

Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici

Agroklimatologické hodnocení lokality z pohledu pěstování vinné révy
Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce
prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D.

Vypracovala
JUDr. Lenka Macholánová

Lednice 2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **JUDr. Lenka Macholánová**
Studijní program: Zahradnické inženýrství
Obor: Vиноhradnictví a vinařství
Název tématu: **Agroklimatické hodnocení lokality z pohledu pěstování vinné révy**
Rozsah práce: 30-40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Teoreticky i prakticky porozumět softwaru AgriClim umožňujícímu provádět výpočet agroklimatických charakteristik
2. Zpracovat a analyzovat dlouhodobou datovou řadu meteorologických prvků pro vybranou lokalitu
3. Provést výpočet vybraných agroklimatologických indexů a charakteristik
4. Agroklimaticky zhodnotit vybrané území z pohledu nároků vinné révy

Seznam odborné literatury:

1. ŽALUD, Z. a kol. *Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízení lesů ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu – metodický vzhromeni inakátorů atmosférnouých služeb*. 4. vyd. Brno: MZLU v Brně, 2008. 175 s. Folia Universitatis Agricolae et Silviculturae Mendeliana Brunensis. ISBN 978-80-7375-221-7.
2. PAVLOUŠEK, P. *Převodní roby pinné – Moderní pinohromatři*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2010. 335 s. 1. ISBN 978-80-247-2514-2.
3. HAUČKOVÁ, I. – VOŽENÍEK, V. – TOLASZ, R. – KUHUL, M. – MOŽNÝ, M. – NEKOVÁŘ, J. – NOVÁK, M. – HLISCHLAGER, J. D. – STRÍŽ, M. – VÁVRA, A. – VOKDRÁKOVÁ, A. *Atlas fenologických poměrů Česka*. 1. vyd. Praha: Olomouc, ČHMÚ, Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-60-06690-93-3.
4. ŽALUD, Z. a kol. *Změna klimatu a české zemědělství – dopady a adaptace*. 10. vyd. Brno: Folia Mendelovy zemědělské a lesnické Univerzity v Brně, 2009. 154 s. Z. ISBN 978-60-7375-360-5.
5. TOLASZ, R. a kol. *Atlas poměrů Česka : Climate atlas of Czechia*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. 255 s. ISBN 978-60-05690-26-1.

Data zadání bakalářské práce:

listopad 2010

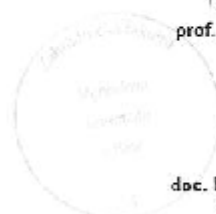
Termín odevzdání bakalářské práce:

duben 2015


L. 5


JUDr. Lenka Macholánová
Kurzka práce


prof. Ing. Jan Křesl, CSc.
Vedoucí ústavu




prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D.
Vedoucí práce


doc. Ing. Robert Poluda, Ph.D.
Lékan ZF MENDELII

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci:

Agroklimatologické hodnocení lokality z pohledu pěstování vinné révy

vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47 zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 4. května 2015

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Zdeňkovi Žaludovi, Ph.D. za cenné rady, pomoc a připomínky.

OBSAH

1. ÚVOD.....	7
2. CÍL PRÁCE.....	8
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
3.1 Biologie révy vinné	9
3.2 Stanovištní podmínky pěstování révy vinné	10
3.2.1 Teplota	12
3.2.2 Sluneční svit (radiace)	14
3.2.3 Srážky a evapotranspirace	15
3.2.4 Proudění vzduchu	16
4. METODIKA	17
5. VÝSLEDKY A DISKUZE.....	20
5.1 Teplotní charakteristiky	20
5.2 Srážkové charakteristiky	27
5.3 Evapotranspirace a vodní bilance.....	30
6. ZÁVĚR.....	34
ABSTRAKT	36
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:.....	38

1. ÚVOD

Pěstování jakékoliv polní plodiny včetně révy vinné (*Vitis vinifera*) je kromě agrotechnických zásahů plně závislé na stanovištních podmínkách. Kromě orografie terénu je tvoří typ respektive druh půdy a její fyzikální, chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti a podmínky klimatické a meteorologické. Právě na tuto složku terroir je zaměřena má bakalářská práce. Klima (podnebí), neboli dlouhodobý stav meteorologických prvků na daném místě je nejčastěji vyjádřeno normálními hodnotami či dlouhodobými průměry, kdy normály jsou přesně definované třicetileté průměry meteorologického prvku na daném místě (např. 1931 - 1960, 1961 - 1990), zatímco dlouhodobé průměry mohou obsahovat i průměry z řad delších (SOBÍŠEK et al., 1993). Znalost podnebí je zásadní pro zakládání porostů révy vinné, neboť je klíčové pro správnou volbu odrůdy. Rozhodnutí pěstitele révy vinné je, na rozdíl od zemědělce, na velmi dlouhou dobu, tedy na dobu života produkční vinice, což jsou desítky let. Volba špatné odrůdy vede k neúspěšnému podnikání, v lepším případě k menším ekonomickým ziskům. V okamžiku správné volby odrůdy vstupuje do života vinice více počasí. Jedná se o režim meteorologických prvků z krátkodobého pohledu, který denně ovlivňuje nejen růst (zvětšování biomasy), ale i vývoj (fenologii) révy vinné, zdravotní stav (výskyt chorob a škůdců), kvalitu produkce (např. obsah cukrů a kyselin) či agrotechnické zásahy jako je výživa a ochrana porostu nebo ochrana před biotickými škodlivými vlivy. V okamžiku kdy mluvíme o agrometeorologických či agroklimatických parametrech máme na mysli meteorologické údaje v dlouhodobé řadě, které mohou zásadním způsobem omezit úspěšnost pěstebního procesu. Jedná se především o znalost teplotních, srážkových a evapotranspiračních poměrů dané lokality vyjádřených buď jejich přímo meteorologickými hodnotami nebo z nich odvozených agrometeorologických charakteristik nebo indexů.

2. CÍL PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je na základě zvolených meteorologických a klimatologických údajů provést agroklimatologické vyhodnocení vybraných lokalit z pohledu pěstování révy vinné.

Hlavní cíl bude dosažen prostřednictvím naplnění cílů dílčích:

- Provedení základní literární rešerše zaměřené na význam meteorologických prvků v rámci agrometeorologických charakteristik.
- Zpracování a analýze dlouhodobých datových řad meteorologických prvků pro vybrané lokality pomocí softwaru AgriClim (TRNKA et al., 2011), umožňujícímu provádět výpočet agroklimatických charakteristik.
- V rámci zvolených lokalit reprezentovaných vybranými klimatologickými stanicemi posoudit změnu potenciálu pěstování révy vinné v kontextu dlouhodobé časové řady a nadmořské výšky.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Biologie révy vinné

Réva vinná – *Vitis vinifera L.* je cévnatá, krytosemenná, vyšší dvouděložná rostlina, patřící do řádu rostlin řešetlákotvarých a čeledi révovitých. Někdy se označuje jako réva evropská nebo ušlechtilá. Réva vinná se v průběhu dlouholetého vývoje morfologicky měnila. Dnes se jedná se o popínavou dřevnatou liánu, která se pne po oporách, k nimž se přichycuje pomocí úponků.

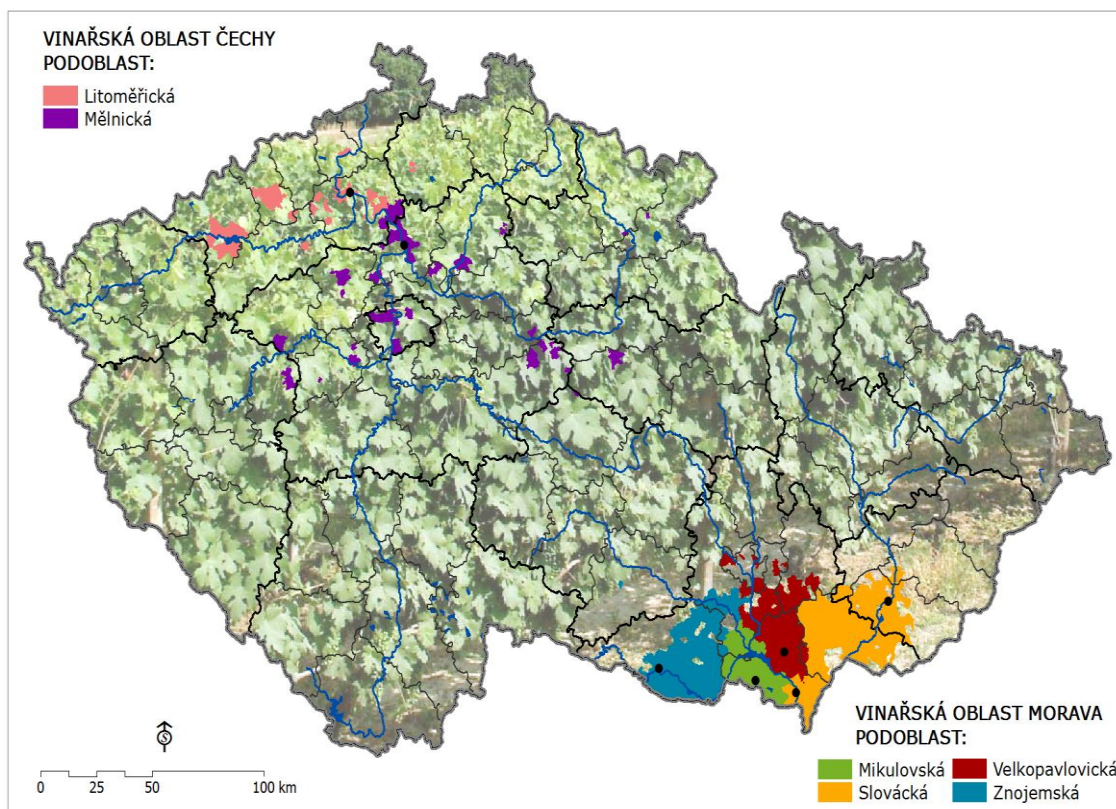
Réвовý keř lze rozdělit na podzemní část a nadzemní část. Podzemní část réвовého keře tvoří kořenový systém, tzn. hlavní kořeny, vedlejší kořeny a povrchové kořeny. Kořenový systém má nezastupitelný význam, neboť upevňuje réвовý keř v půdě, zabezpečuje ukládání zásobních látek, příjem vody a živin z půdy a tvorbu rostlinných hormonů. Kořeny běžně dosahují délky přes 10 m. Nadzemní část réвовého keře je tvořena dřevnatou částí keře tj. staré dřevo – kmen, dvouleté dřevo a jednoleté dřevo a zelenými částmi keře, což jsou očka (pupeny), listy, zálistky, květenství, úponky.

Listy jsou po kořenech nejdůležitější orgány, které zabezpečují výživu réвовého keře. V listech probíhá fotosyntéza, jejímž prostřednictvím získává réva látky pro svůj růst a vývoj. Listy jsou dlouze řapíkaté, se třemi až pěti laloky, zubaté, na líci lysé a lesklé, na rubu pýřité. Úponky jsou velmi dlouhé, větvené, vyrůstají na stonku naproti listu. Květenstvím révy vinné je lata žlutozelené barvy. Koruna květu je na vrcholu srostlá a ještě před rozkvetem jako celek opadává. Většina pěstovaných odrůd révy vinné má květy oboupohlavní a samosprašné (PAVLOUŠEK, 2011).

Plodem jsou bobule, které se nazývají hrozny. Bobule mohou být kulovitého, vejčitého nebo zaobleně válcovitého tvaru. Jejich barvy jsou rozmanité. Mohou být zelené, zelenožluté, žluté, žlutozelené, zlatorůžové, tmavorůžové, červené modré nebo tmavofialové v závislosti na odrůdě (KRAUS et al., 2005).

3.2 Stanovištní podmínky pěstování révy vinné

V České republice jsou dvě základní vinařské oblasti, a to Morava a Čechy (Obr. 1). Vinařská oblast Morava je pak dále rozdělena na čtyři podoblasti – Mikulovskou (např. obce Bavory, Dolní Dunajovice, Pavlov), Slováckou (např. obce Archlebov, Prušánky, Kyjov, Žarošice), Velkopavlovickou (např. obce Bořetice, Starovice, Kobylí) a Znojemskou (např. obce Dolní Kounice, Hnanice, Němčičky, Nové Bránice). Vinařská oblast Čechy se dělí na podoblast Litoměřickou (např. obce Litoměřice, Velké Žernoseky) a Mělnickou (např. obce Karlštejn, Kuks) a řadí se k nejsevernějším oblastem evropského vinohradnictví.



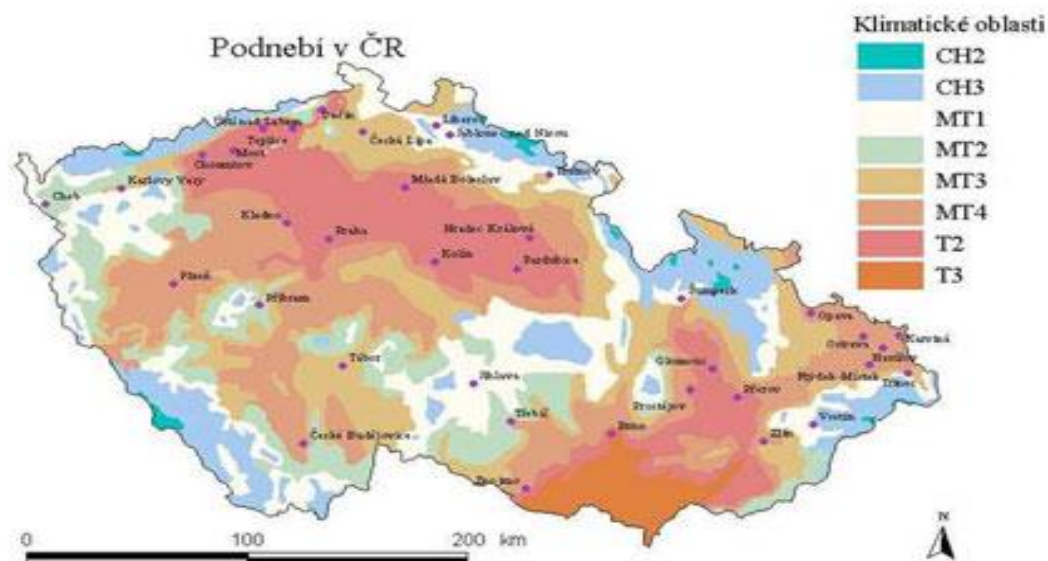
Obr. 1: Vinařské oblasti a podoblasti v České republice

Tak, jak se liší z pohledu podnebí Čechy a Morava, tak se liší i česká a moravská vinařská oblast. Česká vinařská oblast se nachází na hranicích možností pěstovat révu vinnou v této části Evropy. Průměrná roční teplota vzduchu je zde 8,4 °C, ve vegetačním období révy vinné 14 – 15 °C, trvání slunečního svitu během roku se pohybuje mezi 1 200 – 1 300 hodinami a úhrn

ročních srážek je jen 500 – 550 mm (SUK et al., 2007). Obecně platí, že Čechy mají výrazně vyšší vliv maritimního podnebí, které je charakterizované nižší teplotní amplitudou mezi létem a zimou, vyšším úhrnem srážek, méně četnějšími výskyty extrémních teplot, jak v zimě, tak i na jaře, ale nižším počtem hodin slunečního svitu a úhrnů globálního záření, stejně jako nižšími teplotními sumami jak aktivních, tak efektivních teplot.

Moravská oblast má naopak výrazněji kontinentální charakter podnebí, kdy během velkého (průměrná denní teplota vyšší než 5°C) i hlavního (průměrná denní teplota vyšší než 10°C) vegetačního období dosahuje vyšší počet hodin slunečního svitu i globální radiace, současně ale trpí nedostatkem srážek, vyšší potenciální evapotranspirací, což způsobuje vyšší četnost zemědělského (agronomického) sucha (BROTAN et al., 2014). Toto klima je typické výraznějším střídáním čtyř ročních období a zřetelnějšími teplotními rozdíly v noci a ve dne. Obdobně jako v maritimním klimatu převládají západní větry. Průměrná teplota je 9,5 °C, severní a západní části oblasti o něco málo nižší než v jižní. Úhrny srážek se pohybují mezi 500 – 600 mm/rok (SUK et al., 2007). Velmi pozitivní z pohledu révy vinné je rozložení srážek, kdy asi 40 % ročních úhrnů napadne v létě a 25 % v jarním období. Celková doba slunečního svitu je 2 250 hodin ročně (TOLASZ et al., 2007).

Jednotlivé klimatické oblasti podle klasifikace ČHMÚ (1958) jsou uvedeny na obr. 2. Není náhodou, jak se geograficky překrývá oblast teplá (T2) s vinařskými oblastmi (Obr. 1).



Obr. 2: Klimatické oblasti ČR (T - teplá, MT - mírně teplá, CH - chladná).

Další jevy, které ovlivňují vinice nepříznivě nebo i příznivě jsou silná krupobití, srážky v době sklizně nebo mlhy, které mohou v letních měsících příznivě ovlivnit zrání hroznů. Hlavními klimatickými faktory při výběru stanoviště pro pěstování révy vinné jsou teplota, vodní srážky resp. evapotranspirace (výpar), sluneční svit (radiace) a proudění vzduchu.

3.2.1 Teplota

Teplota je fyzikální veličina, která charakterizuje, zda látka při tepelném kontaktu s jinou látkou bude či nebude v tepelné rovnováze (zda bude či nebude přijímat nebo předávat teplo). Teplotu můžeme přiřazovat, jak vyplývá výše z uvedené definice, jen určité látce např. vzduchu, vodě, tělesu. Při měření teploty se používají teplotní stupnice, např. termodynamická teplotní stupnice, jejíž jednotkou je kelvin K, ale v běžné praxi se používá Celsiova teplotní stupnice (°C) jaký stý díl mezi bodem varu a bodem tuhnutí vody za normálního tlaku 1013,25 hPa.

Z pohledu pěstování révy vinné teplota ovlivňuje zejména růst (tzn. zvětšení biomasy) a vývoj (přechod od jedné fenologické fáze k druhé) rostliny. Analýza fenologie révy vinné byla součástí práce (HÁJKOVÁ et al., 2012). Každá rostlina, tak i réva vinná má své teplotní optimum. To je často závislé na

odručí. Mimo to existuje i teplotní stres (rostlina není poškozena, jen jsou zpomaleny či zastaveny fyziologické procesy), teplotní poškození nebo absolutní teploty, při kterých rostlina zahyne (ŽALUD, 2015). Teplota představuje nejdůležitější faktor, nejdůležitější stanovištní činitel pro růst a vývoj révy vinné. Vychází to z toho, že réva vinná je teplomilná rostlina. Agroklimatologické koeficienty založené na teplotě se využívají k rozdělení vinařských oblastí a k vymezení vhodnosti odrůd. Teplota ve spojení se slunečním zářením se podílí na tvorbě kvalitativních parametrů hroznů. Záření i teplota působí propojeně, protože přímá radiace (insolace, oslunění) zvyšuje teplotu hroznů, která je pak vyšší než teplota okolního prostředí. Biologická nula, tedy teplota, při níž se začínají odvíjet životní děje v nadzemní části révy vinné je 10°C. Podle odrůd to je mezi 7,5 -12,5 °C. Výjimkou je *Vitis amurensis*, jejíž biologická nula (tedy teplota, při které na jaře začíná a na podzim končí růst) je 5°C. Za optimální teploty pro růst a vývoj během vegetace považujeme rozmezí 20 – 35 °C. Podle průměrných denních teplot, které jsou vyšší než 10 °C, určujeme délku vegetačního období pro révu vinnou. Nejranější odrůdy např. Irsai Oliver potřebuje 105 – 115 dní s aktivní teplotou, rané odrůdy např. Lena vyžadují 115 – 125 dní s aktivní teplotou, odrůdy středně rané např. Müller Thurgau, Veltlínské červené rané, Chrupka bílá pak 130 – 145 dní, u odrůd středně pozdních (patří k nim většina u nás pěstovaných moštových odrůd) musíme počítat se 150 – 165 dny a u velmi pozdních odrůd např. Ryzlink vlašský, Ryzlink rýnský, André se 165 – 180 dny (KRAUS et al., 2005).

Teplotním limitem jsou v našich podmínkách teploty minimální. Hodnotami LT 50 (letální teploty 50 % = kdy odumře 50 % porostu) v zimním období jsou pro vyztalé, zdravé dřevo pro většinu odrůd pod -25 °C. LT 50 v jarním období se pro pupeny pohybuje ve fenofázi jejich otvírání a objevení se prvního a dalších listů mezi 2,5 °C - 3,5 °C (EITZINGER et al., 2009). Limitem pěstování révy vinné je i počet arktických dní. Arktický den je den, kdy teplota nevystoupí nad -10 °C. Významným stanovištním teplotním údajem pro pěstování révy vinné je hodnota SAT (sumy aktivních teplot), někdy označovaných jako TS10, což je suma všech denních průměrných teplot za rok nad biologickou nulou, tedy nad 10 °C, které sečteme za vegetační období. Teplomilné odrůdy vyžadují více než 3 000 denních stupňů. U nás pro pěstované tradiční odrůdy může být tato jejich hodnota i pod 2 500°C. Přesto

při „invazi“ nových, často z jižních krajín pocházejících, odrůd je nutné tomuto údaji věnovat pozornost, aby bylo zajištěno dostatečné dozrání bobulí. V práci je zpracována teplotní suma pomocí Huglinova indexu (HUGLIN, 1978) pro období duben-září. Ten zohledňuje teplotní podmínky a periodu roku, kdy je metabolismus révy vinné nejaktivnější. Index zahrnuje i korekční faktor na délku dne.

Průměrná teplota v měsících červenci a srpnu by neměla klesnout pod 17 °C. Průměrná teplota celého vegetačního období by neměla klesnout pod 14 °C (KRAUS et al., 2005).

3.2.2 Sluneční svit (radiace)

Sluneční svit je meteorologický prvek, udávající počet hodin za den, měsíc, nebo rok, po které přímé sluneční záření dosahovalo zemského povrchu, tj. po které terénní předměty vrhaly zřetelné stíny. Trvání slunečního svitu závisí jak na délce dne, tak na výskytu oblačnosti a mlh.

Pokud bychom se zaměřili na charakteristiky záření, je zřejmé, že pro pěstování révy vinné souvisí především krátkovlnné sluneční záření. To má vliv z hlediska tepelného (infračervená složka slunečního záření nad 700 nm) a především FAR (fotosynteticky aktivní záření 400-700 nm). Toto záření má význam pro životní děje révy vinné – fotosyntézu, iniciaci a diferenciaci květenství a vyzrávání a kvalitu hroznů. Vlastní charakteristiky jsou dány intenzitou globálního (přímého + difúzního) záření vyjádřeného např. v MJ/m² a dobou slunečního svitu vyjádřeného v hodinách. Intenzita globální radiace by měla dosahovat pro efektivní pěstování révy vinné alespoň 3000 MJ/m²/rok. Doba slunečního svitu by měla být alespoň 1700 hodin/rok. Obě hodnoty přímo ovlivňují akumulaci cukrů, harmonizaci kyselin a kvalitní vývoj aromatických a fenolických látek. Světlo (= FAR = 400-700 nm) má vliv na zakládání květenství v očkách zelených letorostů. Když je réva vinná nedostatečně osvětlena, málo plodí. K charakteristice vinařských oblastí se používá údaj o délce slunečního svitu v hodinách za vegetační období (KRAUS et al., 2005).

3.2.3 Srážky a evapotranspirace

Srážky jsou částice vody, které vznikly kondenzací nebo desublimací vodní páry a padají z oblohy či se kondenzují resp. desublimují přímo na zemském povrchu. Srážky jsou jednou z hlavních částí vody v přírodě. Průměrné množství a frekvence srážek jsou důležitou charakteristikou zeměpisných oblastí a rozhodujícím faktorem pro úspěšné provozování zemědělství, a tedy i pro pěstování révy vinné.

Evapotranspirace (výpar) je fyzikální proces, kterým se voda z kapalného či tuhého stavu přeměňuje na vodní páru. Termín evapotranspirace vznikl spojením slov evaporace (výpar z půdního nebo vodního povrchu nezakrytého vegetací) a transpirace (výdej vody z vegetace). Vyjadřuje se jako vrstva vody v milimetrech, která se uvolní za určitý čas do atmosféry. Do celkového výparu se ještě počítá intercepce, tedy voda zachycená na listech (srážky, mlha, rosa) a opětovně vypařená do atmosféry.

Voda slouží jako „transportní prostředek“ pro rozvod živin v révovém keři. Zároveň představuje součást všech fyziologických procesů. Réva vinná přijímá vodu kořenovým systémem z půdy a zelenými částmi keře ze vzduchu. Příjem vody z půdy je však zásadní. Dostupnost vody v půdě závisí mimo jiné na půdním druhu a vodní jímavosti půdy (PAVLOUŠEK, 2011). Jestliže má réva vody nedostatek, pak ji to negativně ovlivňuje. Příznaky jsou např. oslabený růst, žloutnutí listů, nekvalitní vývoj hroznů a tvorba malých bobulí. Nadbytek srážek pak způsobuje silný růst letorostů a listové plochy. Réva vinná se pak stává citlivá k napadení houbovými chorobami.

Pro pěstování révy vinné je důležité, aby srážky byly rozloženy v průběhu vegetace. Obecně platí, že pro efektivní pěstování révy vinné jsou vhodné lokality s dobře rozloženým srážkovým úhrnem s minimem 400 mm/rok. Za optimum se pokládá 600 – 800 mm/rok. Je si však nutné uvědomit, že nejde jen o srážky (příjem), ale i evapotranspiraci (výdej), tedy zjednodušeně řečeno o vodní bilanci. Pro území ČR platí, že potenciální evapotranspirace má hodnotu přibližně 400 mm/rok⁻¹ (nejvyšší polohy – horské oblasti) a cca 700 mm/rok (jižní Morava). Zatímco reálná evapotranspirace (E) horské oblasti 300 – 350 mm/rok a maximum je 450 mm/rok (střední a jižní Morava) (KRAUS et al., 2005).

3.2.4 Proudění vzduchu

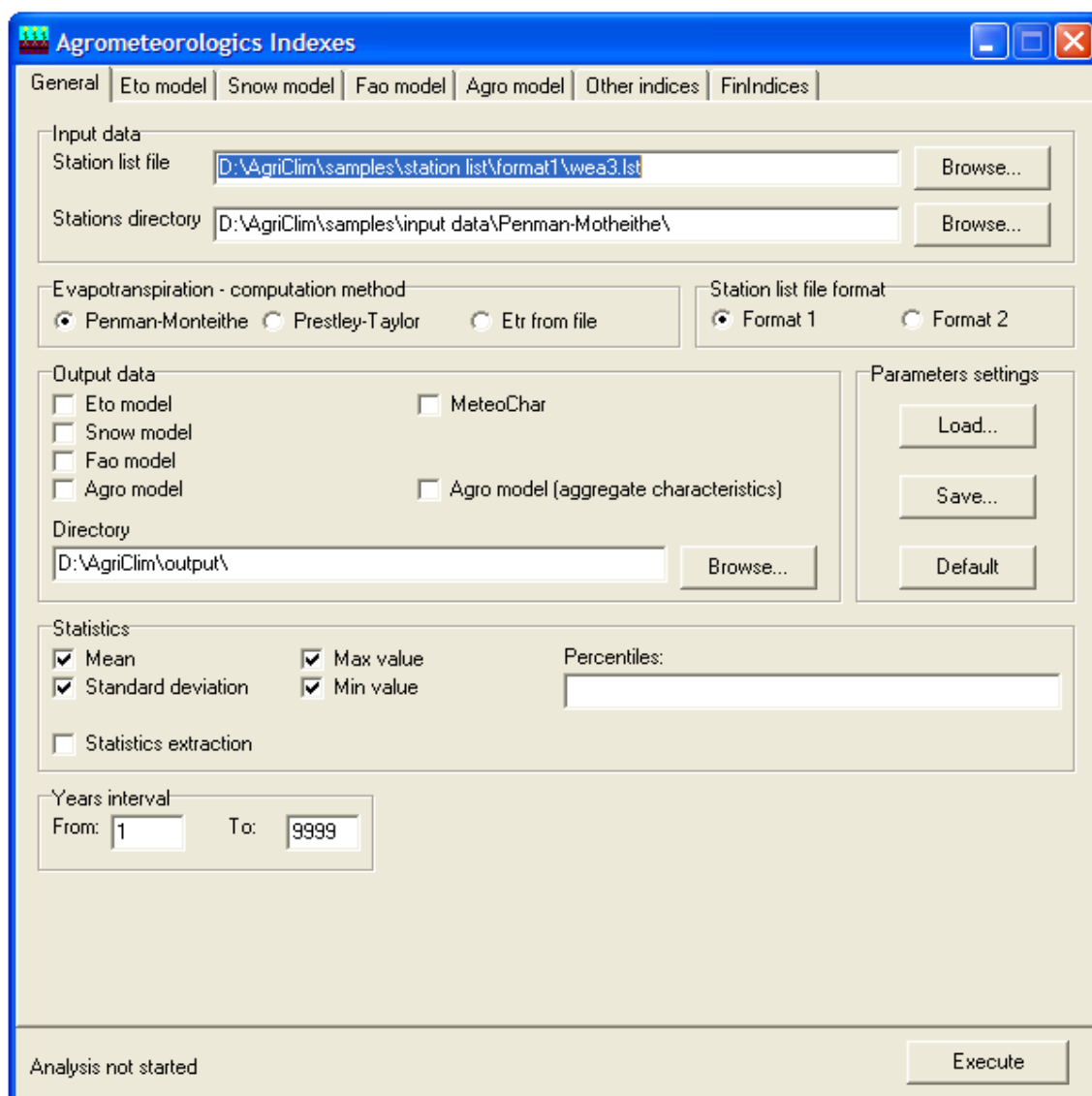
Pohyb nebo proudění vzduchu vnímáme jako vítr. Vítr je základní meteorologický prvek popisující pohyb vzduchu v určitém místě atmosféry v daném časovém okamžiku vzhledem k zemskému povrchu. Jde o pohyb vzduchu způsobený rozdíly atmosférického tlaku, které jsou samy důsledkem různých teplot a jim odpovídajících různých hustot vzduchu. Proudění vzduchu z míst vyššího tlaku vzduchu do míst nižšího tlaku vzduchu a tím i rychlost větru závisí na velikosti tohoto rozdílu. Vzduch proudí vždy z míst s nižší teplotou, kde je vyšší tlak vzduchu do míst s teplotou vyšší, kde je tlak vzduchu nižší.

Z výše uvedené definice proudění vzduchu dojdeme k závěru, že teplotní poměry na stanovišti mohou být výrazně měněny vzdušnými proudy. Pokud je vítr silný, může způsobovat mechanické poškození révových keřů. V chladných lokalitách působí ochlazení prouděním vzduchu negativně. Kombinace nižších teplot a silného větru může přinášet i mrazová poškození v zimním i v jarním období. V záhřevných oblastech může proudění vzduchu snižovat teplotu v zóně hroznů a pozitivně tak působit na jejich dozrávání (PAVLOUŠEK, 2011).

Negativně mohou vinice ovlivnit i vzdušné proudy, které šíří nejen choroby a škůdce, ale nesou např. exhaláty z výfukových plynů, průmyslových podniků nebo i výpary herbicidních látek, které jsou užívány k ošetření rostlin, pěstovaných v blízkosti vinic, zejména obilovin. Na tyto látky jsou velmi citlivé např. Veltlínské zelené, Tramín nebo Neuburské (KRAUS, 2005).

4. METODIKA

Metodika práce je založena na základních meteorologických charakteristikách, ze kterých se pomocí programu AgriClim (Obr. 3) (TRNKA et al., 2011) počítají agroklimatologické a bioklimatologické indexy jako je např. Huglinův index (HUGLIN,1978), charakteristiky vegetačního období, sumy teplot, extrémní teploty a charakteristiky vodní bilance. Tyto indexy umožní popsat vhodnost lokalit pro pěstování révy vinné, resp. mohou být klimaticky podmíněným ukazatelem pro výběr vhodných odrůd.



Obr. 3: Titulní stránka software AgriClim pro výpočet meteorologických a agroklimatických charakteristik

AgriClim pracuje na základě denních meteorologických údajů pro danou stanici. K jeho výpočtům jsou nutná následující data:

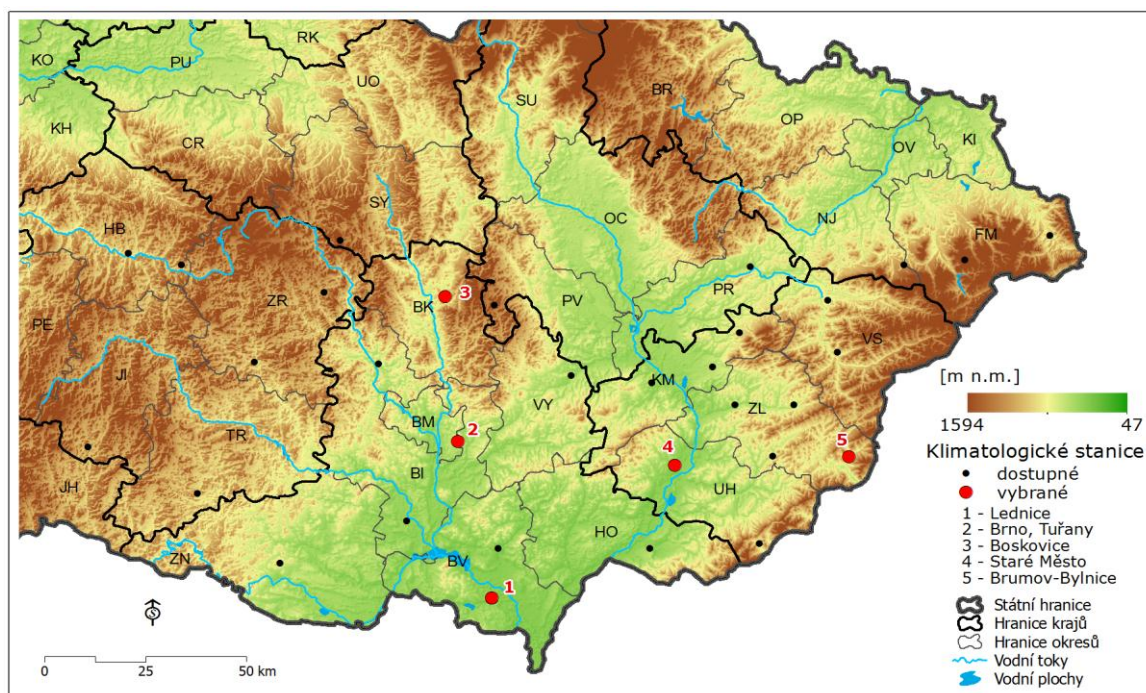
- SRAD – denní suma globální radiace (MJ/m²/den),
- TMAX – maximální denní teplota vzduchu (°C),
- TMIN – minimální denní teplota vzduchu (°C),
- RAIN – denní suma srážek (mm),
- VAPO – tlak vodních par (hPa, kPa) nebo RH (%), jednotky se nastavují na záložce „Eto model“,
- WIND – rychlost větru 10 m nad povrchem (m/s).

K dosažení cílů práce jsem využila denní data z 5 stanic, pro které byly provedeny výpočty za období 1961 – 2009.

Vybrány byly následující meteorologické stanice (Tab. 1, Obr. 4)

Tab. 1: Vybrané meteorologické stanice a jejich základní charakteristiky za 1961 - 2009

Název	Kód	Průměrná teplota (°C)	Průměrný úhrn srážek (mm)	Nadmořská výška (m n. m.)	Zeměpisná šířka (°)	Zeměpisná délka (°)
Lednice	LEDNO	9,7	499	176	48,793	16,799
Staré Město	STMEO	9,3	538	235	49,092	17,432
Brno-Tuřany	BTURO	9,0	491	241	49,16	16,696
Brumov-Bylnice	BRBYO	8,3	777	350	49,098	18,023
Boskovice	BOSKO	8,1	630	400	49,5	16,666



Obr. 4 Poloha vybraných stanic – okres Břeclav - stanice Lednice, okres Brno-město - stanice Brno-Tuřany, okres Uherské Hradiště – stanice Staré město, okres Zlín – stanice Brumov-Bylnice, okres Blansko – stanice Boskovice

Následně byly vyhodnoceny tyto údaje související s **teplotou** vzduchu:

- Dlouhodobé (průměr 1961-2009), roční (chod po jednotlivých letech od 1961-2009) průměrné teploty;
- Huglinův index;
- Extrémní minimální teploty dlouhodobé (za 1961-2009);
- Počet arktických dní v jednotlivých letech;
- Počty dnů s teplotou vyšší než 10 °C.

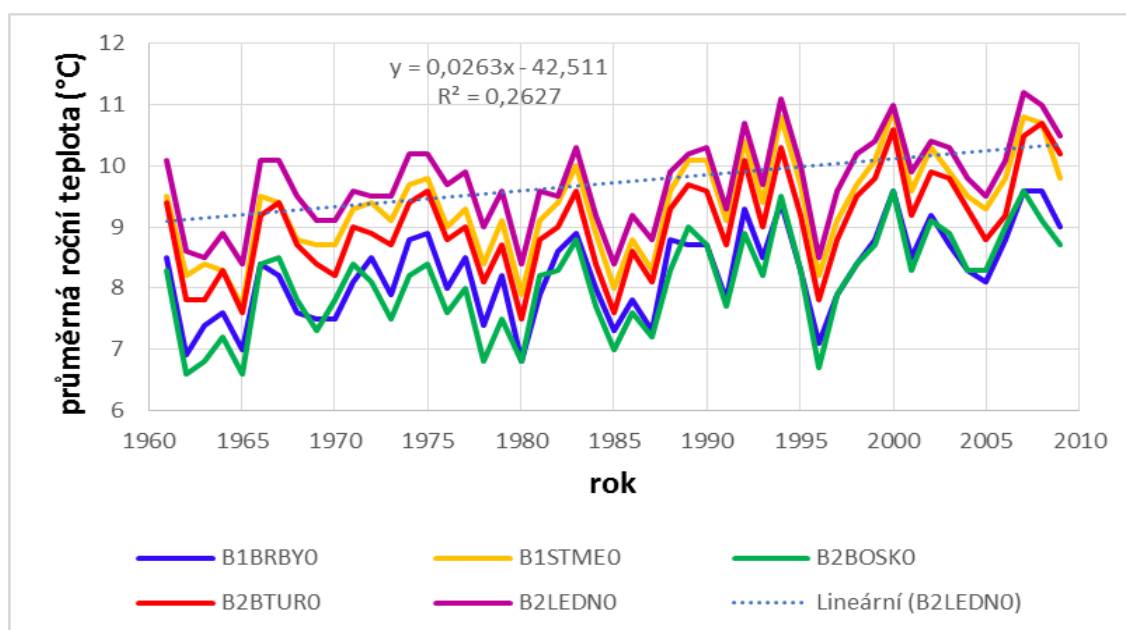
Kromě teplotních údajů byly vyhodnoceny i údaje související se **srážkovými** úhrny:

- Dlouhodobé (průměr 1961-2009), roční (chod po jednotlivých letech od 1961-2009) sumy srážek;
- Suma srážek za duben – září;
- Evapotranspirace;
- Vodní bilance (srážky – evapotranspirace) za rok a duben až září;
- Suma srážek za měsíc září.

5. VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Teplotní charakteristiky

První charakteristikou, která byla vyhodnocena na všech lokalitách, byla průměrná roční teplota. Ta se vypočítala jako součet průměrných ročních teplot děleno počtem hodnocených roků tedy 1961-2009 (49 let). Z obr. 5 je zřejmé, že na všech stanicích došlo od cca roku 1980 k postupnému zvyšování průměrné roční teploty. Tento závěr je v souladu s pracemi např. (BRÁZDIL et al., 2007; BROTON et al., 2013). Navýšení průměrné roční teploty od roku 1960 např. na stanici Lednice činí z 9,1 °C (šedesátá léta 20. století) na 10,5 °C (první dekáda 21. století). Údaje byly zjištěny na základě lineární regrese, která však z důvodu větší přehlednosti nebyla vynesena do grafu.



Obr. 5: Průměrná roční teplota za období 1961-2009 na vybraných stanicích

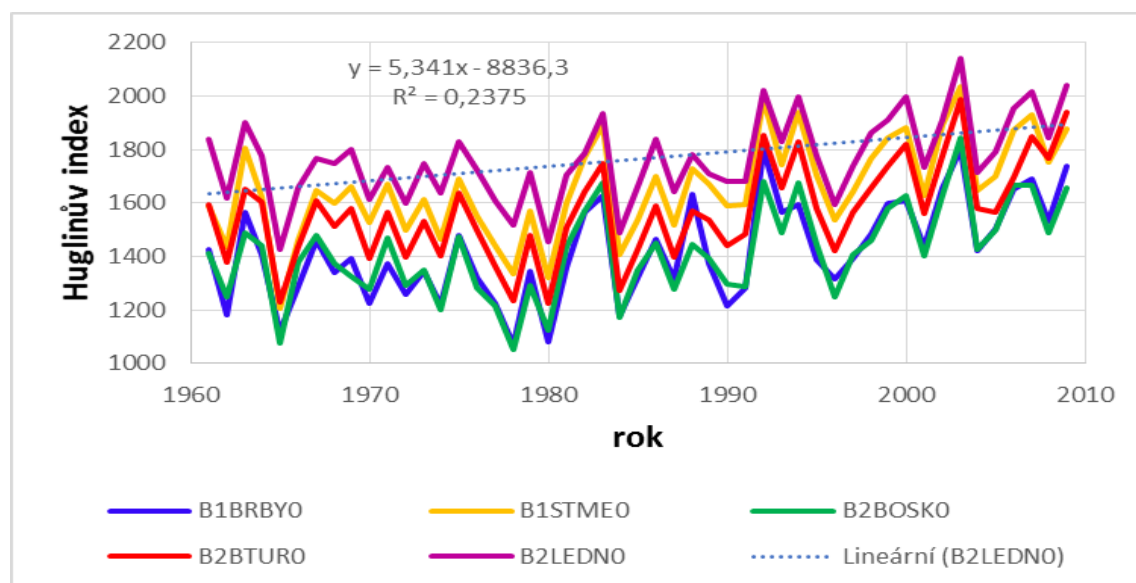
Huglinův index zohledňuje teplotní podmínky a periodu roku, kdy je metabolismus révy vinné nejaktivnější. Index (rovnice 1) zahrnuje i korekční faktor na délku dne (BROTAN et al., 2013).

$$HI = \sum_{1.4.}^{30.9.} [(\bar{t}_d - 10) + (t_{\max} - 10) / 2] \cdot k \quad (1)$$

kde

- \bar{t}_d = průměrná denní teplota (°C);
- t_{\max} = maximální denní teplota (°C);
- k = koeficient délky dne, který se pohybuje na 40° až 50° severní zeměpisné šířce mezi 1,02 a 1,06.

Z Obr. 6 vyplývá, že se sumy Huglinova indexu zvyšují obdobně jako průměrná roční teplota. Jedná se o logickou návaznost právě na rostoucí teplotu. Důsledkem je, že v posledních 20-ti letech se na testovaných stanicích zlepšují podmínky teplotní zabezpečení révy vinné (Tab. 2) a je i z praxe známo, že moravští pěstitelé stále častěji vysazují teplomilnější odrůdy jako je např. Cabernet Sauvignon, který vyžaduje teplotní sumu podle Huglina minimálně 1900 °C. Toto zjištění je v souladu např. s prací (EITZINGER et al., 2009), který obdobnou studii zpracoval pro severní Rakousko.

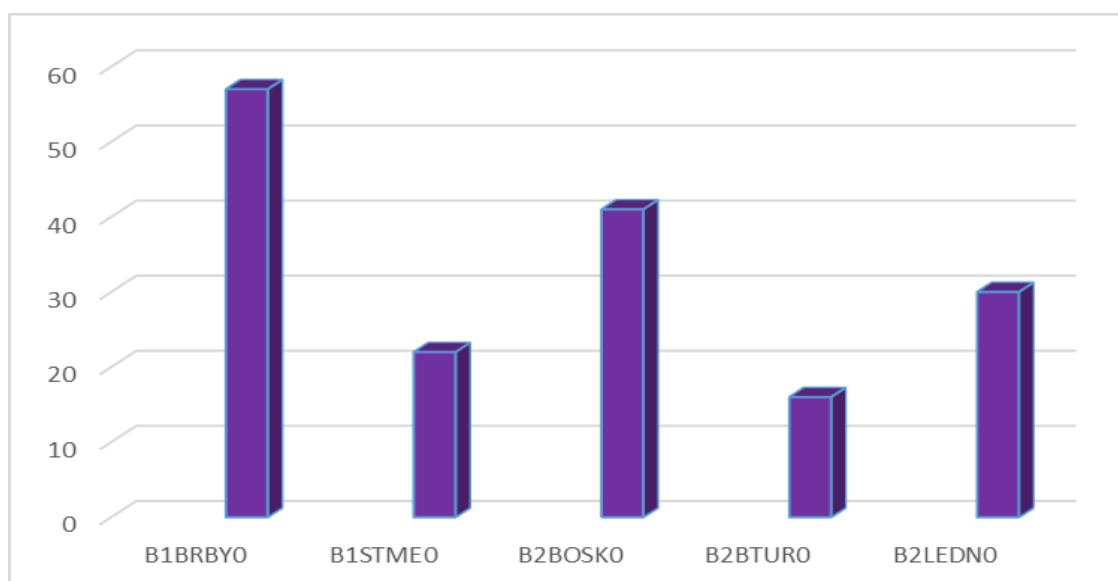


Obr. 6: Hodnoty Huglinova indexu pro zvolené klimatologické stanice

Tab. 2: Index sumy tepla podle Huglina (1986) podle odrůdy

Huglinův index H	Odrůda
$H < 1500$	<i>Nedoporučuje se pěstovat žádnou odrůdu révy vinné</i>
$1500 \leq H < 1600$	<i>Müller Thurgau, Modrý Portugal</i>
$1600 \leq H < 1700$	<i>Rulandské bílé, Rulandské šedé, Tramín</i>
$1700 \leq H < 1800$	<i>Sylvánské zelené, Chardonnay, Rulandské modré, Ryzlink rýnský</i>
$1800 \leq H < 1900$	<i>Frankovka, Merlot</i>
$1900 \leq H < 2000$	<i>Cabernet Sauvignon, Ryzlink vlašský, Chenin blanc</i>
$2000 \leq H < 2100$	<i>Ugni blanc</i>
$2100 \leq H < 2200$	<i>Syrah</i>

Jednoznačným limitem pěstování révy vinné je výskyt nízkých teplot. Ty se dají popsat pomocí počtu arktických dní (teplota nepřesáhne během 24 hodin -10 °C). Několik po sobě jdoucích silných arktických dnů může znamenat významné poškození porostů révy vinné. Z obr. 7 je zřejmé, že výskyt těchto mrazů je nejvyšší na stanici Brumov-Bylnice a Boskovice, což koreluje s jejich nadmořskou výškou. Překvapivé je, že stanice Lednice má více arktických dnů než stanice Brno-Tuřany. Zdůvodněním bude pravděpodobně blízkost velké městské aglomerace, která působí v zimě jako silný teplený ostrov.



Obr. 7: Počet arktických dní za období 1961-2009 na vybraných stanicích

Na druhé straně je nutné si uvědomit, že průměrný počet arktických dnů přesahuje roční průměr roven 1 jen u stanice Brumov-Bylnice (Tab. 3).

Tab. 3: Průměrný počet arktických dnů (AD) na jeden rok pro vybrané stanice

Stanice	Brumov - Bylnice	Staré Město	Boskovice	Brno- Tuřany	Lednice
průměr AD/rok	1,2	0,5	0,8	0,3	0,6

Dalším limitem pěstování révy vinné je roční absolutní minimální teplota. Stačí jen několikahodinová expozice teplotám, které rostlinu zahubí a její pěstování je vyloučeno. Např. pro dobře vyztřelé dřevo Ryzlinku rýnského se udává letální teplota 50 procent (LT 50%) okolo 25 °C (Žalud et al., 2009). Tab. 4,5,6,7 a 8 přehledně uvádí výskyt nejnižších teplot (omezeno hranicí pod -23 °C) za sledované období. Na stanicích jižní Moravy se nevyskytuje takový počet těchto dnů jako na stanicích výše položených. Na stanici Lednice bylo nejnižší teploty dosaženo v roce 1985 a činila -27,8 °C, zatímco absolutně nejnižší minimum ze všech vybraných stanic činilo na lokalitě Brumov-Bylnice -31,2 °C v roce 1961. Je skutečností, že výskyt této teploty vylučuje pěstování vinné révy.

Tab. 4: Nejnižší minimální teploty v období 1961- 2009 pod -23 °C stanice Lednice

Lednice	Datum	Minimální teplota (°C)
	7.1.1985	-27,8
	8.1.1985	-27,2
	9.1.1985	-26,8
	28.12.1996	-25,2
	13.1.1987	-23,8

Tab. 5: Nejnižší minimální teploty v období 1961- 2009 pod -23 °C stanice Staré město

Staré město	Datum	Minimální teplota (°C)
	7.1.1985	-26,2
	12.1.1987	-25,0
	13.1.1987	-25,0
	8.1.1985	-24,0
	9.1.1985	-23,7
	24.1.2006	-23,3
	31.1.1987	-23,0

Tab. 6: Nejnižší minimální teploty v období 1961- 2009 pod -23 °C stanice Brno-Tuřany

Brno-Tuřany	Datum	Minimální teplota (°C)
	7.1.1985	-24,3
	13.1.1987	-23,3

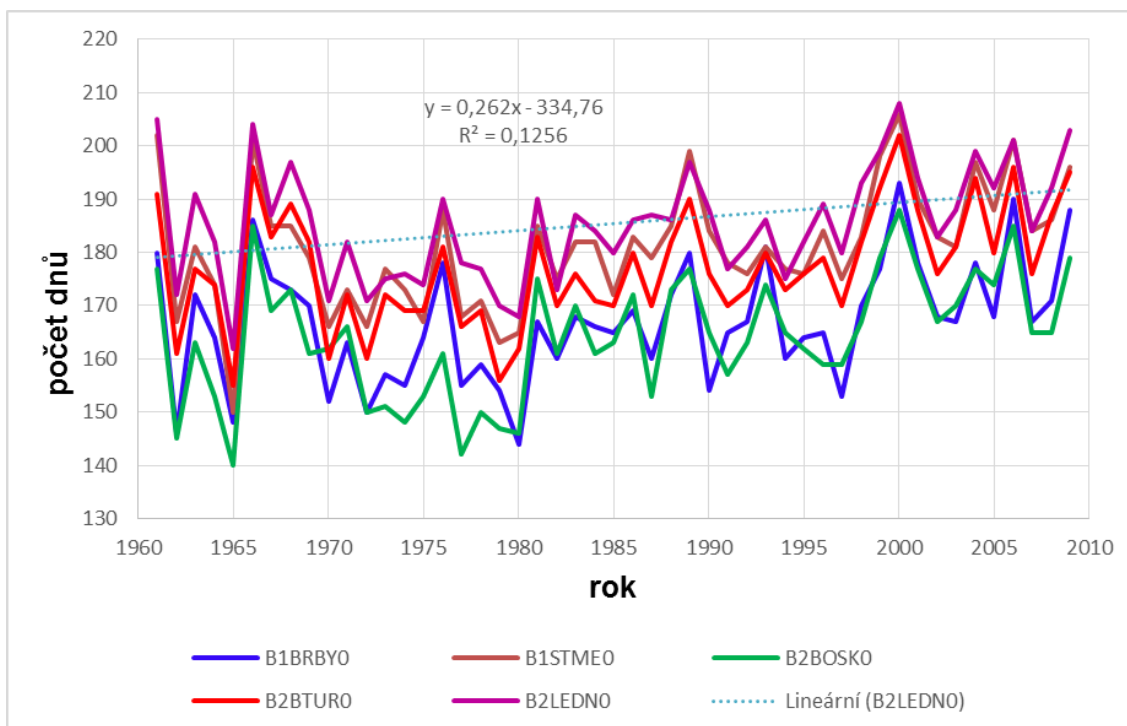
Tab. 7: Nejnižší minimální teploty v období 1961- 2009 pod -23 °stanice Brumov-Bylnice

	Datum	Minimální teplota (°C)
Brumov-Bylnice	25.12.1961	-31,2
	13.1.1987	-30,2
	12.1.1987	-28,9
	23.12.1961	-28,4
	7.1.1985	-27,6
	8.1.1985	-27,2
	10.1.1968	-26,5
	26.12.1961	-26,2
	9.1.1985	-25,5
	14.1.1968	-25,3
	24.1.2006	-25,1
	12.2.1985	-23,9
	2.2.1963	-23,6
	8.1.1987	-23,4
	31.1.1987	-23,4
	1.2.1987	-23,3
	28.12.2006	-23,3
	17.12.1961	-23,2
	30.1.1963	-23,2
	6.1.1985	-23,2
14.1.1987	-23,2	
3.12.1973	-23,0	
10.1.1985	-23,0	

Tab. 8: Nejnižší minimální teploty v období 1961- 2009 pod -23 °stanice Boskovice

Boskovice	Datum	Minimální teplota (°C)
		7.1.1985
	8.1.1985	-25,8
	9.1.1985	-25,3
	12.2.1985	-24,8
	23.1.2006	-24,4
	3.2.1963	-23,8
	25.12.1961	-23,3
	10.1.1968	-23,3
	6.1.1985	-23,3
	2.2.1963	-23,1
	31.1.1987	-23,0

Jedním z indikátorů pěstování révy vinné je i počet dnů nad její biologickou nulu. Je to hranice průměrné denní teploty, od které při jejím trvalém dosažení začíná fotosyntéza převyšovat respiraci a rostlina začíná růst = zvyšovat biomasu. Ta se udává pro většinu odrůd ve výši 10°C (pro odrůdy pěstované v ČR od 8,5 až po 12,5°C). Počet dnů s průměrnou denní teplotou nad 10°C se na všech stanicích pohyboval od 160 (stanice Brumov-Bylnice) po 180 (stanice Lednice), např. na stanici Lednice v průměru se od 60. let minulého století do první dekády našeho století zvýšil o 10 (Obr. 8).

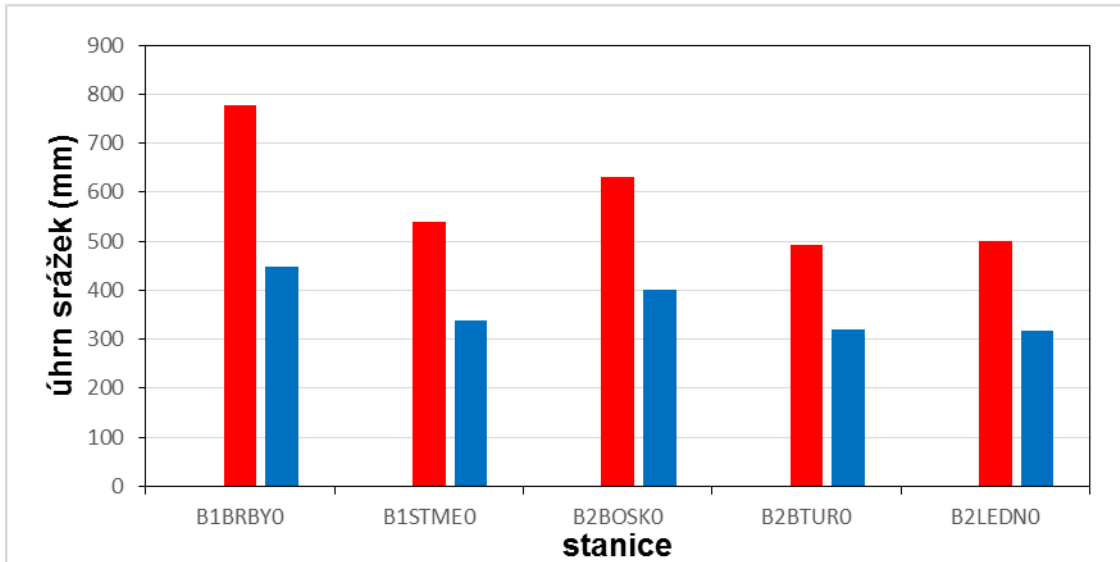


Obr. 8: Počet dnů s průměrnou denní teplotou vyšší než 10 °C

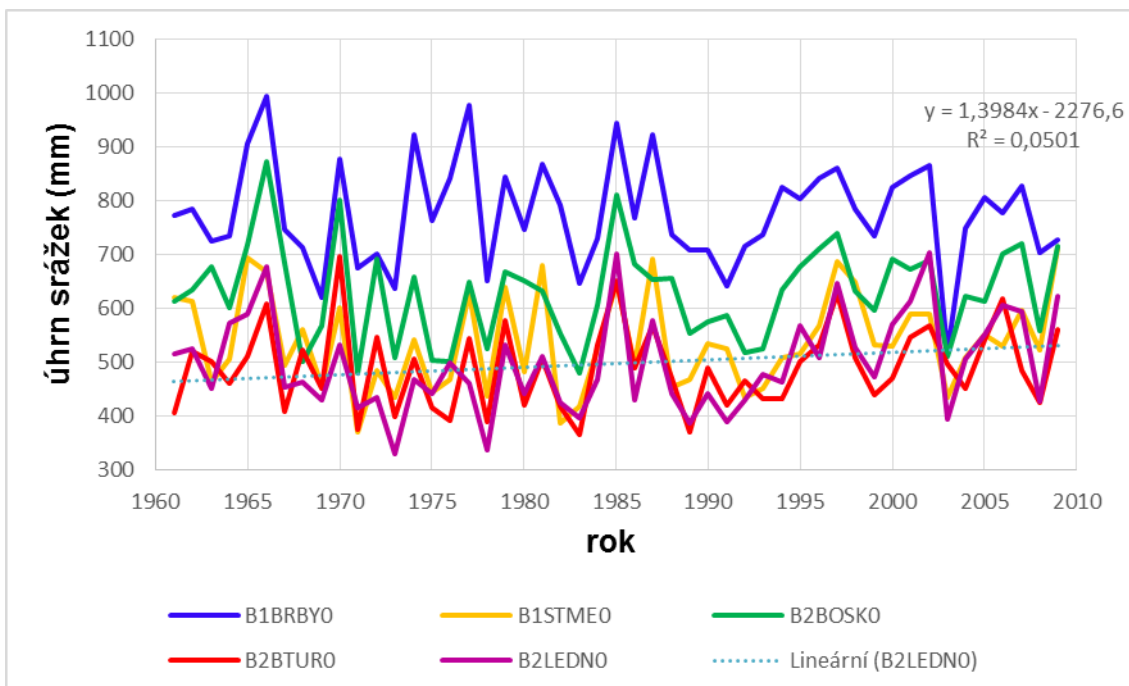
5.2 Srážkové charakteristiky

Průměrné úhrny srážek (Obr. 9) odpovídají poloze stanic z pohledu nadmořské výšky, kdy platí čím výše položená stanice (Tab.1), tím vyšší úhrny srážek. Tato skutečnost odpovídá i tzv. ombrickému gradientu, který na území ČR činí 40 - 60 mm na 100 m nadmořské výšky za rok, i když je tento gradient místně silně ovlivněn orografií terénu. Výjimku pravidla nadmořské výšky tvoří stanice Brno-Tuřany a Lednice, kdy je mírně vyšší úhrn na jižnější a „nižší“ stanici Lednice. Zdůvodnění může být opět jen efekt města jako teplotního ostrova. Obdobně jako např. (BRÁZDIL et al., 2007; BROTAN et al., 2013) nevykazují stanice ve smyslu ročních chodů srážek (Obr. 10) resp. za vegetační období duben – září (Obr. 11) v období 1961-2009 žádný trend ani žádnou změnu variability. I na základě regresní analýzy a koeficientu determinance (v grafu kvůli přehlednosti je spojnice trendu uvedena jen pro stanici Lednice, i když byla spočítána pro stanice všechny) je zřejmé, že mezi časem a úhrnem srážek není žádný trend.

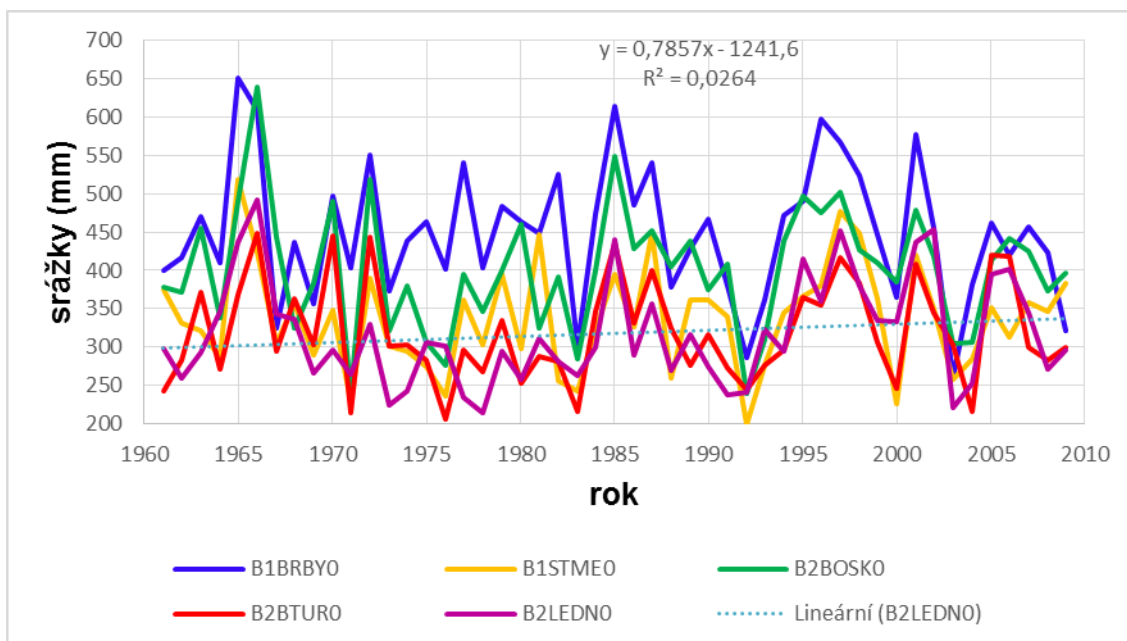
Hodnoty srážek za duben až září tvoří cca 58 - 65 % celkového ročního úhrnu srážek (Obr. 9) Tyto sumy odpovídají dlouhodobým údajům, které uvádí např. (TOLASZ et al., 2007; ŽALUD et al., 2009).



Obr. 9 Roční průměr srážek v období 1961 – 2009 (červeně), průměr srážek za duben až září v období 1961 – 2009 (modře)

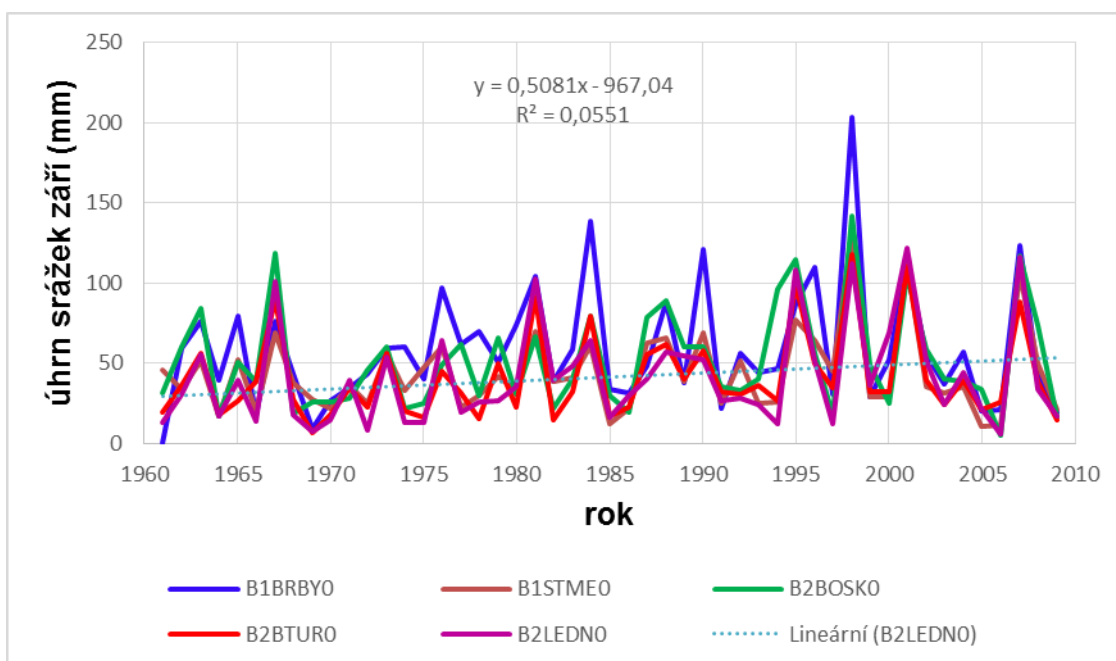


Obr. 10: Roční chod úhrnů srážek v období 1961-2009



Obr. 11: Chod úhrnů srážek v období 1961 - 2009 za duben až září

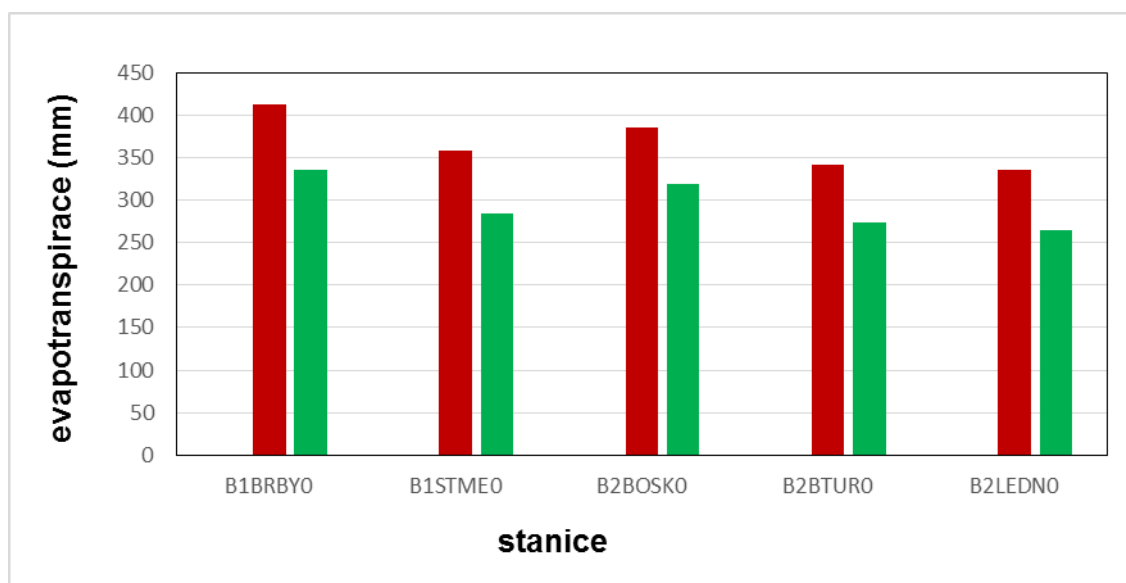
Problém při sklizni révy vinné mohou způsobit trvalé srážky především v měsíci září (Obr. 12). I když se zdá, že v posledních letech se zvyšuje variabilita, není pozorován žádný statistický trend jejich nárůstu. Tato charakteristika nabývá na významu i z toho pohledu, že je kromě sucha zařazena do připravovaného Fondu nepojistitelných rizik, ze kterého se budou kompenzovat ztráty způsobené nadměrnou srážkovou aktivitou v době sklizně.



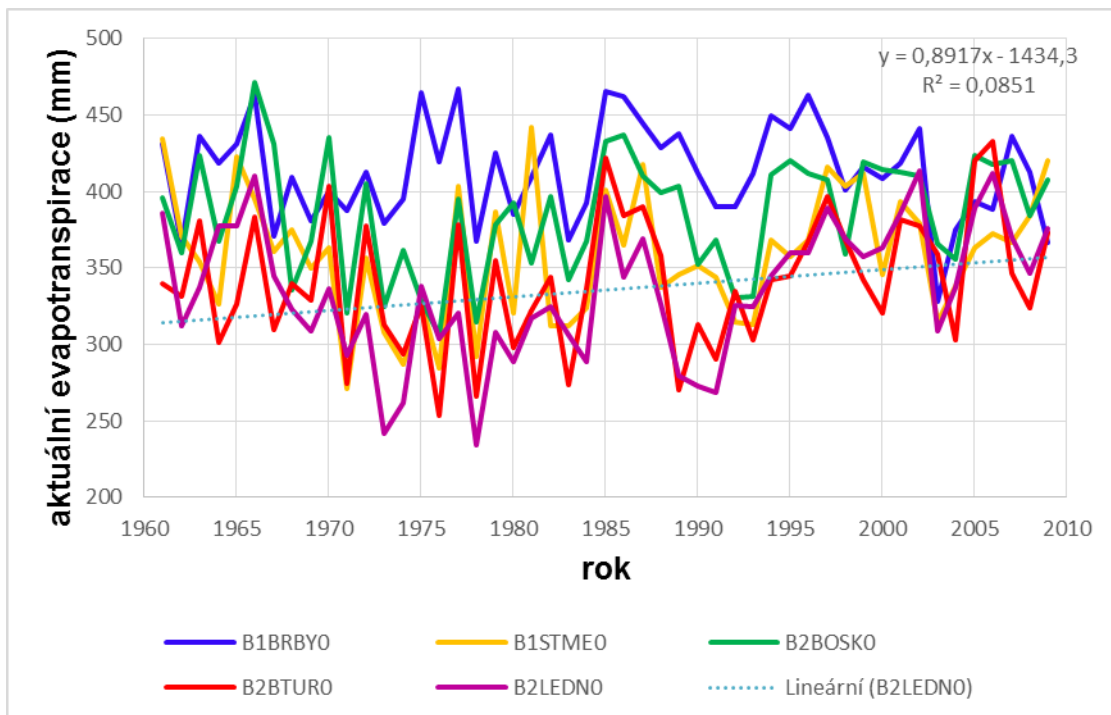
Obr. 12: Úhrny srážek v měsíci září

5.3 Evapotranspirace a vodní bilance

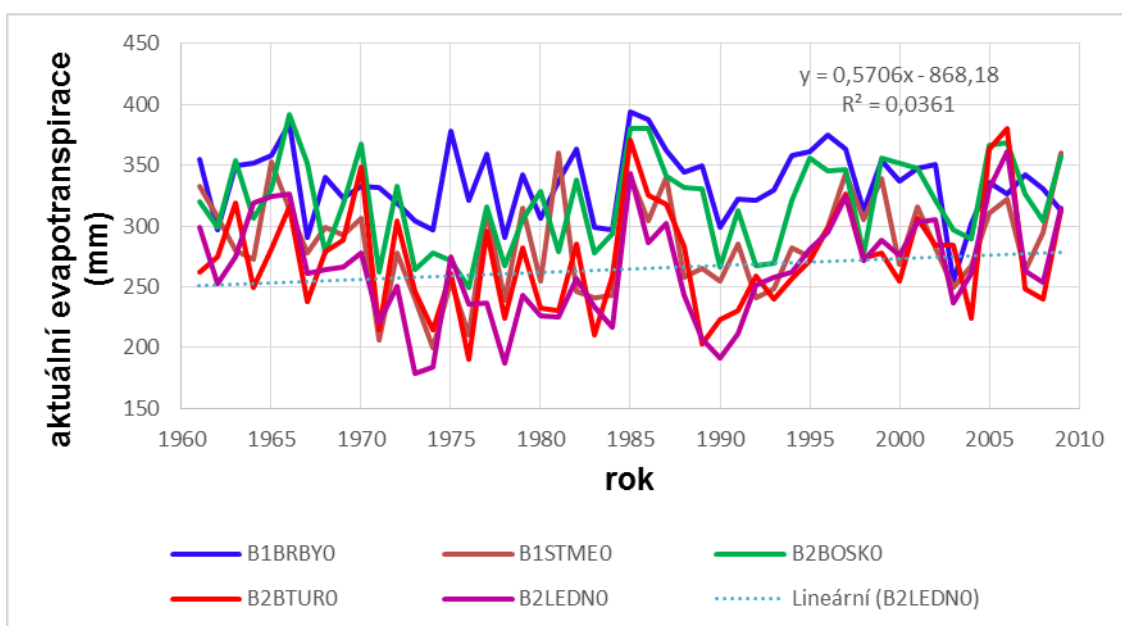
Na obr. 13 je průměrná roční resp. duben-září aktuální evapotranspirace za období 1961-2009. V souladu s prací (TOLASZ et al., 2007) je korelována s množstvím dostupné vody v půdě. Roční aktuální evapotranspirace stanovená prostřednictvím programu AgriClim nevykazuje žádný statisticky významný trend. Na druhé straně spojnice trendu (Obr. 14) vykazuje pro stanici Lednice jednoznačný nárůst cca z 320 (období kolem roku 1960) na 350 mm (období kolem roku 2005). Nárůst aktuální evapotranspirace (i když ne tak velký) lze z obr. 15 pozorovat pro období duben-září. Příčinou bude nedostatek vody v půdě v letním období, což se projeví právě nižší aktuální evapotranspirací v létě. Jedná se o poznatek, který nebyl v současných agrometeorologických studiích, které na našem území pracují především s potenciální evapotranspirací (ŽALUD et al., 2009; BROTAN et al., 2013), prezentován.



Obr. 13: Průměrná roční aktuální evapotranspirace v období 1961-2009 (rudá), aktuální evapotranspirace v období duben až září za 1961-2009 (zelená)

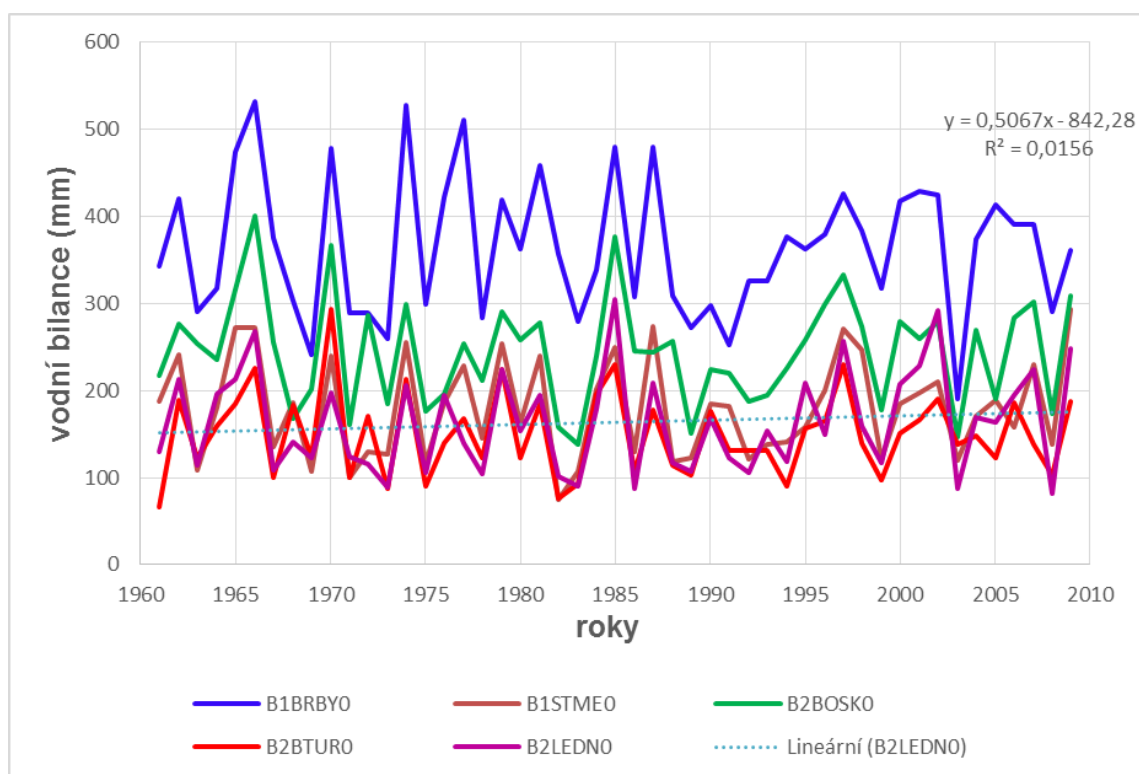


Obr. 14: Chod aktuální evapotranspirace v období 1961-2009

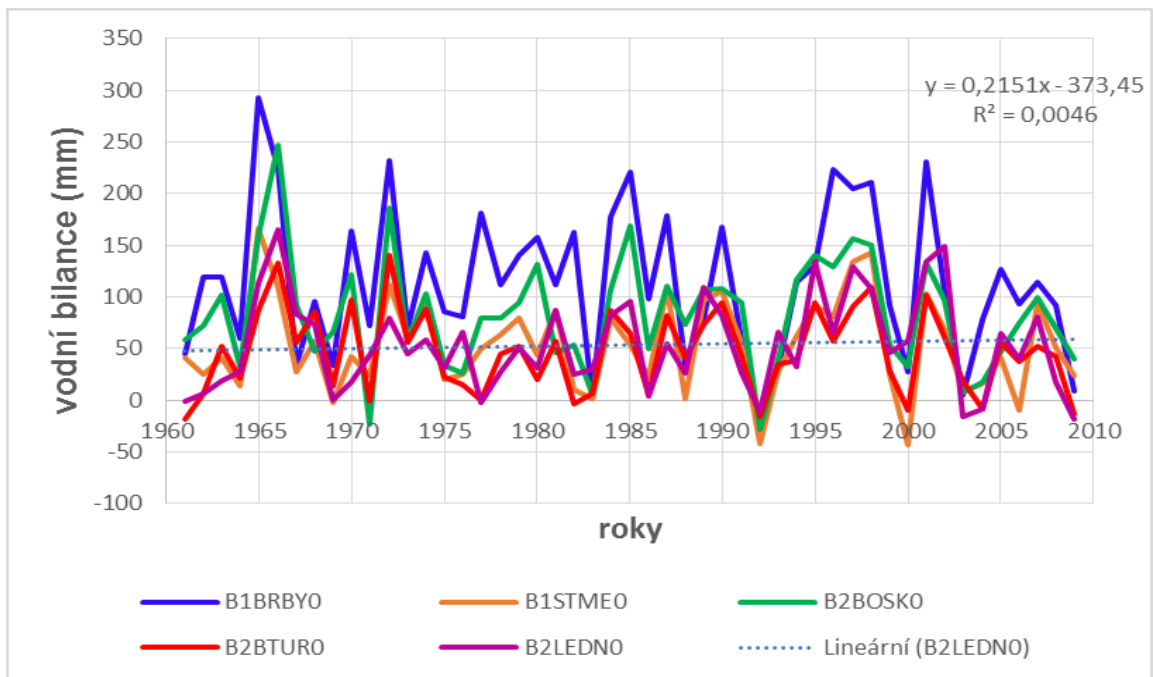


Obr. 15: Chod aktuální evapotranspirace v období 1961-2009 duben až září

Vodní bilance jako rozdíl mezi srážkami a aktuální evapotranspirací se prakticky nemění (Obr. 16, Obr. 17). Tato skutečnost je dána faktem, že v testovaných regionech je již negativní vláhová bilance a reálný výpar se i přes stoupající teplotu (Obr. 5) nemůže zvýšit.



Obr. 16: Roční vodní bilance jako rozdíl mezi srážkami a aktuální evapotranspirací v období 1961-2009



Obr. 17: Vodní bilance pro období duben-září jako rozdíl mezi srážkami a aktuální evapotranspirací za období 1961-2009

6. ZÁVĚR

Pro posouzení agroklimatických limitů révy vinné bylo vybráno pět stanic, z nichž tři leží ve vinařských oblastech a dvě vzhledem k nadmořské výšce zatím mimo ni. Slovo zatím je inspirováno řadou studií, které poukazují na vliv změny klimatu ve smyslu globálního oteplování a nárůstu teplotních sum, které lze posoudit pomocí Huglinova indexu. Cílem práce bylo posoudit možnosti pěstování révy vinné na základě vybraných meteorologických prvků. Byly zvoleny teplotní a srážkové charakteristiky, stejně jako jejich kombinace posuzující vodní bilanci. Z absolutních hodnot byl hodnocen počet arktických dnů resp. dnů s minimální roční teplotou pod $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$, počet dnů s průměrnou teplotou vyšší než $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z dlouhodobých teplotních údajů byly vytvořeny řady ročního chodu po jednotlivých letech od 1961-2009 a Huglinův index. Kromě teplotních údajů byly vyhodnoceny i údaje související se srážkovými úhrny resp. s údaji vodní bilance. Jednalo se o dlouhodobý průměr srážek po jednotlivých letech za 1961-2009, sumy srážek za duben – září, aktuální evapotranspiraci a vodní bilanci (srážky – evapotranspirace) za rok a duben až září. Kromě toho byly vyhodnoceny úhrny srážek za měsíc září, tedy za měsíc, kdy probíhá nejčastěji sklizeň révy vinné.

Závěry získané v bakalářské práci platné pro studované lokality jsou:

- zvyšuje se průměrná roční teplota – důsledek je zvyšování potenciálních vhodných oblastí pro pěstování révy vinné;
- v návaznosti na předchozí zjištění se zvyšuje Huglinův index (teplotní sumy teplot) - obdobně jako v předchozím konstatování a současně se zvyšuje teplotní zabezpečení dozrání teplomilnějších odrůd révy vinné;
- zvyšuje se počet dní s průměrnou teplotou větší než $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ - důsledkem je zvyšující se délka velkého vegetačního období;
- zlepšují se podmínky pro pěstování révy vinné ve vyšších nadmořských výškách, i když se limitem stávají nízké minimální teploty;
- prakticky se nemění roční úhrny a teplotní změny se nepodílí na změnách aktuální evapotranspirace – důsledkem je, že zabezpečení vodou se nemění.

Práce je příspěvkem k pěstování révy vinné, kdy se v měnících klimatických resp. agroklimatických podmínkách častokrát dosahují ne zcela očekávané výsledky jednotlivých ročníků, ať již z pohledu kvality či kvantity produkce.

ABSTRAKT

Agroklimatologické hodnocení lokality z pohledku pěstování vinné révy

Réva vinná je plodina, jejíž pěstování je významně omezeno klimatickými podmínkami. Poloha České republiky se nachází na samotném severním okraji efektivního pěstování révy vinné. I z tohoto důvodu je určení klimatických podmínek v zájmu pěstitelů. Program AgriClim umožňuje na základě základních dat spočítat vybrané meteorologické a agrometeorologické charakteristiky, které mají vztah k pěstování révy vinné. Zpracování a vyhodnocení dat bylo provedeno pro dlouhodobou časovou řadu 1961 - 2009. Cílem bylo posoudit absolutní hodnoty (např. minimální teplota), vypočtené hodnoty (např. Huglinův index, evapotranspirace) či trendy v padesátiletých řadách a odpovědět na otázku, zda se klimatické podmínky mění a zda se mění ve prospěch pěstované rostliny či nikoliv. Zvoleny byly tři stanice, v jejichž okolí se réva vinná pěstuje (Lednice, Brno-Tuřany a Staré město) a dvě stanice výše položené (Brumov-Bylnice a Boskovice), kde se doposud réva vinná nepěstuje. Byly zjištěny významné posuny v teplotě všech lokalit ve směru jejího nárůstu a prakticky žádné změny ve srážkách. Uvedený stav se negativně promítl i ve stavu vodní bilance nejnižších lokalit, které se tak stávají suššími a do jisté míry pro révu vinnou rizikovějšími a naopak se zvyšuje pěstitelský potenciál ve vyšších nadmořských výškách, které jsou vláhově lépe zabezpečeny.

Klíčová slova: réva vinná, teplota vzduchu, srážky, Huglinův index, evapotranspirace, vodní bilance

ABSTRACT

Agroclimatic site evaluation from the perspective of growing vineyards

Grape vine cultivation is significantly limited by climatic conditions. The Czech Republic is located at the very northern edge of the effective vine cultivation. Therefore growers are significantly interested in climatic conditions specification. Software "AgriClim" calculates on the basis of basic meteorological data the selected meteorological and agro-meteorological characteristics related to the cultivation of the vine. Data processing and evaluation was performed for the long-term time series from 1961 to 2009. The aim of research was to assess the absolute values (eg. minimum temperature), computed values (eg. Huglinův index, evapotranspiration) and trends in fifty-year series and answer the question whether the climate is changing and whether changes are in favour of cultivated plants or not. There were three weather stations selected in the vicinity of grapes regions (Lednice, Brno-Turany and Stare Mesto) and two stations located at higher altitudes (Brumov-Bylnice and Boskovice), where the grape vine has so far not been cultivated. There were observed significant increase of temperature in all locations and no changes in precipitation. This situation is negatively reflected in the state of the water balance of the lowest locations that are becoming drier and more risky for grape vine producers. On the other hand grape vine potential is growing at higher altitude locations, which provides nowadays better watering conditions.

Key words: grape vine, air temperature, precipitation, Huglin index, evapotranspiration, water balance

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

BROTAN, J., TRNKA, M., HLAVINKA, P., SEMERÁDOVÁ, D. ŽALUD, Z. *Klimatické a agroklimatické podmínky Žabčice v období 1961-2010: Climatic and agroclimatic conditions of Žabčice experimental field in the period 1961-2010 : monografie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, 52 s. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-907-0.

EITZINGER, J., KUBU, G., FORMAYER, H., GERERSDORFER, T. *Climatic wine growing potential under future climate scenarios in Austria*. Sustainable Development and Bioclimate: Reviewed Conference Proceedings, Vienna, Austria, 2009. 146–147 s.

HÁJKOVÁ, L., et al. *Atlas fenologických poměru Česka*. 1. vyd. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-86690-98-8; 978-80-244-3005-8.

HUGLIN, P. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. In: *Symposium International sur l'Écologie de la Vigne, I, Constança, Roumanie*, 1978. Constança: Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, 89–98 p.

KRAUS, V., FOFHOVÁ, Z., VURM, B., KRAUSOVÁ, D. *Nová encyklopedie českého a moravského vína*. Praha: Praga Mystica, c2005 – c2008, 2 sv. (306, 311 s.). ISBN 80-86767-00-0.

PAVLOUŠEK, P. *Pěstování révy vinné: moderní vinohradnictví*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., c2011. 333 s. ISBN 978-80-247-3314-2.

SOBÍŠEK, B. et al. *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1993, 594 s. ISBN 80-85368-45-5.

SUK, M., LINHART, P., a VÁLEK, V. *Vinařský atlas území České republiky: Weinatlas des Gebietes der Tschechischen Republik*. 1. vyd. Praha/Brno: DOLIN, s.r.o./Moravské zemské muzeum, 2007, 226 s. ISBN 978-80-7028-311-0.

TOLASZ, R. *Atlas podnebí Česka*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, 255 s. ISBN 9788024416267.

TRNKA, M., OLESEN, J., KERSEBAUM, C., SKJELVAG, A. O., EITZINGER, J., SEGUIN, B., PELTONEN-SAINIO, P., RÖTTER, R., IGLESIAS, A., ORLANDINI, S., DUBROVSKÝ, M., HLAVINKA, P., BALEK, J., ECKERSTEN, H., CLOPPET, E., CALANCA, P., GOBIN, A., VUČETIC, V., NEJEDLÍK, P., KUMAR, S., LALIC, B., MESTRE, A., ROSSI, F., KOZYRA, J., ALEXANDROV,

V., SEMERÁDOVÁ, D., ŽALUD, Z., 2011: Agroclimatic conditions in Europe under climate change, *Global Change Biology* 7, 2298– 2318.

TRNKA, M., EITZINGER, J., DUBROVSKÝ, M., et al. (2010a) Is the rainfed crop production in central Europe at risk? – using a regional climate model to produce high resolution agroclimatic information for decision makers. *Journal of Agriculture Science*, 148, 639–656.

ŽALUD, Z. et al. *Změna klimatu a české zemědělství – dopady a adaptace: Climate change and Czech agricultur – impacts and adaptations: monografie*. Vyd. 1. Editor Zdeněk Žalud. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzity v Brně, 2009. 154 s. *Folia Universitas Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*. ISBN 978-80-7375-369-6.

ŽALUD, Z. *Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu – metodiky stanovení indikátorů ekosystémových služeb: Biological and technological aspects of sustainability of controlled ecosystems and their adaptability to climate chance – indicators of ekosystém services: monografie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 176 s. *Folia Universitas Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*. ISBN 978-80-7375-221-7.

ŽALUD, Z. *Bioklimatologie*. Mendelova univerzita v Brně, 2015, s. 168, ISBN 918-80-7509-189-5.