst o 15,9 % ($0,34 < r < 0,40$). Avšak vysoké teploty v srpnu vysvětlují ztrátu výnosu o 11,5 % ($-0,30 < r < -0,32$). Největší negativní vliv má teplota v měsíci červenec dosahují ve všech třech oblastech středních až silných korelace ($r = -0,70 - 0,87$).
- (ii) Pomocí modelu se podařilo ze 70,6 % vysvětlit kolísání obsahu α - hořkých kyselin v Žateckém červeňáku kvůli vysokým teplotám na Tršicku. Na Žatecku teplota ovlivňuje kvalitu až o 49,1 % na Úštěcku až o 75,8 %. Naopak, vztah mezi úhrnem srážek a kvalitou v měsíci červenec je kladný ve všech třech oblastech, Žatecko ($r = 0,56$ z 31,1 %), Úštěcko ($r = 0,65$ z 42,4 %) a Tršicko ($r = 0,54$ z 23,3 %). Střední negativní vliv srážek na kvalitu je viditelný i v měsíci srpen v Tršické oblasti kde je ovlivněn o 17,6 %.
- (iii) Nejvyšší negativní vliv dosahuje teplota vzduchu v měsících červen a červenec pro odrůdu Bor ($r = -0,50$) a v měsíci srpen pro odrůdu Sládek ($r = -0,41$). Naopak velmi kladně působí sražkové úhrny na konci vegetačního období pro obě odrůdy a čím více se blíží ke sklizni korelační koeficient vykazuje vyšší míru pozitivního ovlivnění (až $r = 0,53$).

Výsledky přinesly informace ohledně ovlivnění kvality a výnosu v jednotlivých vegetačních měsících chmele. Výsledky zpracování potvrzují ovlivnění obsahu α - hořkých kyselin v důsledku meteorologických podmínek. Aktuální rajonizace chmele v České

Republice se ukazuje dle výsledků, jako velmi choulostivá a do budoucna bude pravděpodobně nutné uvažovat buď o přesunu pěstebních míst chmele nebo o volbě jiných již existujících hybridních odrůdách s ohledem na klimatické změny, lze také zvažovat šlechtění nových odolnějších odrůd. Pravděpodobně bude do budoucna nutné uvažovat nad odrůdami, které jsou více pozitivně flexibilní ve výnosu při extrémních klimatických podmínkách, jako jsou vyšší teploty a nižší úhrn srážek.

Dosahovaný výnos a kvalita chmele ve zkoumaných časových řádách potvrzuje úzkou návaznost ovlivnění počasím ve vegetačním období, zásadním pro tvorbu obsahových látek. Jedná se především o srážky a teploty. I když byl zpracován poměrně obsáhlý datový soubor zahrnující poměrně dlouhé časové řady je těžké přesně interpretovat vliv povětrnostních podmínek na kvalitu a výnos chmele, jelikož každý ročník nereaguje stejně. Avšak je jasné, že nejvíce choulostivý měsíc z vegetačního období, který nejvíce ovlivňuje kvalitu a výnos chmele je červenec a částečně srpen. Tvorba α – hořkých kyselin si vyžaduje vyšší teploty, nicméně dlouhotrvající extrémně vysoké teploty v letním období mohou mít naopak negativní vliv na výnos a kvalitu. Z výsledků mohu tuto hypotézu potvrdit. Vysoký úhrn srážek ke konci vegetačního období způsobuje snížení výsledné kvality a výnosu.

Pro následující roky by se pěstitelé chmele v České Republice měli zejména zaměřit na obnovu stárnoucích chmelnic. Jelikož až čtvrtina chmelnic je aktuálně staších 20 let, je tedy u konce své produktivní životnosti. Dále pak by se měli zabývat výběrem vhodných odrůd odolávajícím aktuálním klimatickým podmínkám, aby bylo dosahováno stále co nejlepších výnosů a kvalit chmele v České Republice a udrželi si tak celosvětový post top pěstitelů chmele. Jako další doporučení by mohla pro pěstitele být stoupající tendence poptávky po produktech v biokvalitě a tak by se i jejich kroky mohly ubírat tímto trendem.

8 Literatura

- Altová M et al. 2009. Chmel, pivo. Situační a výhledová zpráva. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.
- Barborka V. 2013. České chmelařství v přehledech ÚKZUZ, Chmelařská ročenka. VÚPS, Praha.
- Bamforth CW. 2010. Beer Health and Nutrition. Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company, Oxford.
- Basařová G, Hlaváček I, Basař P, Hlaváček J. 2011. České pivo. Havlíček Brain Team, Praha.
- Čepička J, Karabín M. 2002. Polyphenolic compounds of beer natural antioxidants, *Chemické listy* **96**: 90-95.
- Donner P, Pokorný J, Ježek J, Krofta K, Patzak J, Pulkrábek J. 2020. Influence of weather conditions, irrigation and plant age on yield and alpha-acids content of Czech hop. *Plant Soil Environ.* **66**: 41-46.
- Engelhard B. 2003. Omega instead of alpha: Record heat wave in summer 2003. *Hopfen Rundschau* **03 (04)**: 34-35.
- Gent DH et al. 2014. Crop damage caused by powdery mildew on hop and its relationship to late season management, *Plant pathology*. 3rd ed. Wiley-blackwell, USA.
- Havlík V, Možný M. 1992. Vliv počasí na vývoj chmele v obou hlavních chmelařských oblastech. *Chmelařství* **3**: 20 – 21.
- Hejtnák V, Hnilička F, Hniličková H, Kořen J. 2004. The recovery effect from virus diseases of hop plant (*Humulus lupulus* L.) on their gas exchange, leaf area and yield formation. **496**: 601–608.
- Hluchý M, Ackermann P, Zacharda M, Laštůvka Z, Bagar M, Jetmarová E, Vanek G, Szöke L, Plíšek B. 2008. Ochrana ovocných dřevin a révy v ekologické a integrované produkci. Biocont Laboratory spol. s r.o., Brno.
- Horejšek J, Zich M. 1990. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. Hough JS, Briggs DE et al. 1982. Malting and brewing science. Springer, US.
- Izaurrealde RC, Rosenberg NJ, Brown RA, Thomson AM. 2003. Integrated assessment of Hadley Center (HadCM2) climate change impacts on agricultural productivity and irrigation water supply in the conterminous United States Part II. Regional agricultural production in 2030 and 2095. *Agric. For. Meteorol.* **117**: 97-122.
- Ježek J, Vostřel J, Krofta K, Klapal I. 2002. Ekologické pěstování chmele v České republice a ve světě. *Kvasný Prům.* **58 (10)**: 294–302.
- Kosař K, Procházka S. 2000. Technologie výroby sladu a piva. VÚPS, Praha.

- Krofta K. 2010. Metodika pro praxi. Rajonizace českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o., Žatec.
- Linhart J, Nesvadba V. 1994. Odrůdová skladba českého chmele. Chmelařství **6**: 69-76. ISSN 0373-403X.
- Matsui H, et al. 2013. The Influence of the Age of a Hop Plant on the Quality of Hop Aromas in Beer, Acta Horticulturae, III. International Humulus symposium, Belgium.
- McMurrough I, Madigan R, Madigan D. 1993. Colloidal stabilization of lager beer. In: Eur. Brew. Conv.: Proc. 24th Congress. IRL Press, Oxford.
- Mikulka J, Kazda J, Prokinová E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi Press, Praha.
- Možný M, Tolasz R, Nekovar J, Sparks T, Trnka M, Zalud Z. 2009. The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. Agricultural and Forest Meteorology **149(6-7)**: 913 – 919.
- Nesvadba V, Krofta K. 2008. Atlas českých odrůd chmele. Chmelařský institut, Žatec.
- Nesvadba V, Polončíková Z, Henychová A, Krofta K, Patzak J. 2012. Atlas českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o., Žatec.
- Nesvadba V. 2000. Rajonizace hybridních genotypů chmele. Výroční zpráva za rok 1999. Chmelařství **9-10**: 107-113.
- Nesvadba V et al. 2013. Vývoj a tradice českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o., Žatec.
- Neve R A., 1991. Hops. Springer, Netherlands.
- Pavlovic V et al. 2012. Environment and weather influence on quality and market value of hops. Plant Soil and Environment **58**: 155-160.
- Peacock V. 1998. Fundamentals of Hop Chemistry. MBAA technical Quarterly **1**: 4-8.
- Peterová J. 2010. Ekonomika výroby a zpracování zemědělských produktů. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Potop V. 2016. The impact of dry and wet events on the quality yield of Saaz hops in Czech hop growing regions. In Mendel and Bioclimatology 03.09.2014. Mendel University, Brno.
- Potopová V et al. 2019. Vulnerability of hop production due to compound climate events over Europe. In 21st EGU General Assembly. EGU2019 07.-12.4.2019, Vienna.
- Potopová V. 2020b. Kapitola 4: Změna klimatu a jeho ochrana jako priorita politické debaty. V monografii: Poláková, J., Potopová, V., Holec, J. Ochrana přírodních zdrojů v politice rozvoje venkova. Česká zemědělská univerzita v Praze. 174-207.

- Potopová V., Trnka M., Hamouz P., Soukup J., Castravet T. 2020c. Statistical modelling of drought-related yield losses using soil moisture-vegetation remote sensing and multiscale indices in the south-eastern Europe. *Agricultural Water Management* **20**: 30365-6. 236: 1-18.
- Potopová V. 2017a. Extrémní a rizikové meteorologické jevy a jejich dopady na zemědělskou produkci v podmínkách klimatické změny. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Potopová V, Zahradníček P, Türkott L, Štěpánek P, Farda A, Soukup J. 2017b. The impact of key adverse weather on the field-grown vegetable yield variability in the Czech Republic from 1961-2014. *Int Climatol.* **37(3)**: 1648-1664.
- Potopová V, Štěpánek P, Zahradníček P, Farda A, Türkott L, Soukup J. 2018. Projected changes in the evolution of drought on various timescales over the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. *Int. J. Climatol.* **38** (Suppl. 1): e939-e954.
- Prugar J et al. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Pulkrábek J et al. 2004. Speciální fytotechnika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra rostlinné výroby, Praha.
- Růžička Z, Vostřel J, Zelený J. 1988. Interaction between *Phorodon humuli* and indigenous predators in a pesticide untreated hop garden. *IOBC WPRS Bull.* **XI/5**: 64–72.
- Rybáček V. 1980. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Šarapka B, Urban J. 2005: Ekologické zemědělství (II. díl). PRO-BIO, Šumperk.
- Shephard HL, Parker JS, Darby P, Ainsworth CC. 2000. Sexual development and sex chromosomes in hop. *New Phytologist* **148(3)**: 397- 411.
- Slavík L, Kopecký J. 1997. Účinnost závlah chmele ve srážkově rozdílných ročnících. *Chmelařství* **1997 (4)**: 44-46.
- Stevens JF, Page JE. 2004. Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: to your good health. *Phytochemistry* **65**: 1317.
- Šnobl J et al. 2004. Rostlinná výroba IV. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Špaldon E et al. 1982. Rostlinná výroba. 1. vyd. Příroda, Bratislava.
- Šroller J et al. 1997. Speciální fytotechnika - rostlinná výroba. Vyd. 1. Ekopress s.r.o., Praha.
- Štranc J et al. 2008. Zpracování půdy ve chmelnicích. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Turner SF, Benedict CA, Darby H, Hoagland LA, Simonson P, Serrine JR, Murphy KM. 2011. Challenges and opportunities for organic hop production in the United States. *Agronomy Journal* **103/6**: 1645-1654.
- Vent L, Koub V. 1998. Provozní várky s českými odrůdami chmele, *Chmelařství* **6/98**: 78-79.

- Vent L, Fric V, Blatný C a kol. 1963. Hop Growing. SZN, Praha.
- Vent L, Vent J. 1999. Skupiny odrůd chmele a jejich uplatnění v pivovarském průmyslu. Kvasný průmysl **45**: 335.
- Vostřel J, Klapal I, Werschallová M. 2008. Metodika ochrany chmele. Chmelařský institut s.r.o., Žatec.
- Vrzalová J, Fric, V. 1994. Rostlinná výroba - IV: (přádné plodiny, chmel). Vyd. 1. Agronomická fakulta VŠZ, Praha.
- Zattler F, Jehl J. 1962. Über der Witterung auf Ertrag und Qualität des Hopfens in der Hallertau im Zeitabschnitt 1926 - 1961. Hopfen - Rundschau **13**: 61-64.
- Záruba V. 2002. Kapková závlaha. Sborník přednášek leden 2002.
- Zázvorka V, Zima F. 1956. Chmelařství. SZN, Praha.
- Zídek T. 1994. Ekologické pěstování chmele. Chmelařství **67 (3)**: 66.
- Zýbrt V. 2005. Velká kniha piva – vše o pivu. Olomouc, Rubico.

8.1 Internetové zdroje

- Český chmel – Tradice kvality. 2015. Historie pěstování chmele. czhops.cz, Český svaz pěstitelů chmele. Available from http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=58 (accessed August 2018).
- Hajšl J. 2005. Historie chmele na území České Republiky. Available from <http://chmelar.hajsl.cz/historie.php> (accessed October 2018).
- Chmelařský institut Žatec. 2012. Škudci chmele. Chmelařský institut Žatec s.r.o., Žatec. Available from <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=10&back=1> (accessed September 2018).
- Ministerstvo zemědělství. 2012a. Seznam výrobců biopotravin k 31. 12. 2011. eagri.cz, Praha 1. Available from <http://www.eagri.cz> (accessed February 2020).
- Ministerstvo zemědělství. 2010. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. eagri.cz, Praha 1. Available from http://eagri.cz/public/web/file/129275/CHMEL_8_2011.pdf (accessed January 2020).
- Ministerstvo zemědělství. 2011. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. eagri.cz, Praha 1. Available from http://eagri.cz/public/web/file/167425/Situacni_a_vyhledova_zprava_Chmel_2012.pdf (accessed January 2020).

Ministerstvo zemědělství. 2012. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. eagri.cz, Praha 1. Available from http://eagri.cz/public/web/file/283356/SVZ_Chmel_a_pivo_12_2013.pdf (accessed January 2020).

Ministerstvo zemědělství. 2013. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. eagri.cz, Praha 1. Available from http://eagri.cz/public/web/file/433497/SVZ_Chmel_2014.PDF (accessed January 2020).

Ministerstvo zemědělství. 2014. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. eagri.cz, Praha 1. Available from http://eagri.cz/public/web/file/443706/SVZ_Chmel_2015.pdf (accessed January 2020).

Ministerstvo zemědělství. 2015. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. eagri.cz, Praha 1. Available from http://eagri.cz/public/web/file/528792/SVZ_Chmel_12_2016.pdf (accessed January 2020).

Ministerstvo zemědělství. 2016. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. [eagri.cz, Praha 1. Available from http://eagri.cz/public/web/file/573080/SVZ_Chmel_2017.pdf (accessed January 2020).

Ministerstvo zemědělství. 2017. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. eagri.cz, Praha 1. Available from http://eagri.cz/public/web/file/618995/Chmel_2018_Web.pdf (accessed January 2020).

Ministerstvo zemědělství. 2018. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. [eagri.cz, Praha 1. Available from http://eagri.cz/public/web/file/643719/SVZ_Chmel_2019.pdf (accessed January 2020).

Nesvadba V. 2002. Humulus lupulus L. Svetpiva.cz. Available from http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/pdf/chmel.pdf (accessed November 2018).

Popotova V, Lhotka O, Možný M, Musiolková M. 2020. Vulnerability of hop yields due to compound drought and heat events over European key-hop regions. International Journal of Climatology. Available from <http://mc.manuscriptcentral.com/joc> (accessed April 2020)

9 Seznam tabulek, grafů a obrázků

Tabulky

Tabulka 1: Minimální požadavky pro uvádění chmelových hlávek na trh.....	23
Tabulka 2: Získaná data - výnosy, plochy, alfa kyseliny ve sledovaných oblastech a obdobích.	33
Tabulka 3: Míra ztráty výnosu dle variačního koeficientu.....	34
Tabulka 4: Statistika ploch chmelnic [ha] v produkčních chmelařských oblastech ČR.....	37
Tabulka 5: Statistika výnosů [tha^{-1}] 1920 – 2018 Žateckého poloraného červeňáku a extrémní dekady s ohledem na výsledek Varičního koeficientu.....	38
Tabulka 6: Statistika výnosů [tha^{-1}] 1992 – 2018 a dekád Žateckého poloraného červeňáku.	39
Tabulka 7: Statistika obsahu obsah α – hořkých kyselin ŽPČ [%] po dekadě v Žatecké oblasti 1967 – 2018.	40
Tabulka 8: Statistika obsahu obsah α – hořkých kyselin ŽPČ v Tršické a Úštěcké oblasti [%] 1994 – 2018.	41
Tabulka 9: Statistika obsahu obsah α – hořkých kyselin hybridních odrůd Bor a Sládek v ČR [%] 1967 – 2018.	43
Tabulka 10: Parametry kvality modelu pro hodnocení vlivu teploty a srážek na výnos [tha^{-1}] chmele (lineární model $Y = a + b \cdot X$) pro ŽPČ v oblastech Žatecko, Úštěcko a Tršicko.	49
Tabulka 11: Parametry kvality modelu pro hodnocení vlivu teploty a srážek na kvalitu [%] chmele (lineární model $Y = a + b \cdot X$) pro ŽPČ v oblastech Žatecko, Úštěcko a Tršicko.	50
Tabulka 12: Parametry kvality modelu pro hodnocení vlivu teploty a srážek na kvalitu [%] chmele (lineární model $Y = a + b \cdot X$) pro odrůdy Bor a Sládek.....	51

Grafy

Graf 1: (a) Trendy plochy chmelnic ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [ha] 1920 – 2018, (b) výnos ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [tha^{-1}] 1920 – 2018.....	44
Graf 2: (a) Výnos ŽPČ a hybridní odrůdy na Žatecku [t/ha] 1992 – 2018, (b) Výnos ŽPČ a hybridní odrůdy na Úštěcku [tha^{-1}] 1992 – 2018, (c) výnos ŽPČ a hybridní odrůdy na Tršicku [tha^{-1}] 1992 – 2018.....	45
Graf 3: (a) Plochy chmelnic ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [ha] 1992 – 2018, (b) plochy chmelnic Úštěcko ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [ha] 1992 – 2018, (c) plochy chmelnic Tršicko ŽPČ a hybridních odrůd v ČR [ha] 1992 – 2018.....	46
Graf 4: (a) Proměnlivost obsahu α –hořkých kyselin [%] ŽPČ v ČR v letech 1967 – 2018, (b) proměnlivost obsahu α –hořkých kyselin [%] ŽPČ v Úštěcké oblasti v letech 1994 – 2018, (c) proměnlivost obsahu α –hořkých kyselin [%] ŽPČ v Tršické oblasti v letech 1994 – 2018....	47
Graf 5: (a) Proměnlivost obsahu α –hořkých kyselin [%] u odrůdy Bor v letech 1994 – 2012, (b) proměnlivost obsahu α –hořkých kyselin [%] u odrůdy Sládek v letech 1994 – 2018.....	48
Graf 6: Korelační analýza výnosů [tha^{-1}] v chmelařských oblastech v období duben – srpen pro ŽPČ.	52
Graf 7: Korelační analýza kvality [%] v chmelařských oblastech v období duben – srpen pro ŽPČ.	52
Graf 8: Korelační analýza kvality [%] odrůd Bor a Sládek v období duben – srpen.	53

Obrázky

Obrázek 1: Mapa chmelařských oblastí v ČR.	26
---	----

10 Seznam použitých zkratek a symbolů

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
EU	Evropská unie
<i>r</i>	Spearmanův korelační koeficient
R^2	Determinační koeficient
ÚKZUZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ŽPČ	Žatecký poloraný červeňák

11 Přílohy

Pěstování biochmele v ČR 2012 – 2018

	Rozloha (ha)	Výnos (t/ha)	Dotace PRV (EUR/ha)
2012	11	0,67	849
2013	7	0,78	849
2014	11	0,7	845
2015	11	0,81	845
2016	11	0,97	845
2017	11	1,01	845
2018	11	0,76	845

Zdroj: Ročenky EZ 2012 - 2018

