

VPLYV GEORELIÉFU NA MIKROKLÍMU VINOHRADOV PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA: TOPOĽČIANKY (SLOVENSKO)

VERONIKA ORŠULOVÁ¹, IGOR MATEČNÝ¹, MARIÁN JENČO¹, NORBERT POLČÁK^{1,2}

¹ Katedra fyzickej geografie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, veronika.orsulova@uniba.sk, igor.matecny@uniba.sk, marian.jenco@uniba.sk

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 83315 Bratislava, norbert.polcak@shmu.sk

In Slovakia, research of topoclimatic and microclimatic parameters in model areas of vineyards is a part of physical-geographic approaches within the terroir evaluation. In comparison with traditional geoecological approaches such as geomorphometric modelling and soil analysis, this approach is new. The research is based on data from automatic climatological stations located directly in the vineyard, as well as in a network of sensors whose localization considers the morphometric parameters of the vineyard. Geomorphometry itself, primarily represented by exposure, inclination, solar radiation and altitude, has an undeniable impact on the development of the microclimate in the vineyard. In the model area, significant differences in air temperature distribution within the individual positions were found, while the assessment was focused on temperature minimum. The impact of georelief on spatial distribution of minimum temperatures in relation to decrease in the drift as the cold temperature falls from slopes to lower altitudes as demonstrated in the vineyard, was clearly analysed. In this context, efforts are being made in the field of enological research to understand thoroughly the relationship between meteorological variables and the dynamics of crop development. Detailed data analyses enable precise monitoring of the microclimate in the vineyard and subsequent optimization of the location of the planting of individual vine varieties and the way they are managed. The results are presented in a model vineyard in the village of Topoľčianky owned by Château Topoľčianky.

Výskum topoklimatických a mikroklimatických parametrov na modelových územiach vinohradov je súčasťou fyzicko-geografických prístupov v rámci hodnotenia terroir v podmienkach Slovenska. V porovnaní s tradičnými geoekologickými prístupmi, ako napríklad modelovanie georeliéfu a analýza pôd, je tento prístup nový. Výskum sa opiera o údaje z automatických klimatologických staníc lokalizovaných priamo vo vinohrade, ako aj o sieť dataloggerov, ktorých lokalizácia zohľadňuje morfometrické parametre georeliéfu vinohradníckeho honu. Samotná morfometria georeliéfu, zastúpená predovšetkým expozíciou, sklonom, slnečnou radiáciou a nadmorskou výškou, má nespochybniteľný vplyv na vývoj mikroklimy vo vinohrade. V modelovom území boli demonštrované výrazné rozdiely distribúcie teploty vzduchu v rámci jednotlivých polôh, pričom hodnotenie bolo zamerané na teplotné minima. Popísaný vplyv georeliéfu na priestorové rozloženie teplotných miním súvisí predovšetkým so stekáním studeného vzduchu zo svahov do nižších polôh. Variabilita klimatických podmienok ovplyvňuje kvantitatívnu a kvalitatívnu produktivitu výroby a obchodný úspech každého vinárstva. V tejto súvislosti sa v oblasti enologického výskumu vyvíja úsilie o dôkladné pochopenie vzťahov medzi meteorologickými premennými a dynamikou vývoja plodín. Podrobná analýza dát umožňuje precízne sledovanie mikroklimy vo vinohrade a následnú optimalizáciu lokalizácie výsadby jednotlivých odrôd viniča a spôsobu ich obhospodarovania. Výsledky sú prezentované na modelovom vinohrade v obci Topoľčianky vo vlastníctve Château Topoľčianky.

Key words: canopy, microclimate, precision viticulture, Heliothermal Index, solar radiation, Topoľčianky

ÚVOD

Klimatické charakteristiky sú často považované za hlavné faktory, ktoré odrážajú kvalitatívny potenciál vinice. Vo vinohradníckom kontexte je pre regionálnu špecifickosť vinice zaužívaný pojem *terroir*, ktorý je vo všeobecnosti chápaný ako stanovište pre pestovanie révy vinnej, so všetkými faktormi, ktoré na ňu v prostredí pôsobia. Morlat (1989) vymedzuje tri základné zložky terroir: geologické faktory (geologické zloženie stanovišťa), pedologické faktory (druh a typ pôdy) a faktory stanovištné (georeliéf, nadmorská výška, expozícia a pod.), ktoré tvoria prirodzený základ terroir. Prirodzený základ terroir možno doplniť antropogénnymi faktormi spojenými s agrotechnickými zásahmi vo vinici (Pavloušek, 2011) alebo faktormi ako história (Seguin, 1986), kultúra, tradície a um vinohradníka (Tomasi et al., 2013).

Vinič hroznorodý (lat. *Vitis vinifera*) sa radí k teplo-milným drevinám, pestovateľské lokality sa nachádzajú najmä v subtropickom a miernom klimatickom pásme, za hornú hranicu rozšírenia sa považuje 50° severnej geografickej šírky na severnej pologuli. Z tohto pohľadu patrí Slovensko do oblasti tzv. *coolclimate*, spoločne s Českou republikou tvorí pomyselnú severnú hranicu oblasti pestovania viniča v Európe (Pavloušek, 2011).

Pre účely vinohradníctva sa rozlišujú tri skupiny klímy využívané k opisu stanovišťa (Pavloušek, 2011; Hoppmann et al., 2017). *Makroklima* vystihuje klimatické podmienky v rámci regiónu, v podmienkach Slovenska sa jedná o klimatické charakteristiky vinohradníckych rájónov. Počasie v regióne sa z roka na rok môže mierne meniť, ale dlhodobý trend je stabilný. Na popis makroklimy sa využívajú najmä mesačné, ročné a viacročné priemery hlavných klimatických veličín (napr. teplota vzduchu, zrážky,

slniečny svit, prúdenie vetra). *Mezoklíma* sa využíva na popis menších územných jednotiek, predovšetkým vinohradníckych obcí, často až vinohradníckych honov. Na popis sú využívané hodinové a denné údaje hlavných klimatických veličín. *Mezoklíma* je značne ovplyvnená morfológiou terénu, či prítomnosťou vodných plôch. *Mikroklíma* popisuje klimatické pomery priamo vo vinohrade na úrovni vnútra listovej steny. Je ovplyvnená orientáciou viničových radov voči svetovým stranám, sklonom svahu výsadby a samotnou architektúrou viničovej steny.

Dôkladné štúdium meteorologických premenných môže byť základným nástrojom pre hodnotenie kvality vína, keďže klimatické prvky sú považované za kľúčový faktor ovplyvňujúci kvalitu samotného hrozna. Mnohé indexy a ukazovatele vychádzajúce z klimatických dát (Winkler et al., 1974; Branäs, 1974; Huglin, 1978; Gladstones, 1992) sa dodnes často používajú pri hodnotení vinárskych zón, či regiónov, s dôrazom na vplyv environmentálnych parametrov na kvalitu vína a identifikáciu vhodných území s produkčným potenciálom, či naopak rizikom pestovania. Zatiaľ čo takéto indikátory možno považovať za primeranú reprezentáciu regionálnych klimatických podmienok, v značnej väčšine prípadov strácajú výpovednú hodnotu a efektivitu pri reprezentácii klimatických podmienok a ich variabilite vo vnútri vinohradu (Van Leeuwen a Seguin, 2006). Je to spôsobené práve absentujúcim zachytením dynamiky denného meteorologického cyklu, ktorý tvorí základ pre mikroklimatické hodnotenie. V oblasti precízneho riadenia vinohradov je preto prioritou mať prepracované nástroje na zber a spracovanie mikroklimatických dát.

Na Slovensku sa stále vo veľkej miere pre hodnotenie *terroir* vinohradu z hľadiska klimatických podmienok využívajú údaje zo siete staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu, ktoré však poskytujú informáciu len o makroklimáte vinohradníckeho regiónu. Využívanie rôznych meteorologických automatických a poloautomatických senzorov vo vinohradoch, ktoré dokážu zachytiť mezo- a mikroklimatické údaje, je relatívne novou problematikou. Zavádzanie nových technológií vo vinohradníctve umožňuje zlepšiť efektivitu a kvalitu produkcie, zefektívnením produkcie sa zároveň znižuje prípadný negatívny vplyv pestovania na životné prostredie (Ruiz-Garcia et al., 2009; Matese et al., 2014; Matese a Gennaro, 2015). Automatické bezdrôtové senzory umožňujú sledovať klimatické premenné v reálnom čase, vinohradníci sa z toho dôvodu dokážu operatívne adaptovať na zmenu podmienok (Burrell et al., 2004; Matese et al. 2014).

Mikroklíma má výrazný vplyv na vývoj a zrelosť hroznových zhlukov, čo ovplyvňuje chuťový a aromatický potenciál ovocia a v konečnom dôsledku aj vína. Najdôležitejšími klimatickými faktormi pre vývoj viniča sú slnečné žiarenie, teplota vzduchu a vlhkosť, ktoré sú často variabilné už v rámci jedného honu (Smart et al., 1985; Spayd et al., 2002). Teplota vzduchu zásadne ovplyvňuje rast a vývoj viniča, je dôležitá najmä počas kvitnutia, keď sa rozhoduje o budúcej úrode. Nízka teplota v zimnom období (pod -15°C) spôsobuje poškodenie jednoročného dreva, veľmi nízka teplota (pod -25°C) i viacročného dreva (Záruba et al., 1985). Rozsah poškodenia viniča závisí

predovšetkým na dĺžke trvania mrazovej situácie, odolnosť voči poškodeniu závisí na vysadenej odrode a kondícii samotného dreva. Dostatok slnečného žiarenia je dôležitý pri fotosyntéze a dozrievaní hrozna. Voda je významná pri transporte látok ako základ všetkých fyziologických procesov, jej nadbytok spôsobuje nadmerný rast letorastov a náchylnosť na hubové ochorenia, nedostatok oslabenie rastu, odumieranie listov a malý rozvoj hrozna (Hoppmann et al., 2017). Silný vietor môže spôsobiť mechanické poškodenie viniča a veterné polohy majú špecifickú mikroklimu, chladnejšiu od okolia (Pavloušek, 2011).

Je dokázané, že vinič, ktorý má dostatok slnečného žiarenia, obsahuje vo svojej šťave, v porovnaní so zatienenými rastlinami, viac cukru a má nižšie pH (Gladstones, 1992; Haselgrove et al., 2000). Do chodu mikroklimatických ukazovateľov môžu zasiahnuť samotní vinohradníci, napríklad odstránením listov a orezaním rastliny, čím sa upraví množstvo dopadajúceho žiarenia. To má následne vplyv na teplotu a biochemické procesy v bobuli, napr. zvýšenie biosyntézy flavonoidov (Petrie et al., 2003; Pereira et al., 2006; Gregan et al., 2012). Odstránenie listov a následné zvýšenie dopadajúceho žiarenia môže znížiť výskyt a závažnosť niektorých ochorení, napr. hniloby (Percival et al., 1994).

Cieľom príspevku je porovnať teplotné pomery v rámci jednotlivých klimatických mierok vo vinohrade, pričom je pre vinohrad využitá najbližšia stanica SHMÚ reprezentujúca makroklimu, automatická stanica vo vinohrade reprezentujúca mezoklimu a sieť šiestich senzorov inštalovaných v listovej stene vinohradu reprezentujúca mikroklimu. Vplyv georeliéfu sa odrazí na úrovni mikroklimy.

Lokalizácia výskumného územia

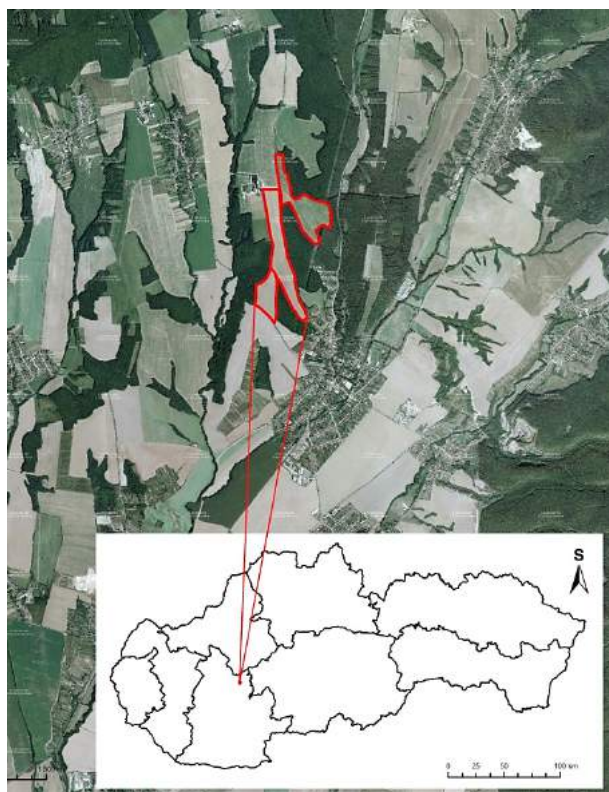
Výskumné územie o rozlohe 57,91 ha vysadeného vinohradu sa nachádza v katastrálnom území obce Topoľčianky (okres Zlaté Moravce) v nadmorskej výške 235 – 305 m n. m. (Obr. 1). Jedná sa o vinohrad s vysadenou širokou škálou odrôd viniča: Veltínske zelené, Müller Thurgau, Rizling vlašský, Rulandské šedé, Rulandské modré, Dunaj, Cabernet Sauvignon, Svätovavrinecké, Frankovka modrá a Merlot. Z hľadiska geomorfometrie je územie značne heterogénne, zastúpené sú chrbtové aj dolinové polohy. Orientácia voči svetovým stranám je prevažne pre vinič vyhovujúca (južná, juhovýchodná, juhozápadná, východná expozícia), časť vinohradu má nevyhovujúcu expozíciu – severovýchodnú až severnú. Priemerný sklon územia je 5° , najsvahovitejšou časťou (až 19°) je juhovýchodný cíp územia.

MATERIÁL A METÓDY

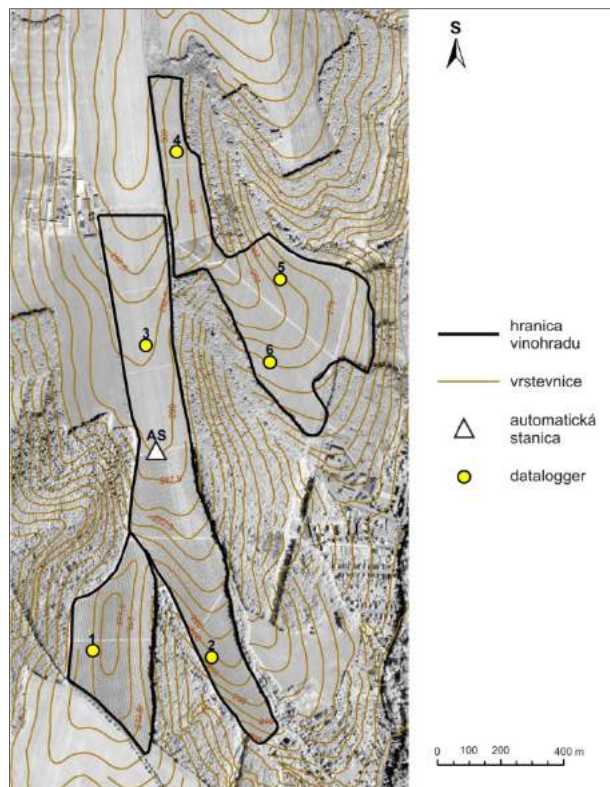
Meracie zariadenia a získavanie údajov

Pre meranie teploty vzduchu, ktorou sa príspevok zaoberá, boli použité tri úrovne merania: štátna klimatologická sieť SHMÚ - stanice Mochovce a Žikava (makroklima), automatická meteorologická stanica umiestnená priamo v sledovanom vinohrade (mezoklima) a šesť snímačov teploty vzduchu v listovej stene vinohradu (mikroklima) v závislosti od georeliéfu skúmaného vinohradu.

Obrázok 1. Lokalizácia územia (snímka: SAŽP, 2019a).
Figure 1. Localization of study area.



Obrázok 2. Poloha automatickej meteorologickej stanice a dataloggerov (snímka: GEOKOD s.r.o., 2018).
Figure 2. Localization of automatic weather station and dataloggers.



Najbližšie v súčasnosti kontinuálne merajúca (od roku 1996) klimatologická stanica zo siete SHMÚ sa nachádza v Mochovciach (cca 19 km južne od vinohradu v nadmorskej výške 261 m n. m.), bližšie k vinohradu sa nachádza stanica Žikava (3 km severne v nadmorskej výške 318 m n. m.), tá však od roku 2011 neposkytuje kontinuálne informácie. Stanica Žikava je využitá pre dlhodobé klimatické, resp. bioklimatické charakteristiky Zlatomoravského vinohradníckeho rajónu a stanicu Mochovce považujeme za referenčnú pre porovnávanie aktuálnych meraní priamo z vinohradu. Údaje zo staníc siete SHMÚ však dostatočne nevypovedajú o vhodnosti konkrétneho stanovišťa pre pestovanie viniča z hľadiska diferenciácie georeliéfu, najmä pokiaľ sa zameriame na detailnejšiu úroveň výberu vhodných odrôd, či kvalitatívne charakteristiky dopestovaného hrozna a vína. Z toho dôvodu bola v roku 2017 do vinohradu inštalovaná automatická meteorologická stanica a šesť dataloggerov (Obr. 2).

Automatická meteorologická stanica je umiestnená v centrálnej časti honu, výrobcom je spoločnosť Pessl Instruments GmbH. Jedná sa o typ iMETOS® 3.3 IMT300, uspokojený na meranie teploty vzduchu, relatívnej vlhkosti vzduchu, teploty pôdy, množstva zrážok, rýchlosti vetra a vlhkosti listov. Teplota vzduchu je meraná vo výške približne 2 m nad povrchom zeme. Meranie veličín prebieha každých 5 min, následne je automaticky generovaný priemer za každých 15 minút a finálne hodinový priemer, ktorý sa odosiela pomocou GSM dátovej siete na webový server. Pre každú hodinu sú zároveň uvedené aj maximálne a minimálne hodnoty teploty vzduchu. Prístup k nameraným údajom je prostredníctvom webového portálu ng.fieldclimate.com.

Mikroklimatické dataloggery snímajúce teplotu vzduchu od spoločnosti Solinst (model 3001) boli umiestnené priamo do vnútra listovej steny radov vinohradu a pripnuté na opornú konštrukciu slúžiacu na vedenie viniča. Výška umiestnenia bola stanovená tak, aby čo najlepšie odrážala teplotné pomery v úrovni vedenia viniča (cca 80 – 120 cm od povrchu zeme, v závislosti od spôsobu vedenia viniča). Dataloggery zaznamenávajú údaje o teplote a tlaku vzduchu každých 10 minút, pričom údaje je nutné fyzicky stiahnuť pomocou optickej hlavice do počítača približne každých 6 mesiacov, kvôli obmedzenej internej pamäti. Na stiahnutie nameraných údajov slúži freeware softvér SolinstLevelogger, ktorý okamžite zobrazuje dáta vo forme tabuliek a grafov. Export nameraných dát je možný vo formáte .csv, čo umožňuje ďalšiu prácu s dátami v iných softvéroch. Z dôvodu obmedzenej pamäte nie sú k dispozícii merania z troch týždňov na prelome mesiacov august a september 2018. Ďalší výpadok dát sa spája len s dataloggerom 4, ktorý bol z dôvodu agrotechnických zásahov dočasne demontovaný na prelome novembra a decembra 2018. Napriek tomu, že dataloggery boli umiestnené v listovej stene a čiastočne tienené listami a opornou konštrukciou, dochádzalo k ich výraznému prehrievaniu počas trvania slnečného svitu, z toho dôvodu je príspevok zameraný na výskyt mrazových situácií, resp. na porovnávanie ranných minimálnych teplôt počas sledovaného obdobia máj 2017 až december 2018. V súčasnosti sú už na dataloggeroch inštalované radiačné kryty spĺňajúce technické štandardy, ktoré by problém s prehrievaním mali vyriešiť.

Dataloggery sú umiestnené v rámci vinohradu relatívne rovnomerne tak, aby bola zachytená geomorfometrická rôznorodosť a rôznorodosť odrôd (Tab. 1).

Vhodnosť umiestnenia dataloggerov bola 22. – 23. júna 2017 testovaná priamo terénymi meraniami na lokalitách dataloggerov 2, 3 a 6. Využitý bol suchý teplomer psychrometra.

Odvodenie geomorfometrických charakteristík

Geomorfometrické charakteristiky - nadmorská výška, sklon, expozícia a celkový úhrn globálneho slnečného žiarenia počas vegetačného obdobia od 1. apríla do 30. septembra (potenciálne oslnenie) boli odvodené z digitálneho terénneho modelu vytvoreného zo Základnej mapy M 1:10 000 (SAŽP, 2019b). Digitálny terénny model bol vytvorený v ArcMap 10.3 interpolačnou metódou *Topo to raster*, pre výpočet sklonu bol použitý nástroj *Slope* a pre výpočet orientácie reliéfu bol využitý nástroj *Aspect*.

Expozícia svahov spolu s ich sklonom ovplyvňuje veľkosť uhla, pod ktorým dopadajú slnečné lúče na zemský povrch. Uhol, pod ktorým dopadajú slnečné lúče na zemský povrch je dôležitý ukazovateľ oslnenia reliéfu, pomocou ktorého je následne možné výpočtom určiť úhrn slnečného žiarenia. Zemepisnú šírku a zároveň aj deklináciu Slnka v rôznom časovom intervale možno považovať v sledovanom území za konštantnú. Posudzujú sa geometrické aspekty dopadu lúčov Slnka na georeliéf, čo však neumožňuje absolútne presný výpočet množstva skutočného žiarenia. V prostredí, kde možno považovať iné atmosférické faktory za homogénne, odzrkadľujú takto vypočítané hodnoty relatívne rozdiely v mikroklimatických podmienkach (Krcho, 1970).

Moduly, ktoré umožňujú výpočet parametrov potenciálneho oslnenia georeliéfu sú súčasťou niektorých GIS platforiem. V praxi je veľmi často používaný modul *AreaSolar Radiation* obsiahnutý v rozšírení *SpatialAnalystTools* aplikácie ArcMap alebo modul *Solarirradiance and irradiation* (*r-sun*) programu GRASS GIS.

Celkový úhrn globálneho slnečného žiarenia počas vegetačného obdobia od 1. apríla do 30. septembra bol vypočítaný pomocou modulu *r-sun*. Pri výpočte priameho

slnečného žiarenia, ako jednej z dvoch zložiek globálneho žiarenia, boli pre priemerné mesačné hodnoty koeficientu „skutočnej oblohy“ zoslabujúceho priame žiarenie použité hodnoty koeficientu z tabuľky 2 uvedené pri meteorologickej stanici Tesárske Mlyňany, ktorá sa nachádza 12,5 km južne od sledovaného územia. Najbližšie údaje z meraní slnečného žiarenia sú k dispozícii pre stanicu Bratislava-Koliba. Hodnoty tohto komponentu boli pre túto stanicu vypočítané ako podiel priameho slnečného žiarenia zisteného z meraní a vypočítaného priameho žiarenia. Tieto hodnoty boli pre stanicu Tesárske Mlyňany upravené vzhľadom na rozdiel priemerných hodnôt trvania slnečného svitu na tejto stanici a na stanici Bratislava-Koliba v normálovom období 1981–2010. Vzhľadom na to, že ročná hodnota trvania slnečného svitu na stanici Tesárske Mlyňany je len o 4,6 % nižšia ako na stanici Bratislava-Koliba, vplyv oblačnosti na zvýšenie intenzity difúzneho žiarenia nebol uvažovaný a pre výpočet boli prevzaté hodnoty komponentu difúzneho žiarenia koeficientu skutočného žiarenia oblohy, vypočítané ako podiel nameraného difúzneho žiarenia a vypočítaného difúzneho žiarenia, uvedené pre stanicu Bratislava-Koliba (Tab. 2).

V module *AreaSolarRadiation* predstavuje určitú obdobu komponentov koeficientu skutočného žiarenia oblohy parameter priepustnosti atmosféry a parameter difúzneho žiarenia. Podľa manuálu k ArcMap (ESRI, 2019) hodnota 0 pre tento parameter predstavuje nulový prenos, v module prednastavená hodnota 0,5 predstavuje prenos priameho slnečného žiarenia za podmienok čistej oblohy a hodnota 1 predstavuje úplný prenos bez strát energie priameho slnečného žiarenia. Interpretácia ostatných hodnôt je ponechaná na používateľa. Vypočítaná ročná hodnota globálneho slnečného žiarenia pre meteorologickú stanicu Bratislava-Koliba (Tab. 3) pri prednastavených hodnotách vstupných parametrov modelu je 1031 kWhm⁻² a ročná hodnota difúzneho žiarenia je 261 kWhm⁻², čo je o 15 %, v prípade globálneho žiarenia, a o 55 % v prípade difúzneho žiarenia menšia hodnota ako namerané hodnoty na tejto stanici pri reálnych atmosférických podmienkach alebo vypočítané hodnoty pomocou modulu *r-sun*, v prípade použitia vstupných parametrov z tabuľky 2.

Tabuľka 1.
Geomorfometrické charakteristiky a odrody v mieste inštalácie dataloggerov.

Table 1.
Geomorphometric characteristics and grapevine varieties at the dataloggers locations.

ID	nadm. výška [m n. m.]	orientácia	sklon [°]	potenciálne oslnenie IV – IX [kWh.m ⁻²]	odroda
1	274,6	Z	4,1	910,1	Rizling vlašský
2	258,6	JZ	8,5	931,6	Müller Thurgau
3	292,9	JV	0,8	908,5	Veltínske zelené
4	297,5	V	4,4	913,4	Chardonnay
5	276,5	SV	7,5	888,2	Frankovka modrá
6	270,3	JZ	5,2	930,0	Frankovka modrá
AS	290,1	JZ	0,6	913,6	Veltínske zelené

1 – 6 číslo dataloggeru, AS – automatická stanica

Tabuľka 2.
Hodnoty koeficientu skutočného žiarenia oblohy pre priame a difúzne slnečné žiarenie.

Table 2.
Real-sky radiation coefficient for direct and diffuse solar radiation

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bratislava-Koliba												
k-priame	0,28	0,34	0,35	0,41	0,44	0,44	0,48	0,49	0,42	0,38	0,24	0,23
k-difúzne	1,13	1,5	1,65	1,94	2,03	2,11	2,01	1,85	1,72	1,47	1,19	1,07
Tesárske Mlyňany												
k-priame	0,25	0,34	0,34	0,39	0,41	0,42	0,45	0,47	0,4	0,36	0,24	0,2

Zvýraznené je vegetačné obdobie

Tabuľka 3. Hodnoty mesačných úhrnov globálneho a difúzneho slnečného žiarenia [kWhm⁻²] vypočítané pomocou programu ArcMap (ASR) a namerané hodnoty v normálovom období 1981–2010 (Kolektív autorov, 2016).

Table 3.
Monthly total values for global and diffuse solar radiation calculated by ArcMap (ASR) and measured values in the normal period 1981–2010.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	spolu
Žiarenie [kWhm ⁻²]	Bratislava-Koliba												
Difúzne, ASR	5	10	20	28	36	38	38	38	24	14	6	4	261
Priame, ASR	8	19	50	84	119	128	128	127	63	29	10	5	770
Globálne, ASR	13	29	70	112	155	166	166	165	87	43	16	9	1031
Difúzne, m	17	28	46	64	78	82	79	66	50	34	19	14	577
Priame, r	11	21	42	69	95	98	106	92	57	33	11	7	642
Globálne, m	28	49	88	133	173	180	185	158	107	67	30	21	1219

m – merané, r – rozdiel medzi meraným globálnym a meraným difúznym žiarením

Napriek odchýlkam výstupov oboch testovaných modulov, obidva moduly pravdepodobne počítajú zdanlivú dráhu Slnka po oblohe vzhľadom na dotykovú rovinu ku georeliéfu v danom bode na základe rovnakých algoritmov. V prospech tohto tvrdenia svedčí veľmi podobná štruktúra vygenerovaných vektorových polí priameho, ale aj globálneho slnečného žiarenia. Rozdiely medzi modulmi sú len vo vygenerovaných skalárnych hodnotách. Tieto rozdiely spôsobuje nie jednoznačne nastaviteľná škála hodnôt koeficientov simulujúcich zoslabujúci alebo zosilňujúci efekt atmosféry. Z tohto dôvodu pri neznámych hodnotách týchto parametrov sú obidva modulové nástroje vhodné viac na modelovanie štruktúry radiačných polí ako na samotné vyjadrenie úhrnov jednotlivých zložiek slnečného žiarenia. Kvôli ľahšej interpretovateľnosti zoslabujúcich koeficientov v module *Solarirradiance and irradiation [r-sun]* programu GRASS GIS bol pre výpočet použitý tento program.

Výber a spracovanie klimatických a bioklimatických charakteristík

Dlhodobé bioklimatické charakteristiky boli počítané z údajov za normálové obdobie rokov 1980–2010 zo stanice Žikava, ktorá sa nachádza najbližšie k spracovávanému vinohradu. Tradičné bioklimatické indexy využívané vo vinohradníctve sú založené na teplote ako hlavnom klimatickom faktore. Najbežnejšie využívaným je výpočet priemernej teploty za vegetačné obdobie (1.4.–31.10.). V príspevku je okrem priemernej teploty za vegetačné obdobie využitý helietermický index (Huglin, 1978) a index chladnej noci (Tonietto, 1999).

Helietermický index určuje helietermický potenciál konkrétnych klimatických podmienok. Stanovuje taktiež potenciál odrôd vinnej révy pre dosiahnutie zrelosti vo vzťahu k stanovištu.

$$HI = \sum_{01.04}^{30.09} \frac{(T - 10) + (T_x - 10)}{2} d,$$

kde

T – priemerná denná teplota,

T_x – maximálna denná teplota,

d – parameter zem. šírky (do 48° 1,05; nad 48° 1,06).

Indexom chladnej noci sa hodnotí potenciál stanovišta vo vzťahu k tvorbe sekundárnych metabolitov (fenologických a aromatických látok) v hrozne. Stanovuje sa podľa

nočných teplôt pri dozrievaní hrozna, jedná sa o priemer minimálnych denných teplôt v septembri v °C.

Z hľadiska mikroklimy sme boli nútení zamerať sa na štúdium minimálnych teplôt, z dôvodu prehrievania mikroklimatických dataloggerov. Dôraz bol kladený na výskyt mrazových situácií, ktorých variabilita v rámci roka je vo vinohradníckej praxi veľmi dôležitá. Mrazové situácie počas zimného obdobia sú žiaduce napríklad z dôvodu zdravého vymrznutia škodcov a hubových chorôb vo viniči (Vanek, 2011). Preto boli sledované počty dní s mrazom pod –5 °C. V zimnom období je zároveň vhodné sledovať aj teplotu klesajúcu pod –7 °C pre potreby výroby ľadového vína. Naopak, Vanek (2011) a Zacha (1977) uvádzajú, že všeobecne môže dôjsť k poškodeniu viniča v dobrej kondícii, ak je teplota niekoľko dní nižšia ako –15 °C (poškodzujú sa púčiky), –20 °C (poškodzuje sa kambialne pletivo), –22 °C (poškodzuje sa staré drevo). Nakoľko počas sledovaného obdobia sa nevyskytla teplota nižšia ako –20 °C, sledovaný bol výskyt teploty nižšej ako –15 °C.

Minimálna mesačná a minimálna nočná teplota na lokalitách v rámci vinohradu demonštrovali vplyv georeliéfu na mikroklimu daného miesta.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Dlhodobé bioklimatické charakteristiky Zlatomoravského vinohradníckeho rajónu

Dlhodobé bioklimatické charakteristiky sú dôležité predovšetkým z hľadiska novej výsadby vinohradov, štandardne je využívaný 30-ročný časový rad. V prípade Zlatomoravského vinohradníckeho rajónu sa za referenčné stanice považujú stanice Žikava a Mochovce, pre analyzovaný vinohrad bola zvolená stanica Žikava, nachádzajúca sa 3 km severne.

Z hľadiska priemernej teploty za vegetačné obdobie (1.4.–31.10.) možno rajón považovať za ideálny pre pestovanie širokého spektra odrôd viniča. Podľa Jones a Hellman (2003) sú pre územie s priemernou teplotou za vegetačné obdobie od 13 do 15 °C vhodné odrody Rulandské šedé, Müller Thurgau, Tramín červený a Ryzling rýnsky a pre teplotu od 15 do 17 °C sú vhodné odrody Rulandské modré, Chardonnay a Sauvignonblanc.

Helietermický index (Huglin, 1978) zaraďuje z dlhodobého hľadiska Zlatomoravský vinohradnícky rajón do chladnej (HI = 1500 až 1800) a miernej (HI = 1800–2100) triedy vinohradníckej klímy (Tonietto a Carboneau, 2004).

Rajón je vhodný pre pestovanie veľkého spektra bielych aj modrých odrôd (predovšetkým Ryzling rýnsky, Rulandské biele a Merlot), podmienky sú vhodné aj na pestovanie neskorých odrôd, napr. Cabernet Sauvignon a Syrah. V porovnaní s predchádzajúcimi rokmi, v roku 2018 je badateľný nárast hodnoty helietermického indexu. V stanici Mochovce za rok 2018 dosiahol hodnotu 2430, čo pre aktuálne vysadené odrody predstavuje vysoké riziko výskytu stresových javov (napr. šírenie chorôb, pálenie listov).

Zlutomoravský vinohradnícky rajón je z hľadiska indexu chladnej noci zaradený do oblasti veľmi chladných ($\leq 12^{\circ}\text{C}$) až chladných ($12-14^{\circ}\text{C}$) nocí (Tonietto a Carboneau, 2004). Táto oblasť je charakterizovaná nízkou nočnou teplotou, ktorá však môžu mať pozitívny vplyv v závislosti od helietermických možností zaistujúcich dobrú zrelosť hrozna. Zároveň má táto trieda vysoký potenciál pre farbu a arómu. Ak ale hrozno nie je dostatočne vyzreté, nízka nočná teplota v septembri môže mať potenciálne nepriaznivý vplyv na kvalitu hrozna a vína v dôsledku zastavenia hromadenia cukrov a odbúravania kyselín. Na rozdiel od predošlých bioklimatických parametrov, septembrová nočná teplota v súčasnosti nevybočuje z dlhodobých intervalov.

Charakteristika zistených mrazových situácií a jej vplyv na vinič

Vo všeobecnosti možno konštatovať, že počas meraní (máj 2017–december 2018) neboli zaznamenané mrazové situácie, ktoré by viniču výrazne negatívne ovplyvnili. Skoré októbrové mrazy, ktoré sme zaznamenali, môžu ale spôsobiť stmavnutie, zosychanie a predčasný opad listov. V prípade neskorých odrôd sa zastavuje dozrievanie, zastaví sa hromadenie cukrov a odbúravanie kyselín, čo má vplyv na výslednú kvalitu vína (Pavloušek, 2011).

V zime (december až február) neklesla teplota pod -15°C , kedy by mohlo dôjsť k poškodeniu jednoročného dreva (Záruba et al., 1985). Zimné mrazy v sledovanom období pôsobili na vinič prevažne pozitívne, vďaka mrazivému počasiu je vinič schopný odpočívať, pričom dochádza k zdravému vymrznutiu škodcov a hubových chorôb. Okrem silných mrazov je pre vinohrad nebezpečná vysoká rozkolísanosť teplôt (Vanek et al., 1995), čo vzhľadom na vysoký podiel dní s mrazom počas zimných mesiacov nebolo vo skúmanom vinohrade zistené. V zimných mesiacoch je zároveň žiadúce sledovať aj teplotu klesajúcu pod -7°C pre potreby výroby ľadového vína. Podľa §20 zákona č. 313/2009 o vinohradníctve a vinárstve ide o špeciálny druh vína, vyrobeného z hrozna, ktoré bolo zbierané pri teplote -7°C , alebo nižšej. Hrozno by malo byť počas zberu aj spracovania zamrznuté, cukornatosť získaného muštu má byť najmenej 27°NMa a skutočný obsah alkoholu vo víne najmenej 6 % objemu. Najvhodnejšie podmienky na zber takéhoto hrozna sú keď teplota poklesne pod -7°C dva až tri po sebe idúce dni.

Z pohľadu vinohradníckej praxe sú najnebezpečnejším javom jarné mrazy (marec až máj). Miera poškodenia narastá pri skorých odrodách, ktorých pučanie začína skôr. Mladé výhonky po vyrašení, listy a púčiky môžu byť v apríli a máji poškodené pri teplote -3°C , menej odolné odrody dokonca strácajú odolnosť už pri teplote $-0,5^{\circ}\text{C}$. Zamrznuté časti hnednú a vysychajú, strapce odumierajú

a následne černejú (Vanek, 2011). Zaznamenaný bol výskyt mrazu v máji 2017, mraz však dosahoval maximálne $-1,57^{\circ}\text{C}$ v lokalite 6 a nemal na vinič negatívny vplyv.

Špecifickým javom, ktorý sa vplyvom klimatickej zmeny bude v budúcnosti pravdepodobne opakovať, bol marec 2018 s abnormálne vysokým počtom mrazových dní. Tieto mrazy ale podľa vinohradníkov neboli nebezpečné, nakoľko sa nimi oddialil nástup fenofázy pučania. Ak by začiatok marca bol teplý, začalo sa pučanie, a mrazy udreli po jeho začiatku, predstavovalo by to značný problém.

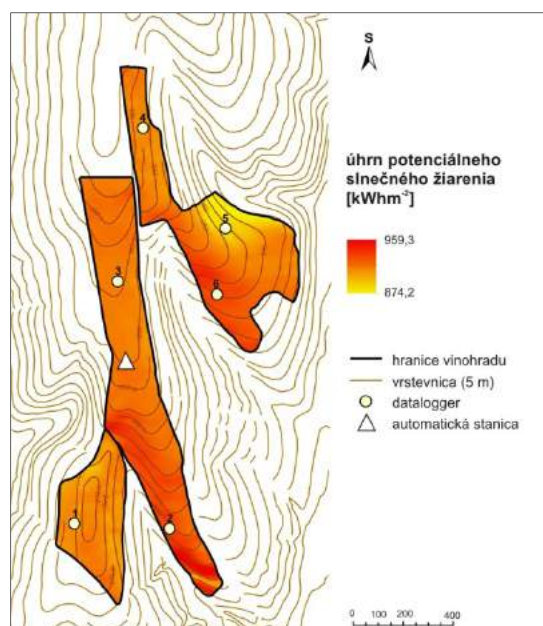
Mikroklima skúmaného vinohradu

Výskum mezoklímy a mikroklímy vinohradu bol realizovaný pomocou jednej automatickej meteorologickej stanice a šiestich dataloggerov, ktorých umiestnenie reprezentuje rozličné mikropoly.

Na základe vykonaných meraní prebiehajúcich od mája roku 2017 do decembra 2018, možno konštatovať, že teplotné rozdiely okamžitých teplôt v rámci skúmaného vinohradu dosahujú $2-5^{\circ}\text{C}$. Jedná sa o hodnoty, ktoré v prípade mrazových situácií, a aj v prípade vysokých teplôt, môžu výrazne ovplyvniť mieru poškodenia vinohradu. Dosiahnuté teplotné rozdiely nie je možné pripisovať štandardnému výškovému gradientu ($0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), nakoľko rozdiel polôh jednotlivých meracích zariadení dosahuje maximálne 38,9 m, v prípade celého vinohradu sa jedná maximálne o 70 m prevýšenie. Ak by bol v platnosti výškový gradient teploty, potenciálne najteplejšou je lokalita dataloggeru 2 a najchladnejšou lokalita dataloggeru 4, čo nebolo potvrdené, práve naopak. Z toho vyplýva, že pri hodnotení diferenciácie teploty vzduchu zohráva výraznejšiu rolu sklon a orientácia svahu, ktorých priestorová syntéza vytvára ukazovateľ oslnenia georeliéfu (Obr. 3) a topológia.

Obrázok 3. Celkový úhrn globálneho slnečného žiarenia počas vegetačného obdobia (1. 4. – 30. 9.).

Figure 3. The total amount of global solar radiation during the growing season.



Tabuľka 4. Počet dní s mrazom na jednotlivých stanovištiach vo vybraných mesiacoch a rokoch porovnané s údajmi SHMÚ (Mochovce).

Table 4. Frost days at sites in selected months and years compared to Slovak Hydrometeorological Institute data from Mochovce.

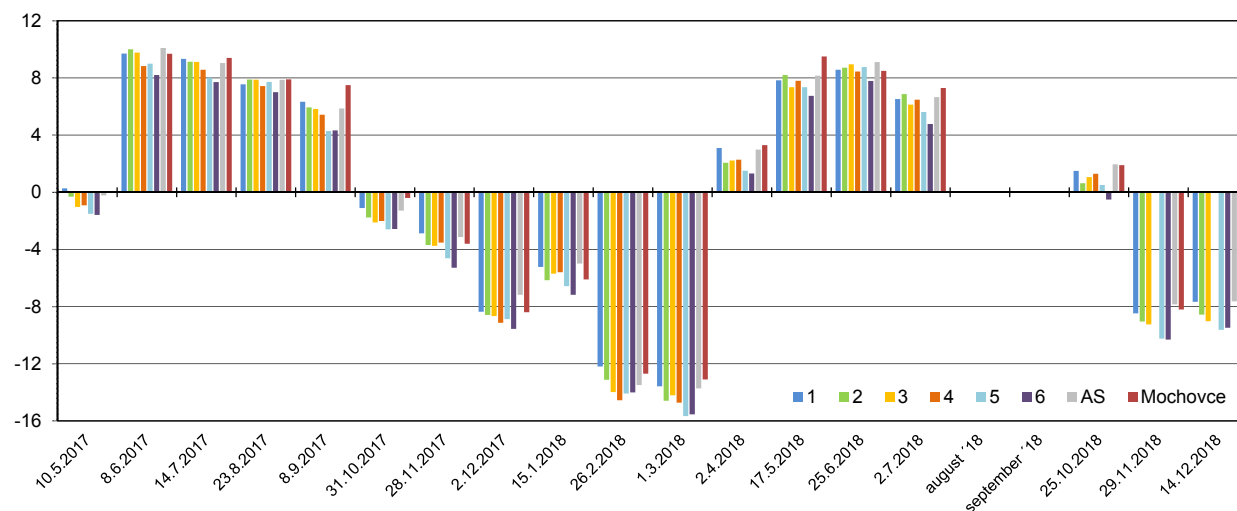
	5/17	10/17	11/17	12/17	1/18	2/18	3/18	10/18	11/18	12/18
	T ≤ 0	T ≤ 0	T ≤ 0	T ≤ 0	T ≤ 0	T ≤ 0	T ≤ 0	T ≤ 0	T ≤ 0	T ≤ 0
	0	0	0 -5	0 -5 -7	0 -5 -7	0 -5 -7	0 -5 -7 -15	0	0 -5 -7	0 -5 -7
1	0	1	6 0	19 5 1	16 1 0	25 8 5	16 6 1 0	0	6 2 2	19 5 3
2	1	2	8 0	19 10 4	17 3 0	27 9 6	19 8 3 0	0	6 3 2	21 6 4
3	1	1	10 0	21 9 5	17 3 0	27 9 6	19 8 3 0	0	6 3 2	22 6 4
4	1	1	10 0	22 9 5	18 2 0	27 10 7	20 8 3 0	0	–	–
5	1	2	14 2	23 10 5	18 3 0	27 9 8	20 8 3 1	0	8 3 3	22 6 4
6	1	2	13 2	23 10 7	19 4 1	27 9 8	21 8 3 1	1	7 3 3	23 7 4
AS	1	1	6 0	21 5 2	15 0 0	25 8 5	16 7 2 0	0	6 2 2	20 5 1
M	1	1	7 0	23 7 3	18 2 0	25 8 4	16 7 3 0	0	6 1 0	19 5 1

$T \leq 0$ - celkový počet dní s mrazom; z toho $T \leq -5$ - počet dní s mrazom pod -5°C ; z toho $T \leq -7$ - počet dní s mrazom pod -7°C

1 – 6 - čísla dataloggerov, AS - automatická stanica, M - stanica Mochovce, – bez dát

Obrázok 4. Minimálna teplota počas najchladnejšej noci v rámci vinohradu porovnané s údajmi SHMÚ (Mochovce).

Figure 4. Minimum temperature during the coldest night in the vineyard compared with the data of the Slovak Hydrometeorological Institute.



Podľa modelu úhrnu globálneho slnečného žiarenia počas vegetačného obdobia sa územie javí ako ideálne pre pestovanie širokej škály odrôd viniča (s výnimkou severovýchodne orientovanej časti). Potenciálne najteplejšími lokalitami v rámci študovaného vinohradu je juhovýchodný cíp (lokalita dataloggeru 2) a južná časť východného výbežku (lokalita dataloggeru 6). Naopak, potenciálne najchladnejšou časťou by mal byť juhozápadný cíp (lokalita dataloggeru 1) a severná časť východného výbežku (lokalita dataloggeru 5). Čiastočne potvrdená ako najchladnejšia bola len lokalita 5. Z toho dôvodu je žiaduce zaoberať sa topografiou ako vedúcim faktorom diferenciácie teploty vzduchu. Je nutné podotknúť, že vinič je heliofyty, natáčaním sa dokáže kompenzovať nižšie úhrny slnečného svitu.

Z nameraných hodnôt minimálnych teplôt (Obr. 4, Tab. 4) možno konštatovať, že najchladnejšou oblasťou je lokalita 6, napriek tomu, že vykazuje takmer najvyššiu mieru potenciálneho oslnenia ($930,0 \text{ kWh.m}^{-2}$), a teda by

mala byť teplejšia v porovnaní s ostatnými lokalitami. Teplota v lokalite klesala najnižšie takmer vo všetkých sledovaných mesiacoch, zároveň tu boli dosahované najväčšie počty dní s mrazom. Dôvodom je poloha na svahu relatívne úzkej doliny so zalesneným protisvahom, čo vytvára podmienky pre akumuláciu studeného vzduchu. Miera potenciálneho oslnenia sa prejavila počas terénnych meraní (22. – 23. 6. 2017), kde bola v lokalite 6 zistená najvyššia teplota v rámci pozorovaných území (lokalita 2 a 3), nočné minimá naopak dosahovali najnižšie hodnoty.

Obdobne chladné podmienky boli zaznamenané v lokalite 5, čo bolo očakávané vzhľadom na severovýchodnú orientáciu územia, relatívne nízku mieru potenciálneho oslnenia ($888,2 \text{ kWh.m}^{-2}$) a dolinovú polohu. Z hľadiska vhodnosti územia na pestovanie viniča možno hodnotiť územie ako čiastočne nevhodné, predovšetkým pre modré odrody. V kontraste s týmto tvrdením je, spoločne s lokalitou 6, pestovanie Frankovky modrej. Podľa slov vinohradníkov boli tieto polohy z dôvodu výskytu žiaducich

mrazov vytipované na pestovanie ľadového vína, ktorého zber je realizovaný najčastejšie v priebehu decembra, čo bolo výskytom za sebou idúcich dní s mrazom pod -7°C potvrdené. Z toho titulu možno považovať územie za vhodné, avšak je nutné zvážiť výskyt nebezpečných mrazov (-15°C), ktoré sa ale v lokalite počas výskumu vyskytli len počas jedného dňa.

Pri ranných minimálnych teplotách sa inverzia prejavuje najvýraznejšie v prípade lokality 2. Dochádza tu k stekaniu a výraznej akumulácii studeného vzduchu z málo svahovitej plošiny, čo je zvýraznené aj relatívne prudkou zmenou georeliéfu v oblasti nad dataloggerom 2. Priamo v lokalite sa pestuje odroda Müller Thurgau, ktorá má strednú odolnosť voči mrazu, po mrazoch je schopná dobre regenerovať. Avšak v lokalite pod umiestneným dataloggerom sa nachádza odroda Merlot, ktorá je náchylná na jarné mrazy z dôvodu včasného pučania (Domin et al., 2017). Počas meraní ale neboli zaznamenané, aj z dôvodu všeobecne málo chladných rokov, také mrazové situácie, ktoré by vinič v lokalite ohrozili.

Lokality 3 a 4 sa javia podľa meraní ako mikroklimaticky podobné, čo je potvrdené aj podobnosťou morfometrických parametrov a potenciálnej miery oslnenia (Tab. 1). Jedná sa o lokality na málo sklonitých a snečných svahoch s dobrou vzdušnosťou, nie sú ovplyvnené stekáním studeného vzduchu z okolia. Z hľadiska vinohradníckej praxe sú tieto lokality vhodné pre pestovanie širokého spektra bielych aj modrých odrôd, nakoľko sa jedná o oblasť, kde je eliminované riziko inverzných situácií, a s tým spojených extrémnych mrazových situácií. V lokalite 3 a jej širšom okolí sa pestuje odroda Veltínske zelené, v lokalite 4 je to odroda Chardonnay a Rulandské modré.

Podľa meraní je najteplejšou oblasťou lokalita okolo dataloggeru 1, ktorá však v porovnaní s ostatnými lokalitami dosahuje najnižšie miery potenciálneho oslnenia a je otáznou, či by najteplejšou bola aj pri meraní najvyšších denných teplôt. Oblasť je málo svahovitá, jedná sa o nízky konvexný útvar. Zo severu a juhovýchodu je oblasť ohraničená lesom, ktorého potenciálne ochladzujúci efekt je eliminovaný spomínanou morfometriou a otvorenosťou juhozápadnej časti smerom k rovinatým poľnohospodárskym pozemkom, ktoré nebránia prúdeniu vzduchu. Takáto oblasť s malým výskytom mrazov a potenciálnym príkonom slnečného žiarenia $855,7 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ je vhodná aj na pestovanie teplomilných odrôd s nízkou mrazuvzdornosťou, čo potvrdilo vhodnosť výsadby Rizlingu vlašského.

Zo zistených výsledkov vyplýva, že mikroklimatické merania dokážu podať relevantné a dostatočne detailné informácie o teplotných rozdieloch v rámci niekoľkých hektárov vinohradu, ktoré môžu následne napomôcť nielen pri rozhodovaní o vhodnosti stanovišťa pre pestovanie konkrétnej odrody viniča. Zároveň je možné, na základe identifikácie „mrazových údolí“, efektívne pripraviť opatrenia, ktoré zabránia potenciálnym škodovým udalostiam.

ZÁVER

Výskum poukázal na skutočnosť, že mikroklimatické hodnotenie má v rámci posudzovania *terroir* vinohradov svoje miesto. Tradične využívané hodnotenie klimatických charakteristík na základe údajov zo siete staníc SHMÚ nedokáže zohľadniť meniacu sa mikroklimu, nakoľko rozdiely medzi teplotou vzduchu v rámci jednotlivých častí morfometricky diferencovaného územia dosahujú niekoľko $^{\circ}\text{C}$. Vysoká variabilita teplôt môže ovplyvňovať rozdielny nástup fenofáz viniča v jednotlivých častiach konkrétneho vinohradu. Mikroklimatické merania a následné prognózy sú vhodným podkladom pre manažment agrotechnických zásahov (napr. prispôbenie odrodového zloženia, protimrazové opatrenia).

Výskyt nameraných mrazových situácií jednoznačne poukázal na výrazný vplyv georeliéfu a topografie na mikroklimu vinohradu. Georeliéf v skúmanom vinohrade ovplyvňuje predovšetkým vznik teplotných inverzií a súvisiace stekanie a akumuláciu studeného vzduchu v dolinových polohách.

Podakovanie

Tento príspevok bol podporovaný Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-15-0597 a Grantom Univerzity Komenského č. UK/271/2019. Dáta z klimatologických staníc boli poskytnuté Slovenským hydrometeorologickým ústavom na základe spisu č. 201-1497/2019/1463.

LITERATÚRA

- Branas, J., 1974, *Viticulture*. Dehan, 990 p.
- Burrell, J.–Brooke, T.–Beckwith, R., 2004, *Vineyard computing: sensors networks in agricultural production*. LNCS, 3, 38–45.
- Domin, J.–Furdíková, K.–Báleš, V.–Timár, P.–Žembeová, A., 2017, *Hrozno a víno ekologicky*. Víno Natural, 352 s. ISBN 978-80-972706-1-2.
- ESRI, 2019, *ArcGIS Desktop Documentation: Area Solar Radiation*. [Online]. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/area-solar-radiation.htm> [cit. 20. 03. 2019].
- GEOKOD s.r.o., 2018, *Ortofoto snímka vinohradu v Topoľčiankach*. [fotografia]
- Gladstones, J.S., 1992, *Viticulture and the Environment*. Wine-Titles, 320 p. ISBN 9781875130122.
- Gregan, S.M.–Wargent, J.J.–Liu, L.–Shinkle, J.–Hofmann, R.–Winefield, C.–Jordan, B., 2012, *Effects of solar ultraviolet radiation and canopy manipulation on the biochemical composition of Sauvignon Blanc grapes*. Aust. J. Grape Wine Res., 18(2), 227–238.
- Haselgrove, L.–Botting, D.–van Heeswijck, R.–Hoj, P.B.–Dry, P.R.–Ford, D.–Iland, P.G., 2000, *Canopy microclimate and berry composition: The effect of bunch exposure on the phenolic composition of Vitis vinifera L. cv. Shiraz grape berries*. Aust. J. Grape Wine Res., 6(2), 141–149.

- Hoppmann, D.–Schaller, K.–Stoll, M., 2017, *Terroir - Wetter, Klima und Boden im Weinbaum*. Verlag Eugen Ulmer, 372 p. ISBN 978-3-8001-03501-8.
- Huglin, P., 1978, *Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole*. Symposium International sur l'écologie de la vigne. Constança. 88–89.
- Jones, G.V.–Hellman, E.W., 2003, *Oregon viticulture*. Oregon State University Press, p. 264. ISBN 978-0870715549.
- Kolektív autorov, 2016, *Klimatologické normály na Slovensku za obdobie 1981–2010*. Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor klimatologická služba. 216 p.
- Krcho, J., 1970, *Zostrojenie máp časovej a uhlovej dynamiky oslnenia reliéfu graficko-numerickým spôsobom a pomocou samočinných počítačov*. Geografický časopis, 22(4), 205–245.
- Matese, A.–DiGennaro, S.F., 2015, *Technology in precision viticulture: a state of the art review*. J. WineRes., 7(1), 69–80.
- Matese, A.–Crisci, A.–DiGennaro, S.F.–Primicerio, J.–Tomasic, D.–Marcuzzo, P.–Guidoni, S., 2014, *Spatial variability of meteorological conditions at different scales in viticulture*. AgricForMeteorol, 189–190, 159–167.
- Morlat, R., 1989, *Le terroir viticole: contribution à l'étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins: application aux vignobles rouges de moyenne vallée de la Loire*. Université de Bordeaux Ségalen. 289 p.
- Pavloušek, P., 2011, *Pěstování révy vinné*. Grada Publishing. 333 s. ISBN 978-80-247-3314-2.
- Percival, D.C.–Fisher, K.H.–Sullivan, J.A., 1994, *Use of fruit zone leaf removal with Vitis vinifera L. cv. Riesling grapevines. II. Effect on fruit composition, yield and occurrence of bunch rot, Botrytis cinerea*. Am. J. Enol.Vitic., 45, 133–140.
- Pereira, G.E.–Gaudillere, J.P.–Pieri, P.–Hilbert, G.–Maucourt, M.–Deborde, C.–Rolin, D., 2006, *Microclimate influence on mineral and metabolic profiles of grape berries*. J. Agric. Food Chem., 54 (18), 6765–6775.
- Petrie, P.R.–Trought, M.C.T.–Howell, G.S.–Buchan, G.D., 2003, *The effect of leaf removal and canopy height on whole-vine gas exchange and fruit development of Vitis vinifera L. Sauvignon Blanc*. Funct. Plant Biol., 30(6), 711–717.
- Ruiz-Garcia, L.–Lunadei, L.–Barreiro, P.–Robla, J.I., 2009, *A Review of WirelessSensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of the Art and CurrentTrends*. Sensors, 9, 4728–4750.
- SAŽP, 2019a, *Ortofoto mapa Slovensko*. [Online]. <http://tiles.geop.sazp.sk/base/service?> [cit. 27. 03. 2019].
- SAŽP, 2019b, *Základná mapa SR 1:10 000*. [Online]. <http://tiles.geop.sazp.sk/base/service?> [cit. 09. 01. 2019]
- Seguin, G., 1986, *Terroirs and pedology of winegrowing*. Experientia. 42, 861–873.
- Smart, R.E., 1985, *Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review*. Am. J. Enol. Vitic., 36, 230–239.
- Spayd, S.E.–Tarara, J.M.–Mee, D.L.–Ferguson, J.C., 2002, *Separation of sunlight and temperature effects on the composition of Vitis vinifera cv. Merlot berries*. In: Am. J. Enol. Vitic., 53, 171–182.
- Tomasi, D.–Gaiotti, F.–Jones, G.V., 2013, *The Power of the Terroir: the Case Study of Prosecco Wine*. Springer Basel. 248 p. ISBN 978-3-0348-0627-5.
- Tonnieto, J., 1999, *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mesoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France: méthodologie de caractérisation*. Montpellier. These Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique Montpellier. 466 p.
- Tonnieto, J.–Carbonneau, A., 2004, *A Multicriteria Climatic Classification System for Grape-Growing Regions Worldwide*. Agric. For. Meteorol. 124, 81–97.
- Van Leeuwen, C.–Seguin, G., 2006, *The Concept of Terroir in Viticulture*. J. Wine Res. 17(1). 1–10.
- Vanek, G., 2011, *Kontrolujeme dôsledky zimných mrazov. Vinič a víno. 1*.
- Winkler, A.J.–Cook, W.M.–Kliewer, W.M.–Lider, L.A., 1974, *General Viticulture*. University of California Press. 710 p. ISBN 9780520025912.
- Zacha, V., 1977, *Ochrana vinné révy před chorobami a škůdci*. Český ovocinářský a záhradkářský svaz. 31 p.
- Zákon č. 313/2009 Z. z. o vinohradníctve a vinárstve.
- Záruba, F.–Homoľová L.–Kaša, A.–Pazderka, F., 1985, *Vinohradníctvo. Príroda*, 384 p. ISBN 80-07-00216-2.