

Varijabilnost vegetativnog i generativnog potencijala vinove loze unutar proizvodnih vinograda vinogorja Pleševica

Dasović, Marina

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:467247>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-12**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**VARIJABILNOST VEGETATIVNOG I GENERATIVNOG
POTENCIJALA VINOVE LOZE UNUTAR PROIZVODNIH
VINOGRADA VINOGRJA PLEŠIVICA**

DIPLOMSKI RAD

Marina Dasović

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Vinogradarstvo i vinarstvo

**VARIJABILNOST VEGETATIVNOG I GENERATIVNOG
POTENCIJALA VINOVE LOZE UNUTAR PROIZVODNIH
VINOGRADA VINOGRJA PLEŠIVICA**

DIPLOMSKI RAD

Marina Dasović

Mentor:

prof. dr. sc. Marko Karoglan

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Marina Dasović**, JMBAG 0130195651, rođena 03.04.1986. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**VARIJABILNOST VEGETATIVNOG I GENERATIVNOG POTENCIJALA VINOVE LOZE UNUTAR
PROIZVODNIH VINOGRADA VINOGORJA PLEŠIVICA**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Marine Dasović**, JMBAG 0130195651, naslova

**VARIJABILNOST VEGETATIVNOG I GENERATIVNOG POTENCIJALA VINOVE LOZE UNUTAR
PROIZVODNIH VINOGRADA VINOGORJA PLEŠIVICA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Prof. dr. sc. Marko Karoglan mentor

2. Doc. dr. sc. Domagoj Stupić član

3. Izv. prof. dr. sc. Željko Andabaka član

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Cilj rada	3
2. Pregled literature	4
2.1. Precizno vinogradarstvo	4
2.1.1. Daljinsko praćenje vinove loze	5
2.2. Prostorna varijabilnost tla	6
2.3. Prostorna varijabilnost u bujnosti vinove loze	8
2.4. Prostorna varijabilnost u prinosu vinove loze	9
2.5. Prostorna varijabilnost u sastavu i kakvoći grožđa	10
3. Materijali i metode	14
3.1. Sorta 'Pinot crni'	14
3.1.1. Podrijetlo i rasprostranjenost	14
3.1.2. Morfološka i biološka svojstva	15
3.1.3. Gospodarska svojstva	15
3.2. Podregija Plešivica	16
3.2.1. Geološko-pedološke značajke	17
3.2.2. Klimatske značajke i meteorološki podaci za 2020. godinu	17
3.2.3. Vinogradi Tomac	19
3.2.4. Vinogradi Šember	21
3.3. Metode kemijske analize	22
3.3.1. Određivanje realne kiselosti (pH)	22
3.3.2. Određivanje ukupnog dušika (N) u suhoj tvari lista	22
3.4. Ravazov indeks	23
4. Rezultati i rasprava	24
4.1. Rezultati mjerenja u vinogradu Tomac	24
4.2. Rezultati mjerenja u vinogradu Šember	30
5. Zaključak	37
6. Popis literature	38

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Marine Dasović**, naslova

VARIJABILNOST VEGETATIVNOG I GENERATIVNOG POTENCIJALA VINOVE LOZE UNUTAR PROIZVODNIH VINOGRADA VINOGORJA PLEŠIVICA

Prostorna varijabilnost unutar vinograda utječe na mnoge parametre povezane uz kvalitetu grožđa, a posljedica toga je da je teško predvidjeti prinos i kakvoću grožđa i mošta. Ciljanim upravljanjem možemo dobiti uniformne zone unutar vinograda ili kvalitativno različite zone grožđa koje možemo prilagoditi specifičnom tržištu. Precizno vinogradarstvo je važan faktor u povećanju prediktivnosti u uzgoju koji ima za cilj povećati kvalitetu grožđa i profitabilnost. U ovom se istraživanju proučavala varijabilnost vegetativnog i generativnog potencijala sorte 'Pinot crni' u vinogradima Tomac i Šember smještenih u vinogorju Plešivica – Okić, podregije Plešivica, 2020. godine. Na ciljanim trsovima utvrđeni su pokazatelji uroda grožđa - broj grozdova po trsu, prosječna masa grozda (g) te prinos po trsu (kg). Kemijskom analizom mošta prema metodama O.I.V.-a (2001) dobiveni su parametri kakvoće grožđa - koncentracija šećera, sadržaj ukupnih kiselina te pH vrijednost. Bujnost vinove loze opisana je pomoću Ravazovog indeksa te sadržaja dušika (N) u suhoj tvari lista. Rezultati su pokazali da je u vinogradima Tomac i Šember prisutna izražena prostorna varijabilnost u prinosu, bujnosti i kakvoći grožđa. Koncentracija šećera, sadržaj ukupnih kiselina i pH vrijednost pokazali su prostornu varijabilnost te su označene kvalitativno povoljne zone (zone s višom koncentracijom šećera i nižim sadržajem ukupnih kiselina) te kvalitativno nepovoljne zone u kojima su izražene niže koncentracije šećera i više ukupne kiseline. Prema pokazateljima uroda vidljiva je korelacija između manjeg prinosa grožđa i zona visoke kvalitete te između višeg prinosa i zona niske kvalitete grožđa. Prema dobivenim vrijednostima za Ravazov indeks vinograda Šember, manje od polovice promatranih trsova pokazalo je znakove neravnoteže, odnosno pretjerano visoke bujnosti koja za posljedicu ima prosječno manji prinos, ali i višu kvalitetu grožđa.

Ključne riječi: prostorna varijabilnost, vegetativni potencijal, generativni potencijal, prinos, bujnost, kakvoća grožđa, vinogorje Plešivica

Summary

Of the master's thesis – student **Marina Dasović**, entitled

VARIABILITY OF VEGETATIVE AND GENERATIVE GRAPEVINE POTENTIAL WITHIN THE PRODUCTION VINEYARDS OF WINE-GROWING SUBREGION PLEŠIVICA

Spatial variability within vineyards affects various grape quality parameters and as a consequence it is difficult to predict yield and quality of grapes and grape juice. With precise vineyard management we can form uniform zones within vineyard or qualitatively different grape zones that we can adjust to specific markets. Precision viticulture is an important factor in increasing predictability in growing, that has a goal to increase the quality of grapes and profitability. In this research we studied the variability of vegetative and generative potential of 'Pinot noir' variety in Tomac and Šember vineyards that are located in wine-growing area Plešivica – Okić in subregion Plešivica, in year 2020. Grape yield indicators were established on sampled vines – number of grapes per vine, average grape weight (g) and yield per vine (kg). Chemical analysis of grape juice according to O.I.V. (2001) showed grape quality parameters – sugar content, titratable acidity content and pH values. Vine vigour was described with Ravaz Index and nitrogen (N) content in dry leaf matter. Results have shown that there is a pronounced spatial variability present in Tomac and Šember vineyards in yield, vigour and grape quality. Sugar content, titratable acidity content and pH value have shown spatial variability and higher quality zones have been marked (zones with higher sugar content and lower titratable acidity values) as well as lower quality zones with lower sugar content and higher titratable acidity. Grape yield indicators have shown a correlation between lower grape yield and high quality zones and between higher grape yield and low quality zones. According to Ravaz Index values of Šember vineyard, less than half of tested vines showed signs of imbalance, that is excessively high vigour, that as a consequence gives low yield but also higher grape quality.

Keywords: spatial variability, vegetative potential, generative potential, yield, vigour, grape quality, subregion Plešivica

1. Uvod

Vinova loza (*Vitis vinifera* L.) je višegodišnja drvenasta biljka penjačica koja pripada porodici lozica (*Vitaceae*) i rodu *Vitis*, odnosno podrodu *Euvitis*. Vinova loza se sastoji od vegetativnih i generativnih organa od kojih svaki obavlja određenu fiziološku funkciju koje su međusobno povezane i usklađene rastom i razvojem cijele biljke (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Vegetativni organi čine vegetativni potencijal vinove loze, a to su korijen, stablo s krakovima i ograncima, mladice, rozgva i lišće. Bujnost, kao značajan indikator vegetativnog potencijala biljke, je sortno obilježje koje ne ovisi samo o genetskim faktorima, nego i o okolišnim uvjetima te tehnološkim zahvatima. Kao sortno svojstvo ima i praktično značenje jer brojne tehnološke mjere ovise upravo o bujnosti (podloga, sklop, sustav uzgoja, mjere zelenog reza, opterećenje i dr. (Maletić i sur., 2008). Važan faktor za izračun ukupnog vegetativnog potencijala vinove loze je količina ukupnog dušika (N) u suhoj tvari dobivena kemijskom analizom lišća loze.

Generativni organi sastoje se od cvijeta, cvata, grozda, vitice, bobica i sjemenki. Generativni potencijal (rodnost) je sortno obilježje određeno rodnošću pupova i masom grozda. Generativni potencijal je određen genetski, ali razni okolišni čimbenici utječu na prinos. Kod rodnosti pupova bitna je procjena rodnosti bazalnih pupova zbog ocjene generativnog potencijala i za procjenu upotrebe uzgojnih tehnologija. Prosječna masa grozda je sortno svojstvo, ali je pod velikim utjecajem okolišnih čimbenika te se utvrđuje u fazi pune zrelosti grožđa odabirom reprezentativnih uzoraka grozdova (Maletić i sur., 2008). Maletić i sur. (2008) navode kako su pokazatelji generativnog potencijala koeficijenti rodnosti – *koeficijent potencijalne rodnosti* (KpR) koji označava broj grozdova po pupu, a uključuje sve zimske pupove ostavljene rezom u zrelo, uključujući i nepotjerale pupove te one koji rezultiraju nerodnim mladicama, zatim *koeficijent rodnosti mladica ili relativne rodnosti* (KrR) koji predstavlja broj grozdova po mladici, a dobije se dijeljenjem broja grozdova sa ukupnim brojem mladica (rodnih i nerodnih). Dobivene vrijednosti kreću se u širokom rasponu od 0,2 do 2,2. Posljednji koeficijent je *koeficijent apsolutne rodnosti* (KaR) kod kojeg se uzimaju u obzir samo rodne mladice, pa njegove vrijednosti ne mogu biti manje od 1. Utvrđuje se dijeljenjem broja grozdova sa brojem rodnih mladica. Koeficijenti rodnosti se utvrđuju u vrijeme cvatnje, brojanjem ostavljenih pupova, potjeralih mladica i na njima razvijenih cvatova (Maletić i sur., 2008).

U tehnologiji uzgoja vinove loze, bitan čimbenik je postizanje ravnoteže između vegetativnog i generativnog potencijala, a Ravazov indeks je važan pokazatelj te ravnoteže između bujnosti i rodnosti. Za izračun Ravazovog indeksa potrebno je izmjeriti masu prinosa (kg) i podijeliti je s masom orezane rozgve (kg) koja se mjeri rezom odbačene rozgve u periodu zimskog mirovanja (Maletić i sur., 2008). Optimalna vrijednost Ravazovog indeksa kreće se u rasponu od 5 do 10, a niže i više vrijednosti predstavljaju neravnotežu između vegetativnog i generativnog potencijala.

Jedan od glavnih problema za poljoprivrednike danas je prostorna varijabilnost unutar proizvodne površine koja ovisi o godišnjim fluktuacijama. Prostorna varijabilnost je povezana sa stabilnim sezonskim fizikalnim karakteristikama, poput tla i topografije, koje su u interakciji sa sezonskim abiotским i biotskim uvjetima (klima, voda, prisustvo bolesti, dostupnost dušika) te samih agronomskih strategija upravljanja (Pereyra i sur., 2023). Uzgajivači su svjesni postojanja varijabilnosti u vinogradima već stoljećima, ali je ona bila prihvaćena kao takva zbog nemogućnosti mjerenja varijabilnosti pa se vinogradom upravljalo pod pretpostavkom da su homogeni (Bramley i Hamilton, 2004).

Prostorna varijabilnost vinograda odnosi se na bujnost, prinos i kvalitetu grožđa, a ta varijabilnost je usko povezana sa značajkama zemlje (tlo i topografija) čime se posljedično mogu dobiti različiti stilovi vina od različitih dijelova istog vinograda (Bramley i sur., 2011). Ciljanim upravljanjem moguće je dobiti uniformne zone unutar varijabilnog vinograda ili zone grožđa koje možemo prilagoditi specifičnom tržištu. Kako bi takve strategije bile efikasne, moramo znati okarakterizirati razlike između grožđa koje dolazi iz različitih zona unutar istog vinograda te kako upravljanje vinogradom utječe na sastav grožđa i vina pod utjecajem varijacija biofizičkih karakteristika vinograda (Bramley i sur., 2011).

Varijabilnost utječe ne samo na proizvodnju nego i na druge parametre povezane uz kvalitetu grožđa. Kao posljedica toga, teško je predvidjeti prinos grožđa i kvalitetu mošta koji ulazi u vinski podrum, a vina također mogu pokazivati različita svojstva (Arno i sur., 2011). Dostupnost vode i hranjiva, od čega dušik ima veliki značaj, su bitni faktori koji uvjetuju razvoj biljke, rast i prinos, a tlo ima ključnu ulogu obzirom da tekstura, struktura i dubina tla određuju zalihe vode, oblike i transport hranjiva koji utječu na razvoj i funkcioniranje korijena te vegetativni rast (Pereyra i sur., 2023). Uz svojstva tla i grožđa, bitan je i mineralni sastav mjeren iz peteljki listova (N, Ca, Mg, Fe, S, Zn, Mn, B) koji ima veliku ulogu u razlikovanju područja niske i visoke produktivnosti (Arno i sur., 2011). Udio nutrijenata mjeri se u peteljkama s reprezentativnih trsova u vrijeme cvatnje, a mjeri se i ukupni sastav hranjiva iz bobica u vrijeme dozrijevanja (Bramley i sur., 2011).

Najveći problem predstavlja traženje uzroka varijabilnosti bujnosti, prinosa i kvalitete grožđa te uspostavljanje obrazaca varijabilnosti u vinogradu koji se mogu okarakterizirati kao područja niže bujnosti/prinosa i više bujnosti/prinosa kako bi se moglo pristupiti upravljanju vinogradu po različitim zonama. Važno pitanje je da li su obrasci varijabilnosti u vinogradu stabilni u vremenu jer nam odgovor na to pitanje pomaže predvidjeti kako ćemo upravljati vinogradom narednih godina (Bramley, 2010).

Ključni cilj suvremenog vinogradarskog upravljanja je osigurati ne samo da grožđe u vinogradu ima određeni standard, nego i da unutar određene zone grožđe ima određene specifikacije kvalitete kako bi se moglo zadovoljiti zahtjevima tržišta (Bramley, 2010).

Balansirani vegetativni rast i kontrolirani omjer lisne mase i grožđa imaju bitnu ulogu u uniformnosti dozrijevanja te se zadnjih desetljeća u vinogradima primjenjuju brojne inovacije kako bi se povećala uniformnost. To uključuje bolju pripremu tla, zdravi sadni materijal, nove klonove za stabilniji prinos, kraće načine orezivanja kako bi se kontrolirao rast i bujnost te zahvate zelene rezidbe (Poni i sur., 2018).

Uz okolišne faktore, na varijabilnost vinograda utječu i antropogeni faktori, poput agronomskih tehnika. Standardi proizvodnje su jako bitni, pogotovo kvaliteta grožđa na koje utječe mnogo faktora – genetski faktori kultivara i klonova, karakteristike tla, erozija tla, položaj redova, hranjiva, svjetlost, temperatura i dostupnost vode, a svi ti faktori djeluju samostalno ili u interakciji (Ferro, 2023). Uz sve to postoje rizici povezani uz klimatske uvjete jer se u narednim desetljećima očekuje da će se uvjeti uzgoja pogoršati zbog klimatskih promjena, što će utjecati na cijeli vinogradarski sektor.

1.1. Cilj rada

Cilj ovog rada je utvrditi prostornu varijabilnost vegetativnog i generativnog rasta sorte 'Pinot crni' unutar proizvodnih vinograda Tomac i Šember smještenih u vinogorju Plešivica, proizvodne godine 2020. Istraživanje je uključivalo mjerenje glavnih parametara sastava grožđa (ukupni šećeri, ukupne kiseline, pH) te provedbu istraživanja varijabilnosti glavnih značajki vegetativnog potencijala (količina dušika u suhoj tvari lista, Ravazov vegetativno-proizvodni indeks) te generativnog potencijala (broj grozdova, prinos po trsu, prosječna masa grozda) vinove loze.

Cilj rada je unaprijediti znanje o prostornoj varijabilnosti vinograda i njegovoj klasifikaciji prema sastavu grožđa te ravnoteži između vegetativnog i generativnog potencijala kako bi se poboljšao način upravljanja vinogradom i poboljšala kakvoća grožđa, a time i kvaliteta vina.

2. Pregled literature

2.1. Precizno vinogradarstvo

Precizna poljoprivreda pojavila se sredinom 1980.-ih godina u uzgoju jednogodišnjih usjeva i koristan je alat za određivanje prostorne varijabilnosti unutar proizvodne površine kako bi se optimiziralo upravljanje resursima. Pereyra i sur. (2023) navode kako se precizna poljoprivreda progresivno implementirala u uzgoju različitih kultura poput riže, pšenice, pamuka, šećerne repe, kukuruza i vinove loze. U višegodišnjim usjevima, alati precizne poljoprivrede su bitni za mapiranje prostorne heterogenosti tla unutar proizvodne godine koja odražava interaktivne utjecaje karakteristika tla, vremenskih uvjeta, upravljanja uzgojem te prenošenja tih utjecaja na potencijal rasta biljke. Iako karakteristike tla tokom godina stvaraju konzistentne heterogene zone proizvodnje, specifični vremenski uvjeti, kao i samo upravljanje poljoprivrednom površinom, mogu smanjiti ili povećati varijabilnost proizvodnje u zonama unutar proizvodne površine. Od 1999. kada su prvi komercijalni senzori prinosa grožđa došli na tržište, postalo je moguće da vinogradari koriste precizno vinogradarstvo, a to ima za posljedicu uvođenje sistema upravljanja vinogradom po zonama (Bramley i Hamilton, 2004).

Prema Pereyra i sur. (2023), u vinogradarskoj proizvodnji precizno vinogradarstvo želi prepoznati i kvantificirati varijabilnost fizikalnih faktora i rasta biljke unutar samog vinograda kako bi se mogle odrediti zone koje su relativno homogene i gdje se upravljanje vinovom lozom ili datum berbe mogu prilagoditi svakoj zoni. Homogene zone unutar vinograda definiraju se pomoću više faktora, npr. karakteristike tla poput električne vodljivosti tla, vlage, teksture i saliniteta ili mapiranja pomoću podataka uzetih sa samih biljaka koji uključuju razlike u fizičkim karakteristikama biljke ili mapiranju uroda. Mapiranje uroda je rezultiralo većom upotrebom strojnog branja te korištenja senzora. Koristi se i vegetacijski indeks kao izvor informacija o biljnom rastu, a u vinogradarstvu se koristi za procjenu bujnosti rasta koji se odnosi na kapacitet vegetativnog rasta vinove loze. Bujnost se odnosi na stupanj rasta loze kao i na proizvodni potencijal (ukupni udio suhe mase).

Za primjenu precizne poljoprivrede bitno je poznavanje heterogenosti tla i kako vremenski uvjeti mogu utjecati na razvoj biljaka i produktivnost. Poznavanje varijabilnosti dostupne vode u tlu i dostupnog dušika kroz različite fenološke faze omogućava da se navodnjavanje i gnojidba prostorno prilagode zahtjevima biljke i da se smanji aplikacija zaštitnih sredstava kroz bolju kontrolu biljne bujnosti (Pereyra i sur., 2023). Zbog nedostatka nužnih prirodnih resursa, poput vode za navodnjavanje, pristupi poput precizne poljoprivrede mogu optimizirati upotrebu vode kako bi se smanjio njen gubitak, ali i kako bi se smanjio rizik od salinizacije tla (Bramley, 2010).

Precizna poljoprivreda, kako ju definiraju Bramley i Hamilton (2004), uključuje skupljanje i analizu velikih količina podataka vezanih uz ponašanje usjeva i karakteristika manjih zona unutar proizvodnog područja, a njen cilj je da upravljanje usjevom bude ciljano i usmjereno

prema pretpostavci da je produktivnost poljoprivrednog zemljišta varijabilna. Za ovaj novi pristup poljoprivredi bitne su mnoge nove tehnologije poput GPS-a, GIS-a i daljinskih senzora kako bi se podaci mogli skupljati već tokom berbe.

Bramley i Hamilton (2004) opisuju implementaciju preciznog vinogradarstva kroz nekoliko faza. Počinje s promatranjem ponašanja vinograda i njegovih svojstava, zatim slijedi interpretacija i evaluacija skupljenih podataka te implementacija ciljanog upravljanja. Ciljano upravljanje može značiti vrijeme ili količinu aplikacije vode, hranjiva ili zaštitnog sredstva, upotrebu strojeva za berbu, orezivanja i sličnih zahvata u vinogradu. Precizno vinogradarstvo je sredstvo da grožđe dođe do podruma što je moguće više uniformno te da ima željene specifikacije koje su potrebne za proizvodnju.

Cilj preciznog vinogradarstva, kako ga opisuje Bramley (2010) je korištenje detaljnih informacija o biofizičkim karakteristikama i ponašanju vinograda kao baze za upravljanje i donošenje odluka. Korištenjem takvih prostornih podataka povećavamo mogućnost željenog ili očekivanog ishoda. Preciznim vinogradarstvom se uspostavlja veća kontrola nad procesima uzgoja grožđa i vinarstva, a pogotovo da olakša vinogradarima u zadovoljavanju zahtjeva proizvodnje vina.

Prema Bramley i sur. (2011) jedan od glavnih razloga za upotrebu precizne poljoprivrede je da se uslijed varijabilnosti unutar vinograda uspostavi kontrola i na samu vrijednost vina jer se pazi na kvalitetu samog grožđa koje se prerađuje. Takve strategije mogu biti visoko profitabilne i mogu vinarima pružiti priliku za proizvodnju vina koja bolje reflektiraju značajke *terroira*.

Precizno vinogradarstvo razvilo se u zemljama Novog svijeta poput Australije, Čilea, SAD-a, ali također i u Europi. Razvoj novih tehnologija i rastuća kompetitivnost u vinskoj industriji dovela je do sve većeg interesa za precizno vinogradarstvo (Bramley, 2010).

2.1.1. Daljinsko praćenje vinove loze

Za primjenu sustava preciznog vinogradarstva potrebno je korištenje različitih pametnih tehnologija za upravljanje proizvodnjom koje se odnose na pristupačne, pouzdane i dostupne tehnologije koje su razvijene za potrebe preciznog vinogradarstva (Rendulić Jelušić, 2022).

Praćenje stanja lisne mase i bujnosti trsa omogućava prikupljanje podataka visoke prostorne i vremenske razlučivosti u toku vegetacijske sezone te mogu služiti kao alat za donošenje odluka o potrebnim agrotehničkim i ampelotehničkim zahvatima, ali i prikazati karte pojedinih zona u vinogradu koje se razlikuju po promatranim parametrima (Rendulić Jelušić, 2022).

Daljinsko praćenje je koristan alat jer podaci sa senzora bespilotne letjelice mogu mjeriti vegetativni i generativni rast i tako izravno ili neizravno detektirati varijabilnost. Kroz snimke

dobivene od bespilotne letjelice i vegetacijskih indeksa možemo izračunati i usporediti mnoge agronomske karakteristike vinograda (Ferro, 2023). Primjena daljinskog praćenja u vinogradarstvu zasniva se na korištenju satelitskih snimaka i bespilotnih letjelica (Rendulić Jelušić, 2022).

Ferro (2023) opisuje kako satelitski sustavi i bespilotne letjelice snimaju fotografije u vidljivom i infracrvenom dijelu elektromagnetskog spektra i koriste se za stvaranje vegetacijskih mapa. Imaju određenu spektralnu i radiometrijsku rezoluciju koja pokazuje intenzitet zračenja koju senzori mogu prepoznati. Kombinacije različitih dijelova elektromagnetskog spektra daju važne informacije o vegetativnom rastu. RGB senzori (crveni, zeleni i plavi spektar) pokazuju pigmente prisutne u vegetacijskom tkivu i statusu biomase. Kombinacija RGB (vidljivi dio spektra) sa spektrom crvenog ruba pokazuje efikasnost pigmenata klorofila dok se za predviđanje biofizičkih parametara koristi crveni spektar i spektar blizu infracrvenog spektra. Vegetacija se kartira pomoću izračuna različitih vegetacijskih indeksa iz različitih valnih duljina i često se koristi za procjenu parametara rasta loze. RGB snimke pružaju bolju predvidljivost prinosa na početku vegetacijske sezone dok su multispektralni podaci korisniji u fenološkim fazama zemetanja ploda i dozrijevanju.

Rendulić Jelušić (2022) navodi kako korištenje bespilotnih letjelica (dronova) koji su opremljeni različitim kamerama i sensorima postaje sve više korištena tehnologija u preciznom vinogradarstvu. Vinogradarima su dostupni različiti alati i tehnologije koje pružaju niz informacija iz kojih se mogu generirati različite karte o raznim vegetacijskim pokazateljima stanja vinograda s ciljem upravljanja varijabilnostima te donošenja odgovarajućih odluka o proizvodnji koje mogu povećati ekonomičnost vinogradarske proizvodnje.

2.2. Prostorna varijabilnost tla

Jedan od ciljeva preciznog vinogradarstva je istražiti kako faktori povezani s tlom utječu na heterogenost unutar vinograda pod različitim pedološkim kontekstima.

Prema Pereyra i sur. (2023) utvrđena je jaka povezanost između varijabli tla i karakteristika vina koju određuje tekstura tla, mineralogija gline, kapacitet izmjene kationa, pH tla, vlaga tla, prozračnost i temperatura tla. Razlike u fizičkim i kemijskim značajkama tla značajno su utjecale na rast i razvoj korijena. Distribucija korijena u tlu ovisi o prozračnosti, uvjetima vlage i načinu uzgoja. U područjima visoke bujnosti veća je ukupna dostupna voda, dublje tlo i manja gustoća korijenja zbog veće vertikalne i horizontalne distribucije tanjeg korijenja, dok su područja niže bujnosti karakterizirala manja ukupna dostupna voda, veća gustoća korijenja, veći otpor prema širenju korijenja te manji broj korijenja koji su uglavnom koncentrirani u površinskom sloju.

Temperatura tla utječe na razvoj finog korijenja koje je važno zbog apsorpcije vode i hranjiva, a sama temperatura izravno utječe na korijenski sustav jer znatno utječe na metabolizam korijena, rast korijena, unos vode i hranjiva te neizravno na stupanj mineralizacije dušika. Svi ti

faktori mogu objasniti heterogenost u dostupnosti dušika u tlu i razvoja korijena unutar područja više i niže bujnosti. Manja dostupnost vode u područjima niže bujnosti je potencijalno smanjila dostupnost dušika zbog smanjene mikrobiološke aktivnosti, mobilnosti dušika i unosa dušika (Pereyra i sur., 2023).

Brojna istraživanja su pokazala da su zone različite bujnosti stabilne čak do šest godina, a ta stabilnost je uglavnom povezana s edafskim faktorima. U studiji Pereryra i sur. (2023) debljina rozgve je usko povezana s parametrima tla i time se bujnost stavlja u značajnu korelaciju sa značajkama tla. Veći udio vode i dušika u tlu dopušta bolji razvoj korijena u područjima više bujnosti u usporedbi s područjem niže bujnosti. Također, u području više bujnosti izmjerena je veća lisna masa i veći prinos, bez obzira na klimatske uvjete određene godine.

Poznavanje prostorne varijabilnosti plodnosti tla i biljne ishrane je kritična za planiranje upravljanja vinogradom po zonama. Istraživanje koje su proveli Arno i sur. (2011) 2002. uključivalo je različita tla, topografske značajke, značajke vinove loze (mineralni sastav peteljke) i pokazalo je kako su zone najmanjeg prinosa bile na lokacijama u kojima je status nutrijenata loze imao najmanje vrijednosti, pogotovo u sadržaju kalcija i mangana u peteljkama. Stupanj karbonata u tlu je imao velik utjecaj na kvalitetu grožđa vjerojatno zbog smanjene dostupnosti mangana u karbonatnim tlima. Arno i sur. (2011) preporučuju dvije različite strategije – aplikaciju folijarnih gnojiva za povećanje prinosa i folijarnu prihranu ili prihranu u tlo kako bi se povećale specifikacije kvalitete u nekim zonama.

Idealna tla za vinograd su duboka karbonatna tla pješčane teksture i niske plodnosti, dok glinena tla (više od 30-40% gline) daju veći prinos, ali manju kvalitetu te daju vina s manjim postotkom alkohola, višim kiselinama i bogatija dušikom (Arno i sur., 2011). Tla s visokim postotkom karbonata su većinski davala mošt sa slabom obojenosti, a i općenito je prihvaćeno da karbonatna tla odgađaju dozrijevanje što rezultira vinima više kiselosti, ali također mogu uzrokovati pomanjkanje određenih hranjiva poput bora i mangana (Arno i sur., 2011). Prema Bramleyu (2001.), nedostupnost Mn (zbog CaCO_3 i visokog pH tla) može objasniti niski fenolni sastav grožđa (a time i slabiju obojenost). Za samu kvalitetu grožđa, plodnost te fizikalna i kemijska svojstva tla imaju veliku važnost. Prisutnost karbonata u tlima europskih vinograda vjerojatno vodi do nedostatka određenih hranjiva, poput Mn i time utječu na obojenost crnih sorata grožđa (Arno i sur., 2011).

Pokretači varijabilnosti u vinogradu su varijabilnost u značajkama tla koje su često povezane s varijacijama u topografiji. Bramley (2003) je na studiji u Coonawarri (Australija) pokazao da je varijabilnost u bujnosti usko povezana s varijabilnosti u dostupnoj vodi u zoni korijena, što je uzrokovano s varijabilnosti u dubini tla, a dubina tla je uzrokovana topografijom. Također je na primjeru vinograda u Claire Valley pokazano da salinitet može utjecati na varijabilnost, gdje je u dijelu vinograda gdje je salinitet tla bio velik, prinos bio znatno smanjen. Na primjeru vinograda u Sunraysia području Australije vidi se zavisnost varijabilnosti prinosa o količini i položaju gline u tlu. Na ovom položaju, koje je sklono poplavama, manji prinos je na onim

dijelovima gdje je najviše gline smješteno uz površinu i gdje se u kišnim godinama vlaga zadržava na površini.

Kemija tla može utjecati na određene aspekte kvalitete vina. Vinova loza ima zahtjeve za 16 esencijalnih hranjiva, a mnogi od njih imaju ulogu kao prekursori za sintezu mnogih aromatičnih spojeva u lišću i bobicama, pa bi bilo neobično da plodnost tla nema utjecaj na kvalitetu grožđa (Bramley i Lamb, 2003).

2.3. Prostorna varijabilnost u bujnosti vinove loze

Pereyra i sur. (2023) opisuje kako karakteristike tla, heterogenost vremenskih uvjeta te nejednaka topografija, skupa stvaraju prostornu i vremensku heterogenost bujnosti unutar samog vinograda, a brojne studije pokazuju utjecaj bujnosti na prinos i sastav grožđa. Loza bujnijeg rasta u prosjeku daje veći prinos i veće bobice, ali su podložnije većoj osjetljivosti na *Botrytis cinereau* i probleme dozrijevanja, dok trsovi slabije bujnosti obično imaju manju dostupnost vode na svojoj lokaciji i imaju manji urod i veću izloženost sunčevoj radijaciji. Varijabilnost bujnosti je pokazala kako ima nekonzistentan utjecaj na sastav bobica.

Pereyra i sur. proveli su istraživanje na jugu Urugvaja, kroz osam sezona (2014.-2021.) na reprezentativnim vinogradima karakterističnim za umjereni klimat. Istraživanjem se htjelo pokazati da li precizno vinogradarsko upravljanje pomaže smanjiti utjecaj heterogenosti na biljni rast i prinos. Analizom svih varijabli tla, biljaka, klimata tokom tih godina, utvrđeno je da postoje razlike između područja visoke bujnosti i niske bujnosti. Područje visoke bujnosti je povezano s varijablama tla poput ukupne dostupne vode, zaliha dušika, postotka gline, dok je područje niske bujnosti pokazalo suprotne karakteristike tla. Varijable povezane uz vegetativni rast, poput sadržaja dušika u listu su također povezane s područjem visoke bujnosti. Nasuprot tome, sastav grožđa i koncentracije ukupnih fenola su vezani uz područja niže bujnosti. Temperature nadzemnog dijela trsa iznad 30 °C su više povezane uz slabiju bujnost. Pokazalo se da su kišne godine u korelaciji s višom koncentracijom kiselosti i pH, dok su sušne godine povezane s višom temperaturom nadzemnog dijela trsa, višim šećerima i ukupnim antocijanima.

U zonama manje bujnosti veća je fertilnost pupova te je mikroklimat nadzemnog dijela trsa u prosjeku viši od one u zoni veće bujnosti. Manja bujnost je vjerojatno izložila pupove svjetlosti, čime se podigla temperatura nadzemnog dijela trsa kao i fertilnost pupova (Pereyra i sur., 2023). Biljke integriraju utjecaje svog biofizičkog okoliša (klima, tlo, štetnici i bolesti) i izražavaju ga kroz karakteristike nadzemnog dijela trsa. Dijelovi trsa iznad stabla koji su mali kao posljedica svog okoliša, poput male dostupnosti vode u tlu, reflektiraju manje svjetla nego oni s više grana i većom lisnom masom (Bramley, 2010).

2.4. Prostorna varijabilnost u prinosu vinove loze

U vinogradarstvu je bitno istaknuti da je kvantiteta obrnuto proporcionalna kvaliteti. Prinos i kvaliteta grožđa unutar vinograda variraju, a kada je ta prostorna varijabilnost velika i kada su razlike između zona značajne, upravljanje vinogradom specifično za određenu zonu postaje nužno. Konačni cilj je razvijanje procesa koji bi dozvolio implementaciju preciznog vinogradarstva, a to je uvjetovano stupnjem u kojem je moguće razumjeti faktore koji su odgovorni za prostornu varijabilnost, vremensku stabilnost te mogućnosti upravljanja parametrima koji su odgovorni za to (Arno i sur., 2011).

Arno i sur. (2011.) proveli su istraživanje u Riamatu (Lleida, Španjolska) od 2002. do 2007. godine na 5 ha vinograda kultivara 'Pinota crnog'. Uzorkovano je tlo i grožđe te je provedena analiza peteljki kako bi se proučili faktori koji utječu na prinos i kvalitetu grožđa. Proučavana su različita fizikalna i kemijska svojstva tla (pH, tekstura, električna vodljivost, postotak CaCO₃, zadržavanje vode, organska tvar i dubina korijenja), topografska svojstva (nagib) i mineralni sastav peteljki (N, P, K, Ca, Mg, Fe, S, Zn, Cu, Mn, B i Na) koji daje nužne informacije o nutritivnom statusu loze. Uzorkovanje peteljki je korisno za analize nutritivnog stanja vinograda, iako korijenski sustav i sorta imaju značajan utjecaj na mineralni sastav lišća loze. Uzeto je 100 lisnih peteljki s devet odabranih trsova. Utvrđene su tri grupacije područja niske, srednje i visoke produktivnosti. Obrasci prinosa su bili konzistentni svih godina i diferencijalno upravljanje je u tom slučaju opravdano, poput folijarne gnojidbe prije cvatnje ili tokom dozrijevanja te diferencijalna aplikacija gnojiva u periodu nakon berbe s ciljem pohranjivanja nutrijenata u biljci koji će biti korisni u narednoj sezoni.

Pretjerana gnojidba dušikom povećava bujnost loze i prinos, ali usporava procese dozrijevanja, stvarajući mošt s manje šećera i fenolnih spojeva. Višak organske materije u tlu može imati negativni učinak jer daje vina koja su bogatija dušikom, ali siromašnija aromama. Za proizvodnju kvalitetnih vina bitna je dostupnost elemenata poput željeza i mangana (Arno i sur., 2011).

Prostornu povezanost između fenolnog sastava grožđa i sadržaja Mn u peteljkama je istražio Bramley (2001), a također se u studiji Arna i sur. (2011) pokazalo da je dio s niskim prinosom grožđa imao najniže razine Mn. Folijarna aplikacija Mn nakon berbe bi pridonijela povećanju prinosa slijedeće godine, kao i povećanju kvalitete grožđa (najviše fenolnog sastava).

Istraživanjem Bramley i sur. (2011.) u vinogradu u Marlboroughu na Novom Zelandu na sorti 'Sauvignon bijeli', mjerio se opseg stabla da se procijeni bujnost. Varijabilnost opsega stabla je odgovarao varijabilnosti težine orezane rozgve, a oba svojstva su usko povezana s varijabilnosti kvalitete grožđa i značajki tla. Električna vodljivost tla je bila niska zbog plitkog, kamenitog tla s malim postotkom gline. Opseg stabla je prostorno strukturiran te su deblja stabla (s bujnijim rastom) bila pozicionirana na mjestima s dubljim tlo gdje ima više dostupne vode. Električna vodljivost je usko povezana s opsegom stabla koji je indeks bujnosti. U ovoj studiji nije bilo

dobrih prediktora bujnosti, a pretpostavlja se da je razlog u načinu uzgoja (ručno orezivanje u Marlboroughu za razliku od mehaničkog orezivanja u Australiji).

Bramley i Hamilton (2004.) proveli su studiju na varijabilnosti prinosa loze u Coonawarra, Clare Valley i Sunraysia regijama Australije na sortama 'Cabernet sauvignon', 'Merlot' i 'Ruby Cabernet'. Koristili su nove tehnologije monitoringa prinosa, GPS-a te jednostavne metode prostorne analize. Uočena je temporalna stabilnost u obrascima varijabilnosti prinosa, iako su postojale razlike u godišnjem prinosu kod usporedbe različitih godina. U sva tri vinograda primijećena je varijabilnost u vremenu i prostoru. U regiji Coonawarra prinos je bio znatno niži zbog sezone 1999./2000. i njezinih nepovoljnih vremenskih uvjeta (hladni, vlažni i vjetroviti uvjeti) koji su utjecali na cvatnju, a time i na zametanje plodova, ali su označene stabilne zone varijabilnosti prinosa – zone više, niže i umjerene varijabilnosti. Na temelju rezultata studije, autori preporučuju upravljanje vinogradom po zonama. Različita područja su podijeljena u zone po svojim karakteristikama i njima se upravlja različito.

Gatti i sur. (2021) uočili su pozitivnu korelaciju prinosa s povećanjem bujnosti, varirajući od 3,28 kg u području niže bujnosti do 6,6 kg u zoni više bujnosti. Težina bobica je bila najmanja u zoni niže bujnosti (1,76 g) i najveća u zoni više bujnosti (2,25 g). Ravazov indeks je bio znatno smanjen u zoni niže bujnosti, a što je manja bila bujnost to je bio veći omjer list-plod. Dozrijevanje grožđa je bilo brže u zoni niže bujnosti u usporedbi sa zonom više i umjerene bujnosti. Nakon berbe izmjereni su viši šećeri i pH te niže ukupne kiseline u zoni niže bujnosti. U obje eksperimentalne godine, antocijani i koncentracije ukupnih fenola u berbi su bili viši u grožđu u zonama niže bujnosti. Bujnost je utjecala samo na koncentracije N, Ca, Na i Fe. Više koncentracije dušika u listu su izmjerene u zoni više bujnosti (2,08%), za razliku od zone umjerene bujnosti (1,90%) i niske bujnosti (1,85%).

2.5. Prostorna varijabilnost u sastavu i kakvoći grožđa

Na kvalitetu vina utječe *terroir* – kombinirani učinak zemlje, topografije, mikroklimе, sorte i načina uzgoja. No, potpuno različita vina mogu biti dobivena iz različitih područja unutar istog vinograda, što podržava tezu da je *terroir* prostorno varijabilan (Arno i sur., 2011). Raspon vrijednosti i povezani koeficijenti su puno veći za varijabilnost kvalitete grožđa, nego što su za prinos i to nije povezano s uzgajanom sortom, karakteristikama vinograda (klima, tlo) ili načinu uzgoja (Bramley i Lamb, 2003). Na grožđe i sastav vina utječu mnoge okolišne interakcije (van Leuween, 2010). Kako bi upravljanje selektivnom zonalnom berbom bilo moguće, potrebno je detaljno znanje varijabilnosti sastava grožđa u različitim uvjetima (klima, tlo, uzgojni oblik, kultivar) jer je svaki od tih čimbenika bitan za krajnji sastav i kvalitetu grožđa i vina (Jackson i sur., 1993). Vinogradari imaju dvije moguće strategije. Jedna je određivanje varijabilnosti kvalitete grožđa kako bi razdvojili kvalitetno grožđe od manje kvalitetnog grožđa za proizvodnju različitih stilova vina. Druga strategija je korištenje varijabilnog upravljanja kako bi se smanjila varijabilnost vinograda i povećala uniformnost prinosa i sastava grožđa (Bramley i sur., 2022).

Rangiranje kvalitete grožđa po zonama nije isto svake godine. Iako će srednja zona bujnosti uvijek biti srednja zona bujnosti, nekih godina će biti osrednje kvalitete, drugih će biti više ili niže kvalitete grožđa. Zato je uvijek bitna procjena kvalitete prije same berbe (Bramley, 2010).

Istraživanje koje je proveo Bramley (2005.) na varijabilnosti kvalitete grožđa u Coonawarra i Sunraysia regijama u Australiji sugerira da zbog različitih vremenskih čimbenika, poput temperature, suše, dostupne vode, u godinama koje u prosjeku imaju niži prinos, upravljanje po zonama neće imati puno učinka po pitanju kvalitete grožđa. U godinama koje prosječno imaju viši prinos treba se uzeti u obzir ciljano upravljanje. Takvo zonalno upravljanje će imati najviše učinka u mjerenju kvalitete grožđa po zonama. To je bitno jer iako je varijabilnost po prinosu stabilna karakteristika, varijabilnost po kvaliteti nije, pa je poželjno provesti senzornu evaluaciju grožđa i mošta za bolje upravljanje po zonama. Treba naglasiti da trenutno na tržištu nema komercijalno dostupne tehnologije za testiranje kvalitete grožđa u hodu. Iako je moguće u vinogradima primijetiti varijabilnost po kojoj se mogu navesti zone kvalitete grožđa, nedostatak senzorne tehnologije koja može pratiti kvalitetu grožđa ipak čini nužnom korištenje zona prinosa umjesto zona kvalitete. Za karakterizaciju prostorne varijabilnosti kvalitete grožđa potreban je veliki uzorak i analitički zahtjevi su veliki, a i kvaliteta grožđa se značajno razlikuje između zona različitog prinosa.

Prema Pereyra i sur. (2023), datum berbe se određuje prema mjerenju pH i šećera svake godine, a ti parametri su pokazali varijaciju manju od 10 % u različitim zonama bujnosti. Rezultati su pokazali da varijabilnost šećera i pH nema korelaciju sa značajkama tla. Varijable sekundarnog metabolizma između zona bujnosti nisu konzistentne kroz različite godine. Sadržaj antocijana i fenola u bobicama je visoko zavisano o klimatskim i mikroklimatskim uvjetima godine i uglavnom je bio viši u sušim godinama. Više temperature bobica oko perioda dozrijevanja uzrokovale su veću sintezu antocijana, te se pokazalo kako su koncentracije sekundarnih metabolita povezane s temperaturnim parametrima. Prostorna varijabilnost fenolnih spojeva je postojana i lako predvidljiva s podacima normaliziranog vegetacijskog indeksa razlike (NDVI) i indeksom temperature nadzemnog dijela trsa.

Na studiji koju su proveli Baluja i sur. (2012) na sorti 'Tempranillo' u španjolskoj Navarri kroz tri vegetacijske sezone (2009.-2011.) istraživale su se tehnološke (sadržaj suhe tvari, pH vrijednost i sadržaj ukupnih kiselina) i fenolne (antocijani i ukupni fenoli) varijable koje su se mjerile na uzorku mošta za vrijeme berbe. Količina suhe tvari, pH, ukupne kiseline i sadržaj fenola su uobičajeni parametri za definiranje zrelosti i kvalitete grožđa jer su zaslužni za okus, boju i strukturu vina (Illand i sur., 2004). U tri godine istraživanja na 'Tempranillo', količina suhe tvari i pH vrijednost su pokazivale najmanju varijabilnost unutar vinograda, a antocijani i ukupni fenoli su pokazali veću varijabilnost od suhe tvari i pH. Stabilnost količine suhe tvari i ukupnih kiselina je očekivana jer kako bobice dozrijevaju od perioda šare, tako se količina suhe tvari povećava, a kiseline smanjuju. Na sastav antocijana i fenola mogu utjecati vremenski uvjeti, poput vodnog statusa trsa, temperature i padalina pa se pretpostavlja da je utjecaj vremenskih čimbenika na ova dva faktora manji u vinogradima hladnijeg klimata s navodnjavanjem.

Upravljanje ishranom bilja se promatralo iz perspektive zdravlja grožđa i produktivnosti, a vrlo malo pažnje je posvećeno činjenici da bi ishrana grožđa mogla imati utjecaj na kvalitetu grožđa. Pretpostavljalo se da će razlike u stupnju hranjiva u peteljka zrcaliti razlike u koncentraciji hranjiva u grožđu. Takva usporedba provedena je 2007. (Bramley i sur., 2011) godine s izmjerenim koncentracijama hranjiva u peteljka za vrijeme cvatnje i pokazalo se da status nutrijenata peteljki i status nutrijenata bobica nije usko povezan. Iako se status kalija značajno razlikovao po zonama, status kalija u bobicama nije bio značajan. Status natrija u bobicama se značajno razlikovao po zonama, dok u peteljka razlika nije bila statistički značajna. Nije nađena značajna interakcija između hranjiva osim dušika. U bobicama u zoni niske bujnosti nađene su visoke koncentracije Ca, Mg i B i značajno niske koncentracije Na, P, S, Fe i Mn, nego u zoni visoke bujnosti. Bramley i sur. (2011) pronašli su značajnu razliku u statusu hranjiva u peteljka za vrijeme cvatnje tokom sezone 2006.-2007. godine u postotku N, K, B i Mn. Količina dušika i kalija je bila značajno manja u zoni niže bujnosti. Bor u peteljka je bio značajno niži u zonama visoke bujnosti, a iako je količina mangana bila u prosječnom rasponu u zoni niže bujnosti, bila je u većim količinama u zonama više bujnosti.

Istraživanje koje su proveli Bramley i sur. (2022) u regiji Lodi u Kaliforniji kroz 2017.-2019. imalo je za cilj evaluirati prostornu varijabilnost u sastavu grožđa u vrijeme berbe kroz tri sezone i usporediti te podatke s podacima vegetacije nadzemnog dijela trsa snimljenog daljinskim senzorima. Uzorci grožđa su bili analizirani kako bi se usporedio njihov sastav sa zračnim snimkama, NDVI indeksom, razlikom između temperature nadzemnog dijela trsa sa snimaka i temperature okoliša izmjerene na postajama za mjerenje temperature na tlu. Unatoč pokušajima razvoja nedestruktivnih senzora za mjerenje sastava grožđa (Agati i sur., 2007, Tuccio i sur., 2020) uzgajivači nemaju puno informacija o varijabilnosti sastava grožđa. Zbog nedovoljnih podataka o prostornoj varijabilnosti mnogih spojeva povezanih uz kvalitetu grožđa i vina, vinogradari ne znaju koje spojeve mjeriti (Bramley, 2022). Zbog nedostatka komercijalno dostupnih senzora ploda, daljinsko opažanje bi moglo pružiti rješenje obzirom da su mnoga kemijska svojstva kvalitete grožđa vezana uz veličinu i oblik nadzemnog dijela trsa. Bramley i sur. (2022) tvrde kako bi se manji naglasak trebao staviti na mjerenje osnovnih kemijskih mjerenja za donošenje odluke upravljanja jer ukupna količina suhe tvari, pH i ukupne kiseline nam ne mogu pružiti puno uvida u različitost sastava grožđa. Neki su spojevi bitniji za kvalitetu vina, poput fenolnih spojeva koji su konzistentni i predvidljivi korištenjem NDVI indeksa i korištenjem infracrvenih senzora. Fenolni spojevi su glavni pokretači okusnih karakteristika u vinu (Chong i sur., 2019) zbog čega su bitni za precizno upravljanje. C6 spojevi odgovorni za zelene karakteristike arome grožđa su bili dovoljno stabilni da se stvore prostorne mape, dok su jabučna kiselina, YAN i β -damascenon bili povezani s NDVI indeksom i temperaturom nadzemnog dijela trsa u nekim vinogradima, a u drugim nisu. Bramley i sur. (2022) naglašavaju da kartiranje infracrvenim senzorima nije dovoljno za karakterizaciju prostorne varijabilnosti u zasebnim spojevima vezanim uz kvalitetu grožđa i potrebno je razviti alternativne senzore za detekciju određenih spojeva. NDVI indeks je koristan alat za detekciju varijabilnosti nadzemnog dijela trsa, ali nije precizan za prepoznavanje enološki značajnih razlika u sastavu grožđa.

Obzirom da su antocijani i polimerni tanini pokazali obrasce varijabilnosti, najisplativija opcija bi bila testiranje na boju.

Baluja i sur. (2012) proučavali su prostornu varijabilnost antocijana u grožđu i njegov odnos s bujnosti i prinosa. Koristili su nedestruktivni proksimalni senzor za mjerenje sadržaja antocijana u grožđu za vrijeme šare i berbe, kao i za mjerenje prinosa, bujnosti, NDVI indeksa i klorofila. Parametri antocijana su se nekad mjerili destruktivnim kemijskim metodama koji su dugotrajni i zahtjevni. Razvijen je senzor klorofilne fluorescencije koji omogućava određivanje fenolnog sastava grožđa tako da uspoređuje emisiju klorofilne fluorescencije nakon što se pobudi na dvije različite valne duljine. Tako se sastav antocijana u bobicama može odrediti odmah u bilo koje vrijeme vegetacijske sezone. Takav prijenosni senzor se koristi za kartiranje kvalitete grožđa i za određivanje sadržaja antocijana u grožđu nakon berbe (Cerovic i sur., 2008). Kao rješenje za prostornu varijabilnost, sve više se koristi selektivna berba za poboljšanje kvalitete vina (Bramley, 2010). U prosjeku je sadržaj antocijana pokazivao manju varijabilnost od prinosa i parametara bujnosti. Antocijan u grožđu za vrijeme šare je pokazivao veću varijaciju nego onaj za vrijeme berbe. To se može objasniti asinkronim razvojem bobica oko šare. Prinos je pokazao najviši koeficijent varijacije (68%). Bujniji trsovi su imali veći sadržaj klorofila i imali su veći prinos i više orezane rozgve, ali su imali grožđe s nižim sadržajem antocijana. Primijećena je i jaka negativna korelacija između sadržaja klorofila lista i sadržaja antocijana u grožđu. Negativna korelacija postoji i između bujnosti i sastava bobice (koncentracija šećera, antocijana i polifenola).

Potreban je veliki uzorak grožđa za točnu procjenu varijabilnosti, a to je za većinu vinogradara previše skupo. Sams i sur. (2022) skupili su uzorak od 1500 bobica kroz tri godine (2017.-2019.) u četiri vinograda u Kaliforniji zbog analize antocijana, jabučne kiseline i β -damascenona. U nedostatku senzora, skupljanje uzoraka za kartiranje produktivnosti je ograničavajući faktor. Vegetacijski indeksi, dobiveni od daljinskih ili proksimalnih senzora su alati koji mogu pomoći pri prikupljanju podataka. Izravno mjerenje je potrebno u područjima gdje je snimanje otežano zbog atmosferskih uvjeta. Sams i sur. (2022) su ukazali na to da iako su snimke drona za NDVI indeks i temperaturu nadzemnog dijela trsa dovoljni za opis varijabilnosti sastava grožđa, mnogi uzorci se moraju uzimati ručno. Potrebno je razviti tehnologiju senzora sastava grožđa za korištenje u vinogradima koji nemaju jasne obrasce varijabilnosti ili gdje je teško dobiti snimke iz zraka, kako bi se smanjio trošak uzorkovanja i analize. Na varijabilnost sastava grožđa najviše utječe mali broj značajki, poput antocijana, zbog čega je nepotrebno mapirati manje važne spojeve osim ako nam treba specifična aroma u vinarstvu.

3. Materijali i metode

3.1. Sorta 'Pinot crni'



Slika 1. 'Pinot crni'

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:C%C3%A9page_Pinot_Noir.jpg – pristup 01.09.2024.

3.1.1. Podrijetlo i rasprostranjenost

'Pinot crni' jedan je od najstarijih i najpoznatijih kultivara vinove loze. Postoje mnoge teorije o podrijetlu sorte 'Pinot crni', ali nijedna nije potvrđena. Pretpostavlja se da potječe iz Burgundije, pokrajine u Francuskoj. Poznat je i pod mnogim drugim imenima poput 'Pinot noir' (Francuska), 'Blau Burgunder' (Austrija), 'Blauer Spätburgunder' (Njemačka), 'Pino čornij' (Rusija, Ukrajina, Moldavija), 'Burgundske modre' (Slovačka), 'Pignola' (Italija), 'Kiš Burgundekèk' (Mađarska), 'Burgundac crni', 'Franc Noirien', 'Black Burgundy'. Rasprostranjen je u svim vinorodnim zemljama svijeta umjerene klime (Mirošević i Turković, 2003), a u Hrvatskoj ga uzgajamo u regiji Kontinentalne Hrvatske te u Istri (Mirošević i sur., 2009). Ekološko – geografska pripadnost mu je unutar *Proles occidentalis* (*Convarietas occidentalis*) (Žunić, 2009).

3.1.2. Morfološka i biološka svojstva

'Pinot crni' dozrijeva u I. razdoblju, oplodnja mu je redovna i normalna. Prinos grožđa je mali i srednji (6000 – 12 000 kg/ha) (Žunić, 2009), no izvrsne kakvoće zbog čega je jako popularan. Srednje je bujan i zahtijeva mješovitu rezidbu. Ima dobar afinitet s loznim podlogama: *Berlandieri X Riparia*, Kober 5 BB, Teleki 8 B, Teleki 5 C, SO4 i dr. (Žunić, 2009). Najbolji rezultat daje na toplim brežuljkastim položajima i propusnim, rastresitim, pjeskovitim, aluvijalnim, karbonatnim, umjereno plodnim i toplim tlima. Veoma je otporan prema niskim zimskim temperaturama, ali je osjetljiviji na proljetne mrazove jer se pupanje odvija rano. Slabo je otporan prema plamenjači i svojoj plijesni, a srednje otporan prema pepelnici.

Prosječna masa grozda je 60-130 g, masa bobica 56,16 – 78,81 g, masa grozda 60 – 130 g, broj bobica u grozdu 76 – 97,88 g. Mošt u prosjeku sadrži 20 – 24% šećera i 6 – 9 g/L ukupnih kiselina (Žunić, 2009).

Vršci mladica su pahuljasti, bjelkaste boje, uspravni i kratki. Odrasli list je tamno zelene boje, okruglastog oblika, srednje velik, trodijelne do peterodijelne strukture, a u jesen pocrveni na rubovima. Sinus peteljke je u obliku slova „U“ ili lire. Naličje je golo ili s rijetkim paučinastim dlačicama. Površina lista je neravna, hrapava ili mjehurasta, a zupci su nejednaki, mali i tupi. List u jesen rano opada. Peteljka je srednje duga, debela, zelena s crvenkastim prugama. Zreli grozd je malen, gust, valjkast ili malo stožast, jednostavan. Zrele bobice su male, tamne, ljubičasto modre, jako oprasene, okruglaste ili duguljaste. Kožica je srednje debela, a meso je sočno. Sok je neobojen karakterističnog sortnog okusa i vrlo sladak. Članci su srednje dugi, a kora je tamna i crvenkasto-smeđa (Mirošević i Turković, 2003). Vino je vrhunske kakvoće, rubinski crvene boje, skladno, mekano, pogodno za čuvanje i proizvodnju *barriquea* (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). U Francuskoj se od grožđa 'Pinota crnog' proizvodi pjenušac (Žunić, 2009).

3.1.3. Gospodarska svojstva

'Pinot crni' je jedna od ekonomski najznačajnijih sorti u svijetu. Podaci iz vinogradarskog registra APPRRR-a iz 2023. godine pokazuju da je 'Pinot crni' na 18. mjestu vodećih sorata vinove loze u RH sa zasađenim površinama od 181,60 ha i ukupno 987,585 trsova. Zauzima 14. mjesto među dvadeset vodećih sorata po proizvodnji grožđa i vina za vinsku godinu 2022. s ukupnim udjelom grožđa od 1.115,40 tona i 7.196,20 hL vina.

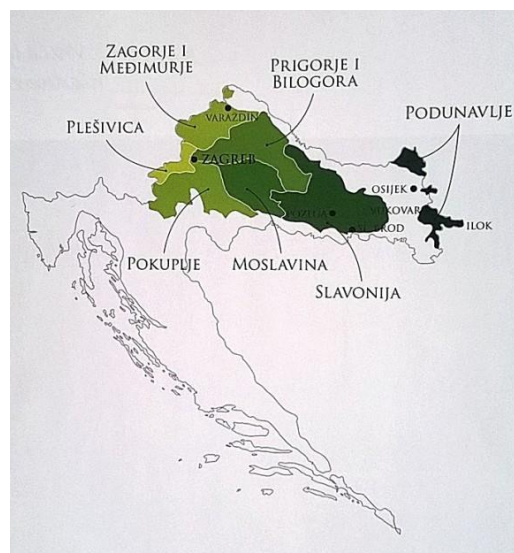
3.2. Podregija Plešivica

Plešivica je vinogradarska podregija koja je dio vinogradarske regije Kontinentalna Hrvatska. Podregija Plešivica dijeli se na vinogorje Samobor (Samobor, Sv. Nedjelja, Brdovec, Pušća, Jakovlje), vinogorje Plešivica – Okić (Klinča Selo, Jastrebarsko – dio), vinogorje Sveta Jana (Jastrebarsko – dio), vinogorje Krašić (Krašić) i vinogorje Ozalj – Vivodina (Ozalj) (Mirošević i sur., 2009).

Klimatska obilježja ove podregije slična su većini u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Prema Mirošević i sur. (2009) srednja godišnja temperatura je 11,1 °C, srednja temperatura u vegetaciji (IV. – IX.) je 17,7 °C. 191 dan u godini ima temperature manje od 10 °C, a insolacija je 1868 sati. Prosječne godišnje oborine su 1073 mm, a u vegetaciji (IV. – IX.) 591 mm. Sume temperature su od 1300 – 1400 °C, apsolutni minimumi do -26 °C, a maksimumi do 38 °C (Maletić i sur., 2008).

Kroz podregiju se proteže Žumberačko gorje koje štiti od prodora hladnog zraka sa sjevera, a plešivički vinogradi čine karakteristične „amfiteatre“ s povoljnom ekspozicijom (Maletić i sur., 2008).

Preporučeni kultivari vinove loze u svim vinogorjima podregije Plešivica su 'Škrlet', 'Dišeća ranina', 'Graševina', 'Pinot bijeli', 'Pinot sivi', 'Sauvignon', 'Rajnski rizling', 'Silvanac zeleni', 'Traminac bijeli', 'Traminac crveni', 'Chardonnay', 'Rizvanac', 'Neuburger', 'Veltlinac zeleni', 'Veltlinac crveni', 'Šipelj', 'Plavec žuti', 'Muškat bijeli', 'Muškat žuti', 'Muškat ottonel', 'Zelenac slatki', 'Manzoni bijeli', 'Moslavac', 'Frankovka', 'Portugizac crni', Pinot crni, 'Merlot', 'Zweigelt' te 'Lovrijenac' (Mirošević i sur., 2009).



Slika 2. Podregije kontinentalne Hrvatske

Izvor: <https://suiucasi.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/12/rh-kontinentalna.jpg?w=584&h=624> – pristup 01.09.2024.

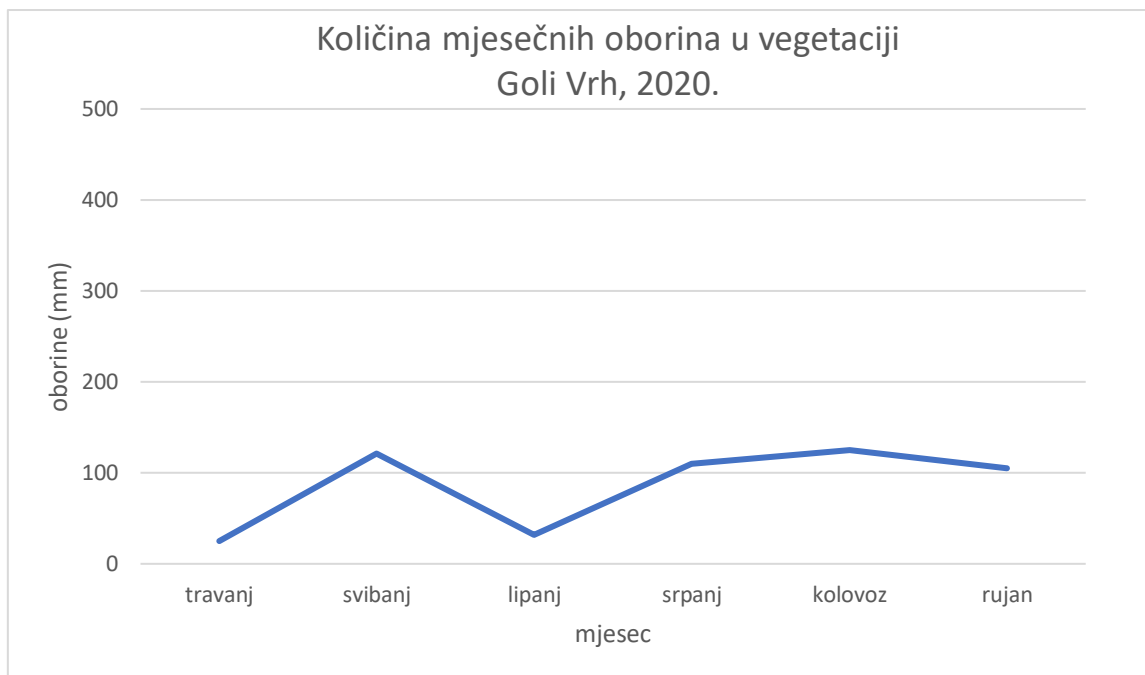
3.2.1. Geološko-pedološke značajke

Većina vinograda u podregiji Plešivica nalaze se na tlima razvijenim na laporu koja su sklona erozijskim procesima te na pseudogleju (Maletić i sur., 2008). Prema Mirošević i sur. (2009) gotovo svu površinu zauzima pet tipova tala. U umjereno pogodna spadaju lesivirana pseudoglejna tla na lesu, rendzina na laporu te smeđa tla na vapnencu koja su ograničena s većim nagibom terena, plićom dubinom tla i povećanom kiselosti. U ograničeno pogodna tla svrstana su tipična lesivirana tla i akrična tla na vapnencima, distrično smeđa tla na klastitima, pseudoglejna obronačna tla i rendzina na vapnencu, s ograničenjima većeg nagiba terena, plitke dubine, povećane kiselosti i loših vodozračnih odnosa.

Nasadi vinograda Tomac i Šember spadaju u podregiju Plešivica, vinogorje Plešivica – Okić. Prema Regionalizaciji poljoprivredne proizvodnje u Zagrebačkoj županiji (2004), tla u vinogradima Tomac i Šember svrstavaju se pod tip tla rendzina na laporu (flišu) ili mekim vapnencima. Rendzina je tlo humusno akumulativne klase koja dolazi na vrlo različitim matičnim supstratima. Javlja se na dolomitu, laporu, mekim vapnencima, od kojih su u Zagrebačkoj županiji najzastupljeniji litotamnijski vapnenci, te na aluvijalnom šljunku i pijesku. Plodonosna vrijednost ovih podtipova je heterogena, a najveća ograničenja imaju rendzine na mekim vapnencima. Rendzine na mekim vapnencima, flišu i laporu su izlužena (nekarbonatna) te su plitka (15 – 30 cm) ili srednje duboka tla (30 – 60 cm) (Husnjak, 2014). Kod rendzina razvijenih na laporu prevladavaju glinaste teksture. Kod rendzina treba voditi računa o njihovoj zaštiti od erozije vodom, stoga se u praksi na jako nagnutim terenima s rendzinom na laporu ili flišu izvodi terasiranje padina (Husnjak, 2014).

3.2.2. Klimatske značajke i meteorološki podaci za 2020. godinu

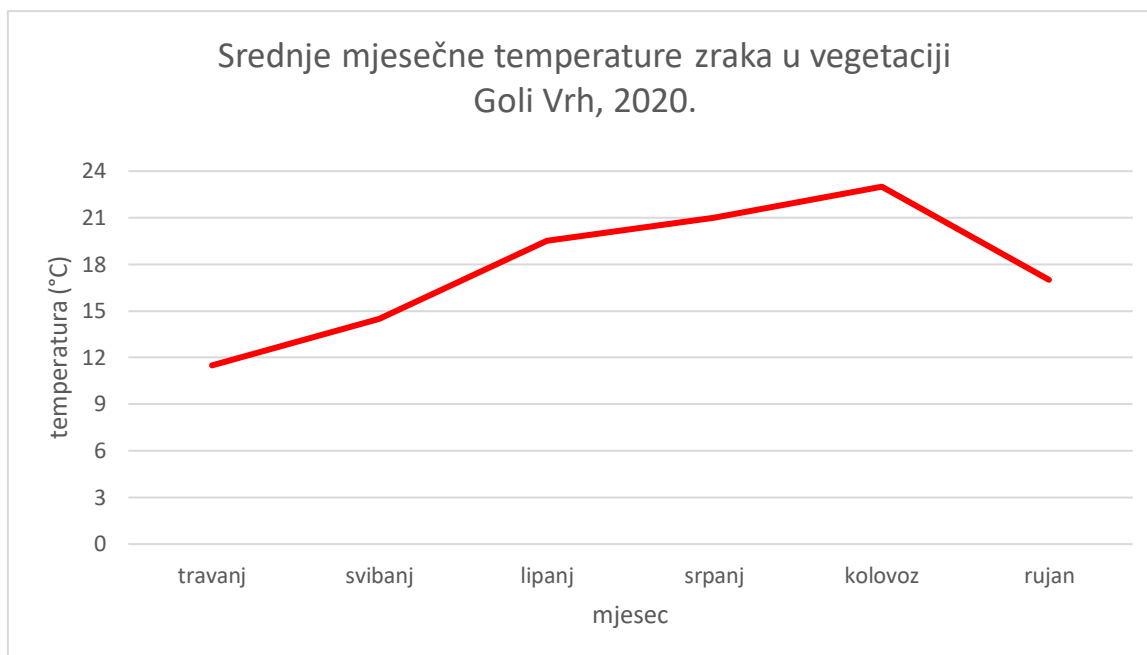
Prema Mirošević i Karoglan Kontić (2008) vlaga ima važan utjecaj na rast i razvitak loze, a uključuje sve vrste oborina. Svaka faza razvoja loze ima različite zahtjeve za određenom količinom vlage. Najviše vlage je potrebno u početku vegetacije za intenzivan rast mladica i kasnije za razvoj bobica, dok višak može štetno djelovati u fazi cvatnje, oplodnje te dozrijevanja. Najniža godišnja količina oborina potrebna za proizvodnju grožđa iznosi 300 – 350 mm, a optimalna 600 – 800 mm. Važan je i raspored oborina jer velike količine oborina ometaju cvatnju i oplodnju te uzrokuju pucanje bobica u fazi dozrijevanja, čime je omogućen razvoj plijesni.



Slika 3. Količina mjesečnih oborina u vegetaciji (travanj - rujan), Goli Vrh, 2020. godina (DHMZ)

Ukupna količina oborina izmjerena na automatskoj postaji Goli Vrh u vegetacijskom periodu 2020. godine iznosila je 511 mm (Rendulić Jelušić, 2022). Prema Mirošević i sur. (2009) prosječna količina oborina u vegetaciji od travnja do rujna je 591 mm, iz čega se može zaključiti kako je vegetacijska godina 2020. imala nešto manje količine oborina u odnosu na prosječne klimatske uvjete vinogorja. Kako je grafički prikazano na slici 3.3., količina oborina u svibnju je bila dosta visoka (121,4 mm), za razliku od lipnja gdje je količina oborina bila poprilično niska (31,9 mm). Veće količine oborina u kolovozu uzrokovale su pojavu gljivičnih bolesti, najviše sive plijesni (*Botrytis cinerea*). Raspored oborina je bio povoljniji od srpnja što je bilo korisno za rast i razvoj vinove loze u fenofazi rasta i razvoja bobica te u periodu dozrijevanja grožđa (Rendulić Jelušić, 2022).

Kako navode Mirošević i Karoglan Kontić (2008), toplina je nužan čimbenik uzgoja vinove loze. Područja čija je srednja godišnja temperatura između 10 i 20 °C su povoljna za uzgoj vinove loze. Količina topline izražava se sumom temperatura u doba vegetacije (od travnja do rujna) i čini zbroj svih srednjih dnevnih temperatura viših od 10 °C, umanjenih za 10 °C. Srednja vegetacijska temperatura od 18 do 20 °C pogodna je za dobre prirode i kakvoću, a njezina najniža vrijednost iznosi oko 16 °C. Prirodni rast i razvoj loze odvija se do temperature od 38 °C, a iznad ove vrijednosti prestaje rast mladica i veće temperature od 40 °C izazivaju oštećenja.



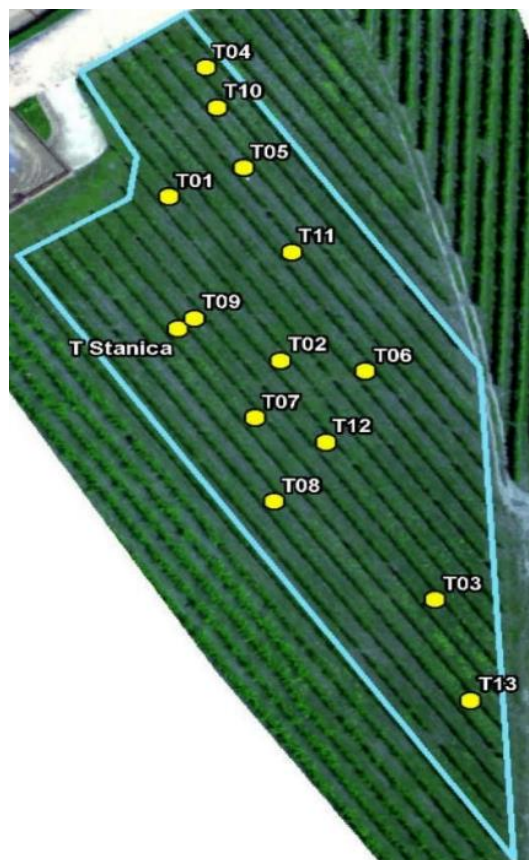
Slika 4. Srednje mjesečne temperature zraka u vegetaciji (travanj - rujan), Goli Vrh, 2020. godina (DHMZ)

Srednja temperatura u vegetaciji 2020. godine bila je 18,0 °C (Rendulić Jelušić, 2022), a prema Mirošević i sur. (2009) srednja godišnja temperatura u vegetaciji je 17,7 °C, iz čega se može zaključiti kako je vegetacijska godina 2020. bila u skladu s prosječnim klimatskim uvjetima vinogorja te temperaturne prilike nisu odstupale od uobičajenih za ovo područje. Vegetacijska godine imala je pravilan postepen rast temperatura tijekom vegetacije. Klimatske prilike bile su iznimno povoljne za uzgoj vinove loze i dozrijevanje grožđa u 2020. godini te su vladale pogodne temperature za pravilno odvijanje svih fenofaza razvoja vinove loze (Rendulić Jelušić, 2022).

3.2.3. Vinogradi Tomac

Vinogradi obitelji Tomac smješteni su na sunčanim obroncima plešivičko-okičkog vinogorja, na položajima Šipkovice i Bresnice gdje na pet hektara uzgajaju 'Chardonnay', 'Rajnski rizling', 'Sauvignon bijeli', 'Graševinu' i 'Pinot crni', a na pola hektara zastupljene su stare plešivičke sorte: 'Veltlinac crveni', 'Plavec žuti', 'Šipelj', 'Štajerska belina', 'Nojburger', 'Zeleni silvanac' i dr. Koriste ekološki pristup, organska gnojiva te koriste minimalnu primjenu zaštitnih sredstava. Moderan vinski podrum za proizvodnju mirnih i pjenušavih vina opremljen je isključivo drvenim posuđem, od klasičnog *barriquea* do tradicionalnih bačava zapremine dvije do pet tisuća litara. Godišnje proizvedu 30.000 - 35.000 butelja, od čega je polovica pjenušaca (Andrijanić i Fabijanić, 2008).

Vinogradi Tomac sortu Pinot crni uzgajaju na površini od 0,33 ha na nadmorskoj visini od 301 m. Nasad 'Pinota crnog' zasađen je 1999. u jugoistočnom smjeru pružanja redova, na podlogu *Vitis berlandieri* x *Vitis riparia* SO4. SO4 je podloga selekcionirana na raniju dob dozrijevanja drva, što je značajno za sjeverne vinogradarske krajeve. To svojstvo prenosi i na plemku, tj. utječe na ranije dozrijevanje grožđa i raniji ulazak trsa u fazu mirovanja. Dobro je otporna na vapno pa podnosi 40 – 45 % ukupnog, odnosno 17 – 18 % fiziološki aktivnog vapna, otporna je na korijenovu formu filoksere, dobro se ukorjenjuje, otporna je na nematode i značajno utječe na nakupljanje šećera bez promjene koncentracije ukupnih kiselina u moštu (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). Razmak sadnje je 2,20 x 0,80 m i koristi se uzgojni oblik jednokraki Guyot. Na slici 3.5. prikazan je pokusni nasad Pinota crnog s označenim ciljanim trsovima.



Slika 5. Vinograd Tomac s prikazom rasporeda 13 ciljanih trsova i površinom od 0,33 ha

3.2.4. Vinogradi Šember

Obitelj Šember obrađuje 6 ha vinograda vlastitih nasada koji se rasprostiru na brdovitim terenima plešivičko-okićkog vinogorja. Pavel, Bresnica, Vučjak, Starjak, Mladina imena su vinograda okrenutih u smjeru jug – jugozapad. U njima prevladava alkalno, laporasto tlo s velikim udjelom vapna. Ovisno o položaju starost vinograda varira od 10 pa čak do 90 godina starosti. Svoj pristup vinogradu opisuju kao integrirana zaštita vinograda. U podrumu za 'Chardonnay' i 'Rajnski rizling' koriste drvene bačve od francuskog hrasta zapremine 1500 – 3000 L, a za 'Pinot crni' 500-litarske bačve. Pjenušce rade klasičnom metodom vrenja u boci i odležavanja na kvascima minimalno dvije godine. Ovisno o berbi proizvode oko 25 000 boca pjenušca te 25 000 boca mirnog vina. 2011. godine punili su svoje prvo vino iz amfore. Rajnski rizling iz *qvevrija* (amfore) rađen je uz pomoć jedinstvene gruzijske tradicionalne metode proizvodnje vina. Osim 'Rajnskog rizlinga' i 'Pinot crni' se pokazao izvrsnim u amfori (Šember, 2024).

Vinogradi Šember sortu 'Pinot crni' uzgajaju na površini od 0,65 ha na nadmorskoj visini od 269 - 306 m. Nasad 'Pinota crnog' zasađen je 2005. u jugozapadnom smjeru pružanja redova, na podlogu *Vitis berlandieri x Vitis riparia* K5BB. Podloga Kober 5BB ima kratak vegetacijski ciklus, zbog čega je pogodna za sjeverne vinogradarske krajeve. Razvija veliki broj mladica i zaperaka, dobro utječe na dozrijevanje drva, na visinu i kakvoću prinosa, dobro se adaptira na različite tipove tla. Otporna je na filokseru te na niske zimske temperature. Podnosi 20 % fiziološki aktivnog vapna i 60 % ukupnog (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). Razmak sadnje je 2,20 x 0,80 m i koristi se uzgojni oblik jednokraki Guyot.



Slika 6. Vinograd Šember s prikazom rasporeda 23 ciljana trsa i površinom od 0,65 ha

3.3. Metode kemijske analize

Na dvije lokacije istraživanja (Tomac i Šember) u vegetacijskoj godini 2020. na ciljanim trsovima prikupljeni su podaci ručnim uzorkovanjem o sastavnicama prinosa, a to su sadržaj ukupnog dušika u listu (% na bazi suhe tvari), prinos po trsu (kg), broj grozdova, prosječna masa grozda (g), masa orezane rozgve (kg) te o kvalitativnim svojstvima grožđa/mošta (koncentracija šećera (°Oe), količina ukupnih kiselina (g/L) i pH vrijednost). Sadržaj šećera i ukupnih kiselina određen je prema metodama O.I.V.-a (2001). U trenutku tehnološke zrelosti, svaki ciljani trs pobran je zasebno te je utvrđen broj grozdova po trsu, prosječna masa grozda (g) te prinos po trsu (kg).

3.3.1. Određivanje realne kiselosti (pH)

Realna kiselost (pH) označava koncentraciju slobodnih vodikovih iona u moštu ili vinu, a ovisi o količini ukupnih kiselina i jačini disocijacije pojedinih kiselina. Vinska kiselina najjače disocira, jabučna slabije, a ostale kiseline još slabije, tako da pH vrijednost vina (mošta) najviše ovisi o količini vinske kiseline. Vrijednost pH mošta i vina uglavnom se kreće između 3,0 i 3,8. Kiselijska vina imaju pH vrijednost ispod 3,5, dok se kod nedovoljno kiselih vina ova kreće i do 4,0. Realna kiselost ima veliki utjecaj na kakvoću vina, kao i na niz biokemijskih i fizikalno-kemijskih procesa tijekom sazrijevanja i starenja vina. pH vrijednost mošta određena je mjerenjem na pH metru pipetiranjem 25 mL mošta u čašu od 100 mL te se očitala pH vrijednost.

3.3.2. Određivanje ukupnog dušika (N) u suhoj tvari lista

Dušik (N) je najvažniji makroelement koji loza usvaja u većim količinama. Dušik je lako pokretljiv u tlu i organima biljke, a lozi je potreban tijekom rasta mladica i korijena najviše kod njihovog intenzivnog rasta (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). Nedostatak dušika se očituje u slabljenju vegetativnog potencijala trsa, kraćom vegetacijom, tankim mladicama, smanjenim grozdovima i malom kakvoćom grožđa. Višak dušika uzrokuje bujan habitus trsa, debele mladice, produženu vegetaciju, smanjenu otpornost na bolesti, poremećaje u oplodnji, narušen odnos između vegetativnog i generativnog potencijala te umanjenu kakvoću grožđa i vina (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Najpouzdanija metoda za procjenu ishranjenosti vinograda je analiza biljnog tkiva jer hranjiva u listu predstavljaju izvor hranjiva za grozd tijekom perioda dozrijevanja (Trdenić i sur., 2019). Može se analizirati peteljka lista ili plojka lista, ali se najčešće analiziraju cjeloviti listovi koji uključuju plojku i peteljku. Za analizu dušika u suhoj tvari lista u ovom istraživanju koristili su se uzorci prikupljeni s pokusnih trsova sorte 'Pinot crni' vinograda Tomac i Šember (vinogorje Plešivica). Napravljeno je ručno uzorkovanje lišća za mjerenje sadržaja ukupnog dušika u listu (% na bazi suhe tvari) neposredno pred zatvaranje grozdova u fenofazi bobica veličine graška.

Uzorkovanje je obavljeno u oba vinograda (Tomac i Šember) 10. srpnja 2020. godine. Ukupni dušik u listu određen je u laboratoriju prema Kjeldahl metodi.

3.4. Ravazov indeks

Bitan pokazatelj bujnosti je Ravazov vegetativno-proizvodni indeks kojim se određuje odnos između generativnog i vegetativnog potencijala vinove loze. Taj se odnos naziva opterećenjem vinove loze i računa se prema matematičkom izrazu:

$$\text{INDEKS RAVAZ} = \text{PRINOS} / \text{MASA OREZANE ROZGVE}$$

gdje se prinos iz trenutne berbe stavlja u odnos s masom orezane rozgve u sljedećoj sezoni zimskog mirovanja.

Rezidba je napravljena u periodu zimskog mirovanja vinove loze te je izvagana masa orezane rozgve (kg) s ciljanih trsova. Rezidba rozgve u vinogradu Tomac i vinogradu Šember provedena je 5. veljače 2021. godine.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Rezultati mjerenja u vinogradu Tomac

Tablica 4.1. Kemijski sastav grožđa, 'Pinot crni', vinograd Tomac, 27. kolovoza 2020.

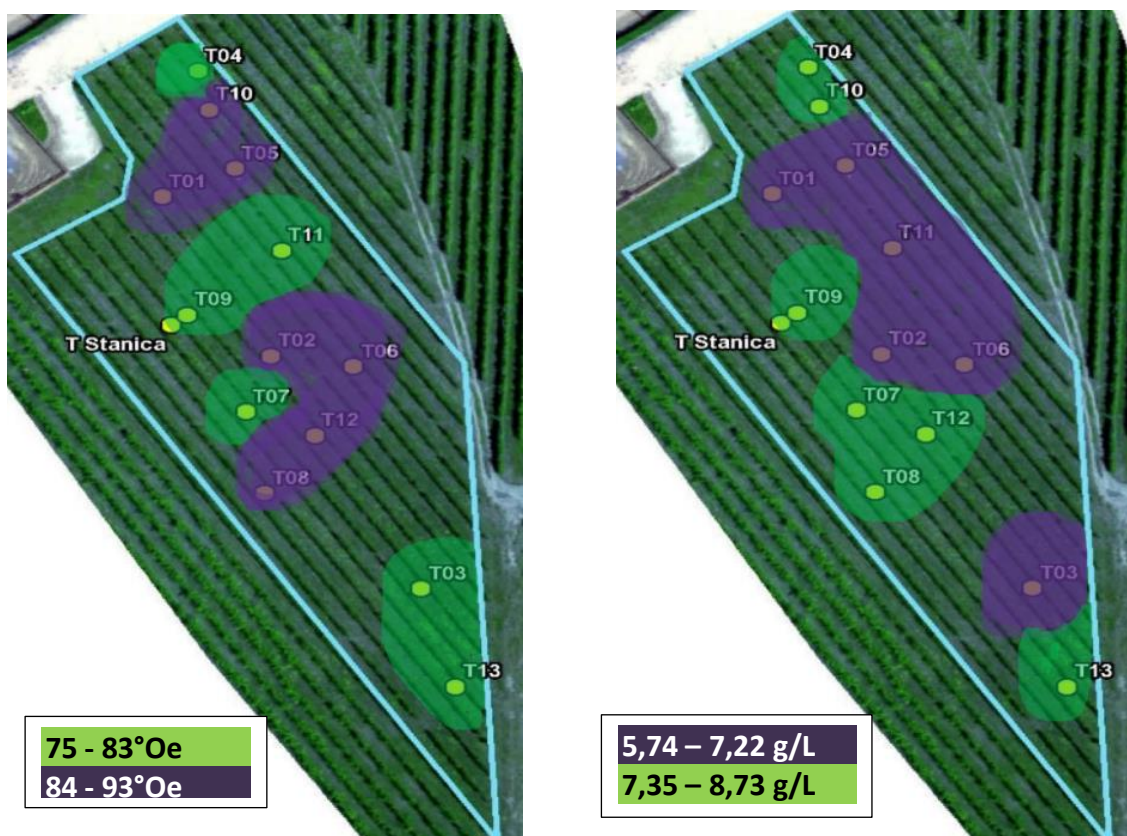
UZORAK	ŠEĆERI °Oe	UKUPNE KISELINE g/L	pH
T1	93	6,35	3,09
T2	86	5,74	2,97
T3	83	7,00	3,05
T4	82	8,52	2,94
T5	90	6,86	3,17
T6	84	7,17	3,07
T7	80	7,35	3,06
T8	84	8,73	3,15
T9	83	7,90	3,12
T10	85	7,84	3,17
T11	77	7,22	2,86
T12	86	7,52	3,06
T13	75	7,42	2,85

Iz podataka u tablici 4.1., koja prikazuje kemijski sastav grožđa, vidljivo je kako se koncentracija šećera u grožđu kreće u rasponu od 75 °Oe (T13) do 93 °Oe (T1). Većina mjerenih trsova se nalazi u srednjem rasponu koncentracije šećera od 82 °Oe do 86 °Oe (T2, T3, T4, T6, T7, T8, T9, T10, T12), dok je najniža izmjerena koncentracija 75 °Oe (T13) i 77 °Oe (T11). Dva područja se izdvajaju po višoj koncentraciji šećera od 90 °Oe (T5) i 93 °Oe (T1).

Sadržaj ukupnih kiselina u moštu izmjerena na pokusnim trsovima iznosi od 5,74 – 8,73 g/L. Najniža koncentracija zabilježena je na uzorku iz područja T2 (5,74 g/L) koji jedini ima zabilježen sadržaj ukupnih kiselina ispod 6 g/L. Ispod 7 g/L imaju trsovi s oznakom T1 (6,35 g/L) i T5 (6,83 g/L) te uzorak iz područja T3 s izmjerenom vrijednosti od 7,0 g/L. Trsovi s oznakom T4, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13) imaju vrijednosti ukupnih kiselina između 7,17 – 7,90 g/L, a najviši sadržaj iznad 8,0 g/L imaju trsovi s T4 (8,52 g/L) i T8 (8,73 g/L).

Dobivene vrijednosti za pH kreću se od minimalno 2,85 (T13) do maksimalno 3,17 (T5, T10). pH je bitan čimbenik za stabilnost vina, ali odnos između pH i ukupnih kiselina nije uvijek proporcionalan jer na pH utječe sposobnost kiselina za disocijaciju. Unatoč tome, vidi se obrazac između više koncentracije šećera i niže ukupne kiselosti s višim pH i niže koncentracije šećera i višeg sadržaja ukupnih kiselina s niskim pH.

Prikupljeni podaci o kvalitativnim svojstvima grožđa sorte 'Pinot crni' (koncentracija šećera ($^{\circ}\text{Oe}$), količina ukupnih kiselina (g/L) i pH vrijednost) na ciljanim trsovima ($n=13$) u 2020. godini mogu se podijeliti u dvije skupine koje se međusobno razlikuju prema koncentraciji šećera te prema količini ukupnih kiselina, pri čemu su u prvoj skupini oni trsovi koji imaju veću koncentraciju šećera, odnosno kiselina, dok su u drugoj skupini oni trsovi koji imaju manju koncentraciju šećera/ukupnih kiselina. Prikaz tih podataka vidi se na slici 4.1. s podjelom koncentracije šećera (lijevo) i ukupnih kiselina (desno) vinograda Tomac. Te dvije grupe se razlikuju prema kvalitativnim parametrima (ciljani trsovi boljih i lošijih kvalitativnih parametara). Oni trsovi koji imaju veću koncentraciju šećera, manju količinu ukupnih kiselina i veću pH vrijednost (T1, T2, T5, T6) daju grožđe bolje kvalitete pa su te zone pogodne za proizvodnju visokokvalitetnih vina. S druge strane, oni trsovi koji imaju manju koncentraciju šećera, veću količinu ukupnih kiselina i manju pH vrijednost (T4, T7, T9, T13) će zbog izražene kiselosti biti niže kvalitete te predstavljaju zone niže kakvoće grožđa te se mogu koristiti za proizvodnju pjenušaca. Istraživanja (Baluja, 2012 i Pereyra, 2023) su pokazala kako su parametri koncentracije šećera i pH najmanje varijabilni pa stoga možemo utvrditi stabilne kvalitativne zone za proizvodnju različitih tipova vina.



Slika 7. Prikaz koncentracije šećera (lijevo) i ukupnih kiselina (desno) za svaku zonu vinograda Tomac

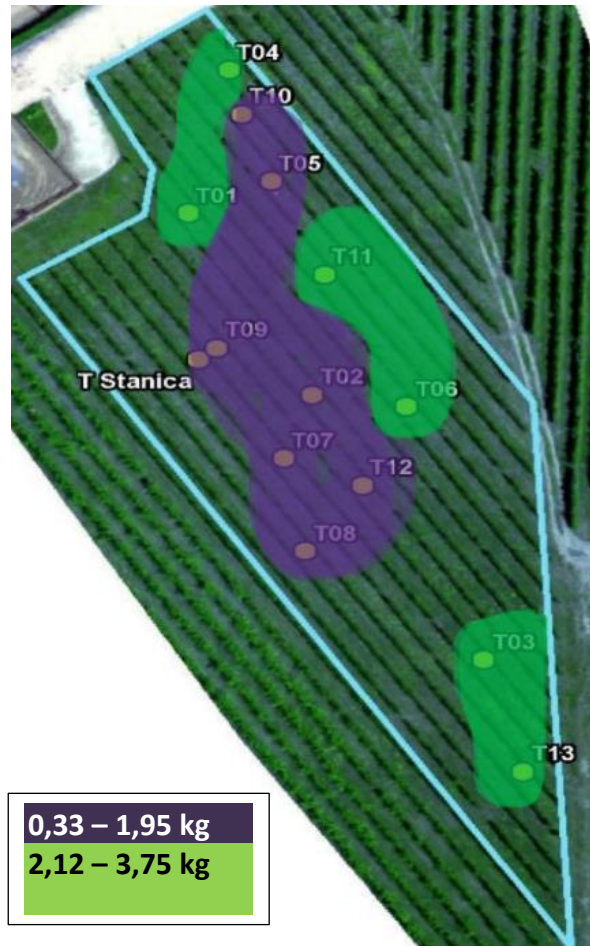
Tablica 4.2. Pokazatelji uroda grožđa, 'Pinot crni', vinograd Tomac, berba 27. kolovoza 2020.

UZORAK	BROJ GROZDOVA	PROSJEČNA MASA GROZDA (g)	PRINOS PO TRSU (kg)
T1	18	120	2,13
T2	9	80	0,73
T3	13	160	2,12
T4	27	130	3,57
T5	12	140	1,63
T6	26	120	3,23
T7	13	130	1,63
T8	11	140	1,56
T9	12	130	1,55
T10	6	130	0,76
T11	14	160	2,20
T12	2	170	0,33
T13	22	140	3,08

U tablici 4.2. prikazani su podaci dobiveni mjerenjem prinosa (kg), broja grozdova po trsu te prosječne mase grozda (g) za sortu 'Pinot crni' iz vinograda Tomac. Iz podataka vidimo kako se raspon prinosa kreće od 0,33 kg (T12) do 3,57 kg (T4). Vrijednosti za prosječan broj grozdova kreću se od 2 grozda na trsu T12, što i odgovara najmanjoj vrijednosti prinosa od 0,33 kg do 27 grozdova po trsu T4 koji je ujedno i trs s najvećim prinosom od 3,57 kg. Masa grozdova kreće se od minimalne vrijednosti od 80g (T2) do maksimalne vrijednosti od 170 g na trsu T12 koji je trs s najmanjim prinosom pa je time i težina grozda veća. Najniži izmjereni prinos (ispod jednog kilograma) imaju trsovi T12 (0,33 kg), T2 (0,73 kg) i T10 (0,76 kg). To su ujedno i trsovi s najmanjim brojem grozdova po trsu. Najviši prinos (iznad 3 kg) imaju trsovi iz područja T4 (3,57 kg), T6 (3,23 kg) i T13 (3,08 kg), što su istovremeno i trsovi s najviše ubranih grozdova po trsu.

Iz slike broj 4.1. koja prikazuje kartu izmjerenih koncentracija šećera po zonama vinograda Tomac, možemo vidjeti jasna preklapanja između zona viših koncentracija šećera sa zonama nižeg prinosa koje možemo vidjeti na slici zona višeg i nižeg prinosa (slika 4.2.). Područja više koncentracije šećera se preklapaju s područjima nižeg prinosa, a to uključuje trsove T2, T5, T8, T10 i T12. Trsovi iz niske koncentracije šećera koji se preklapaju s područjima visokog prinosa su T3, T4, T11 i T13. Trsovi s niskim sadržajem ukupnih kiselina T2 i T5 nalaze se u zoni vinograda s niskim prinosom, dok se trsovi T4 i T13 s visokim sadržajem kiselina nalaze u zoni visokog prinosa. Iz ovih podataka možemo zaključiti da je varijabilnost u vinogradu Tomac poprilično izražena i da ta varijabilnost pokazuje korelaciju između zona visokih šećera i niskih kiselina sa zonama niskog prinosa te zona niskih šećera i visokih kiselina sa zonama visokih prinosa. Sukladno tome, područja s trsovima označenim kao T2 i T5 mogu se okarakterizirati kao najkvalitetnije zone za proizvodnju vina zbog visokih koncentracija šećera i niskog sadržaja ukupnih kiselina, dok se područja na kojima se nalaze trsovi T4 i T13 mogu označiti kao

kvalitativno nepovoljne za proizvodnju vina veće kvalitete obzirom da imaju najmanje razine šećera i najveće razine ukupnih kiselina.



Slika 8. Prikaz ukupnih prinosa prema rezultatima mjerenja za svaku pojedinu zonu vinograda Tomac

Tablica 4.3. Koncentracija dušika u suhoj tvari lista, 'Pinot crni', vinograd Tomac

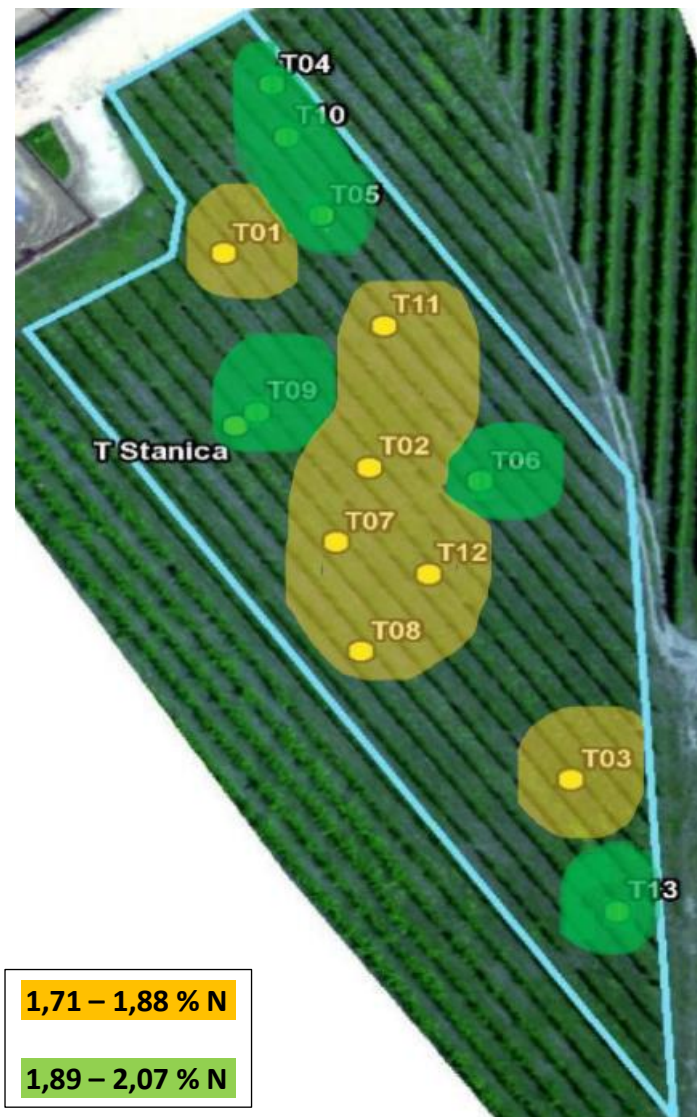
UZORAK	DUŠIK (N) U LISTU (%)
T1	1,82
T2	1,71
T3	1,78
T4	1,90
T5	1,89
T6	1,94
T7	1,83
T8	1,83
T9	1,91
T10	2,07
T11	1,87
T12	1,86
T13	2,01

U tablici 4.3. prikazana je koncentracija dušika u suhoj tvari lista uzeta iz uzoraka pokusnih trsova vinograda Tomac. Podaci o masi rozgve i Ravazovom indeksu nisu dostupni jer 2021. godine nije mjerena težina orezane rozgve.

Koncentracija dušika u listu kreće se od minimalne vrijednosti od 1,71 % zabilježene kod trsa T2 do maksimalne izmjerene vrijednosti od 2,07 % kod trsa iz područja T10. Iako su sve zabilježene vrijednosti unutar normalnih parametara dušika koje ne variraju značajno i ne pokazuju veliki deficit ili suficit dušika, možemo podijeliti postotak dušika u listu u dvije grupe manje i veće vrijednosti. Najmanju izmjerenu koncentraciju dušika imaju trsovi T2 (1,71 %) i T3 (1,78 %). Trs iz područja T2 je ujedno i trs s najnižom prosječnom masom grozda, malim brojem grozdova i spada u područje više koncentracije šećera i niskog sadržaja ukupnih kiselina. Trs T2 s najnižom koncentracijom dušika je ujedno i onaj koji spada u područje najkvalitetnijih zona za proizvodnju vina. Gatti i sur. (2021) naglašavaju kako je u njihovoj studiji težina bobica bila najmanja u zoni niže bujnosti i najveća u zoni više bujnosti te da je kakvoća grožđa bila viša u zoni niže bujnosti zbog bržeg dozrijevanja grožđa. Trs T3 ima niže koncentracije šećera i prosječno veći prinos.

Vrijednosti između 1,89 % i 1,94 % imaju trsovi T4, T5, T6 i T9. Trsovi T4 i T6 spadaju u područje većeg prinosa i manje kvalitete grožđa. Koncentracije iznad 2 % dušika u listu imaju trsovi T13 (2,01 %) i T10 (2,07 %). Trs T13 spada u zone niske kvalitete grožđa (manje šećera, visoke kiseline i visoki prinos) pa možemo zaključiti da je zbog nešto veće koncentracije dušika i slabijeg dozrijevanja došlo do prevelike bujnosti loze. Suprotno tome, trs T10 (20,07 %) spada

u zonu veće kvalitete grožđa (viši šećeri, niske kiseline i niži prinos). Na slici 4.3. prikazan je raspored koncentracije dušika u vinogradu Tomac po zonama niže i više vrijednosti.



Slika 9. Zone koncentracije dušika (N) u vinogradu Tomac

4.2. Rezultati mjerenja u vinogradu Šember

Tablica 4.4. Kemijski sastav grožđa, 'Pinot crni', vinograd Šember, 2. kolovoza 2020.

UZORAK	ŠEĆERI °Oe	UKUPNE KISELINE g/L	pH
Š1	93	6,74	3,0
Š2	85	7,97	3,22
Š4	91	6,12	3,21
Š7	90	7,25	3,25
Š8	97	6,72	3,18
Š10	87	5,94	3,17
Š11	86	6,11	3,01
Š12	100	6,55	3,27
Š13	94	7,72	3,08
Š14	91	6,04	3,13
Š15	86	5,99	3,23
Š16	83	7,31	3,09
Š17	86	6,91	3,06
Š18	88	7,32	2,99
Š19	83	7,00	3,22
Š20	84	7,91	3,00
Š22	102	5,93	3,20
Š23	87	7,56	3,02

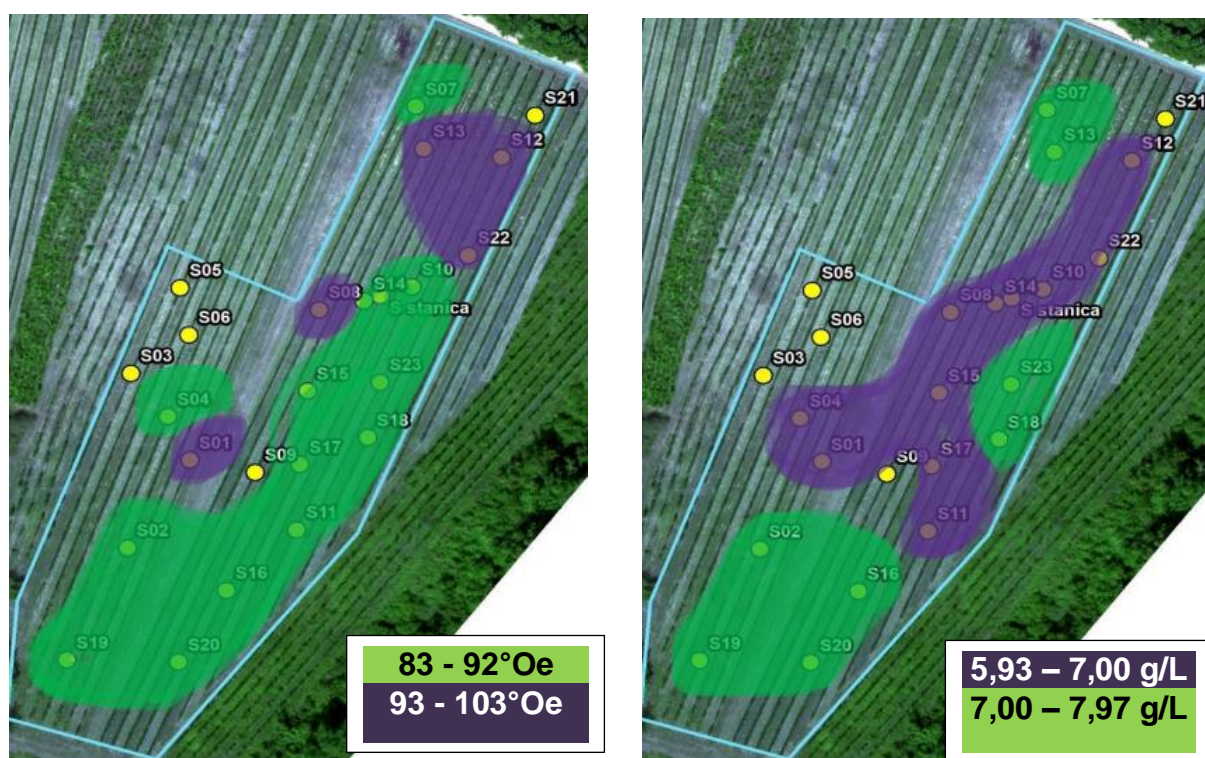
Iz reprezentativnih uzoraka uzetih iz vinograda Šember izuzeti su uzorci s trsova s oznakom Š3, Š6, Š9 i Š21 zbog razloga što su ispitivani uzorci bili 'Pinot bijeli', a ne 'Pinot crni', a trs s oznakom Š5 je izuzet jer nije imao prinosa 2020. godine.

Iz mjerenih parametara u tablici 4.4. vidljivo je kako koncentracija ukupnih šećera u uzorcima mošta varira od 83 °Oe (Š16 i Š19) do 102 °Oe (Š22). Područja koja se izdvajaju po višoj koncentraciji šećera su Š1, Š8, Š13 te trsovi s oznakom Š12 i Š22 koji imaju koncentraciju šećera iznad 100 °Oe. Područja koja se mogu svrstati pod zonu niže koncentracije šećera su , Š2, Š4, Š7, Š10, Š11, Š14, Š15, Š17, Š18, Š20 te područja Š16 i Š19 s najnižom koncentracijom šećera od 83 °Oe.

Količina ukupnih kiselina u moštu kreće se u rasponu od 5,93 g/L do 7,97 g/L. Niži sadržaj kiselina (između 6,00 i 7,00 g/L) imaju trsovi s oznakama Š1, Š4, Š8, Š11, Š12, Š14, Š17, dok najniže ukupne kiseline (ispod 6,00 g/L) imaju trsovi s oznakom Š22 (5,93 g/L), Š10 (5,94 g/L) i Š15 (5,99 g/L). Ostala područja imaju izmjeren sadržaj ukupnih kiselina iznad 7,00 g/L, s najvišim sadržajem kiselina na trsovima Š2 (7,97 g/L) i Š20 (7,91 g/L).

Izmjerene vrijednosti pH kreću se u rasponu od minimalno 2,99 (Š18) do 3,27 (Š12). Vrijednost najvišeg pH odgovara vrijednosti Š12 trsa koji ima drugu najveću izmjerenu koncentraciju šećera (100° Oe), dok trs s najnižim pH spada u skupinu trsova s nižim sadržajem ukupnih kiselina.

Podaci o kvalitativnim svojstvima grožđa se i ovdje mogu podijeliti u dvije skupine koje se međusobno razlikuju prema višoj ili nižoj koncentraciji šećera te prema višoj ili nižoj količini ukupnih kiselina. Na slici 4.4. možemo vidjeti podjelu po zonama koncentracije šećera (lijevo) i ukupnih kiselina (desno) vinograda Šember. Trsovi koji imaju veću koncentraciju šećera, manju količinu ukupnih kiselina i veću pH vrijednost (Š1, SŠ8, Š12, Š22) daju grožđe bolje kvalitete pa su te zone pogodne za proizvodnju visokokvalitetnih vina. S druge strane, oni trsovi koji imaju manju koncentraciju šećera, veću količinu ukupnih kiselina i manju pH vrijednost (Š2, Š7, Š16, Š19, Š20) će zbog izražene kiselosti biti niže kvalitete te predstavljaju zone manje kakvoće grožđa. Kao i slučaju vinograda Tomac, i u vinogradu Šember vide se zone koje se razlikuju prema kvalitativnim parametrima (zone boljih i zone lošijih kvalitativnih parametara) i koje su više ili manje prikladne za proizvodnju vina određenog stila i kvalitete.



Slika 10. Prikaz koncentracije šećera (lijevo) i ukupnih kiselina (desno) za svaku zonu vinograda Šember

Tablica 4.5. Pokazatelji uroda grožđa, 'Pinot crni', vinograd Šember, berba 2. rujna 2020.

UZORAK	BROJ GROZDOVA	PROSJEČNA MASA GROZDA (g)	PRINOS PO TRSU (kg)
Š1	17	120	2,11
Š2	15	110	1,66
Š4	17	110	1,91
Š7	13	170	2,15
Š8	13	120	1,59
Š10	21	150	3,19
Š11	14	150	2,10
Š12	14	100	1,44
Š13	18	140	2,49
Š14	23	120	2,71
Š15	9	210	1,89
Š16	13	170	2,16
Š17	31	150	4,55
Š18	20	150	3,01
Š19	23	120	2,77
Š20	14	130	1,87
Š22	11	80	0,93
Š23	17	190	3,26

U tablici 4.4. prikazane su vrijednosti parametara generativnog potencijala pokusnih trsova sorte 'Pinot crni' u vinogradu Šember, a to su prinos (kg), broj grozdova po trsu te prosječna masa grozda (g). Iz podataka je vidljivo kako se vrijednosti prinosa kreću od minimalnih 0,93 kg (Š22) do maksimalnih 4,55 kg (Š17). Prosječan broj grozdova kreće se u rasponu od 9 grozdova po trsu (Š15) do 31 grozda po trsu (Š17) koji je istovremeno i trs s najvećim izmjerenim prinosom od 4,55 kg. Najmanja izmjerena prosječna masa grozda je 80 g kod trsa Š22 koji je ujedno i trs s najmanjim prinosom od 0,93 kg, a najveća izmjerena masa je 210 g (Š15). Trs Š15 koji ima najmanji broj grozdova po trsu (9 grozdova) je ujedno i trs s najvećom prosječnom masom grozda (210 g). Najniži prinos (ispod jednog kilograma) ima trs s oznakom Š22 (0,93 kg). Najviše prinose (iznad 3 kg) imaju trsovi Š10 (3,19 kg), Š17 (4,55 kg), Š18 (3,01 kg) i Š23 (3,26 kg). Trsovi Š2, Š4, Š8, Š12, Š20, Š22 imaju prinos u rasponu od 1,44 kg do 1,91 kg po trsu, dok ostali trsovi imaju prinos između 2,10 kg do 2,77 kg. Trs s oznakom Š17 se izdvaja po znatno većem prinosu od ostalih uzorkovanih trsova s iznosom od 4,55 kg te po znatno većem broju grozdova (31 grozd). Uzrok tome je najvjerojatnije manje oštra rezidba s više ostavljenih lucnjeva te veći broj mladica na trsu.

Prema slici 4.4. koja prikazuje koncentracije šećera po zonama vinograda Šember vide se preklapanja između zona viših koncentracija šećera sa zonama nižeg prinosa koje možemo vidjeti na slici zona podjele višeg i nižeg prinosa (slika 4.5.). Područja više koncentracije šećera se preklapaju s područjima nižeg prinosa što se odnosi na trsove Š1, Š8, Š12 i Š22. Trsovi iz zone niže koncentracije šećera koji se preklapaju s područjima visokog prinosa su Š10, Š14, Š17, Š18,

Š19 i Š23. Trsovi kod kojih su izmjerene niže količine ukupnih kiselina, a nalaze se unutar zone s niskim prinosom su trsovi Š1, Š4, Š8, Š11, Š12, Š15 te Š22. Trsovi s visokim sadržajem ukupnih kiselina i visokog prinosa su Š13, Š18, Š19 i Š23. Prema ovim podacima možemo zaključiti da je varijabilnost u vinogradu Šember prostorno izražena te da ta varijabilnost pokazuje korelaciju između zona visokih koncentracija šećera i niskih kiselina sa zonama niskog prinosa te zona niskih koncentracija šećera i visokih kiselina sa zonama visokih prinosa. Tako se područja s trsovima Š1, Š8, Š12 i Š22 mogu označiti kao najkvalitetnije zone u vinogradu pogodna za proizvodnju vina više kvalitete obzirom da imaju visoke koncentracije šećera i niski sadržaj kiselina. Područja na kojima se nalaze trsovi Š18, Š19 i Š23 su područja čije grožđe ima lošija kvalitativna svojstva zbog visokog sadržaja ukupnih kiselina i najmanje koncentracije šećera.



Slika 11. Prikaz ukupnih prinosa prema rezultatima mjerenja za svaku pojedinu zonu vinograda Šember

Tablica 4.6. Vrijednosti vegetativnog potencijala, 'Pinot crni', vinograd Šember, rezidba 5. veljače 2021.

UZORAK	DUŠIK (N) U LISTU (%)	MASA ROZGVE (kg)	RAVAZOV INDEKS
Š1	1,72	0,53	3,98
Š2	2,02	0,79	2,10
Š4	1,90	0,37	5,16
Š7	1,89	0,38	5,66
Š8	1,87	0,40	3,98
Š10	1,76	0,42	7,60
Š11	1,86	0,43	4,88
Š12	1,95	0,35	4,11
Š13	1,77	0,29	8,59
Š14	1,98	0,37	7,32
Š15	1,92	0,57	3,32
Š16	1,97	0,51	4,24
Š17	1,98	0,39	11,67
Š18	2,05	0,40	7,53
Š19	1,98	0,38	7,29
Š20	1,91	0,33	5,67
Š22	1,72	0,22	4,23
Š23	1,98	0,40	8,15

Iz podataka u tablici 4.6. vidimo da se koncentracija dušika u suhoj tvari lista kreće od minimalne vrijednosti 1,72 % (trsovi Š1 i Š22) do maksimalne koncentracije od 2,05 % kod trsa Š18. Trsovi s najnižom koncentracijom dušika ispod 1,80 % su trsovi Š1 i Š22 (1,72 %), Š10 (1,76 %) i Š13 (1,77 %). Većina trsova se kreće u rasponu koncentracije dušika od 1,86 % do 1,98 % (trsovi Š4, Š7, Š8, Š11, Š12, Š14, Š15, Š16, Š17, Š19, Š20 i Š23), dok najveću koncentraciju dušika iznad 2,00 % imaju trsovi Š2 (2,02 %) i Š18 (2,05 %). Masa orezane rozgve kreće se od minimalnih 0,22 kg (Š22) do 0,79 kg (Š2). Po rasponu mase rozgve vidimo da se skoro svi trsovi kreću unutar parametara umjerene količine rozgve (od 0,20 kg do 0,60 kg) osim trsa iz područja Š2 s ukupnom masom rozgve od 0,79 kg što je veća vrijednost od prosjeka. Vrijednosti Ravazovog indeksa kreću se od minimalno 2,10 (Š2) do maksimalno 11,67 (Š17). Optimalne vrijednosti Ravazovog indeksa kreću se od 5 do 10, što znači da su prinos i bujnost trsova u povoljnom odnosu. Ako su trsovi u vegetativno-generativnoj neravnoteži, pokazivat će vrijednosti iznad 10, kao što je slučaj s trsom Š17 koji ima vrijednost od 11,67. Neuravnoteženi trsovi s Ravazovim indeksom ispod 5 su trsovi Š1, Š2, Š8, Š11, Š12, Š15, Š16 i Š22. Trsovi iz područja Š4, Š7, Š10, Š13, Š14, Š18, Š19, Š20, Š23 pokazuju ravnotežu između generativnog i vegetativnog potencijala jer im vrijednost nije manja od 5 i ne prelazi 10.

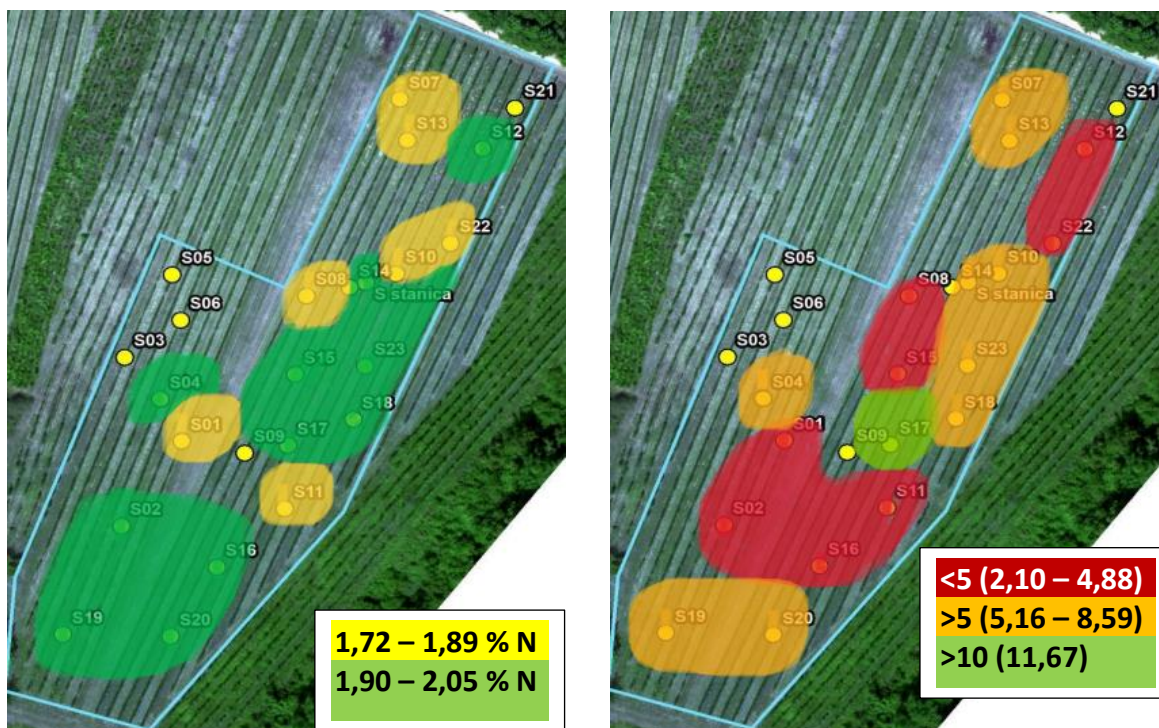
Trs iz područja Š17 koji ima Ravazovu vrijednost iznad 10 (11,67) ukazuje na slabiju bujnost. Trs Š17 ima najveći prinos po trsu od 4,55 kg i najveći broj grozdova (31 grozd) te se svrstava

pod zonu niže koncentracije šećera i niskih kiselina. Koncentracija dušika trsa Š17 ima višu vrijednost od 1,98 %. Iako navedeni trs nema deficit dušika, došlo je do neravnoteže u samom prinosu koji je iznad prosjeka, a time i slaboj kvaliteti grožđa. Preporučeni zahvat bi bio prorjeđivanje grozdova kako bi povećala kvaliteta grožđa i potaknulo brže dozrijevanje.

Trsovi s oznakom Š1, Š8, Š12 i Š22 imaju Ravazov indeks ispod 5 i time pokazuju vegetativno-generativnu neravnotežu. Trsovi Š1 i Š22 s minimalnom izmjerenom koncentracijom dušika (1,72 %) imaju i manju izmjerenu masu rozgve (trs Š1 ima masu rozgve od 0,53 kg, a trs Š22 0,22 kg) i Ravazov indeks ispod optimalne vrijednosti od 3,98 (Š1) i 4,23 (Š22) što ukazuje na previsoku bujnost koja je uzrokovala neravnotežu između generativnog i vegetativnog potencijala. Trsovi Š1 i Š22 se nalaze u zoni najviše kvalitete grožđa zbog visokih koncentracija šećera i nižeg sadržaja ukupnih kiselina. Trs Š22 je imao najmanji prinos po trsu (0,93 kg) gdje je prosječna veličina bobica bila najmanja (80 g). Iako trsovi Š1, Š8, Š12 i Š22 ne pokazuju preveliki deficit dušika i imaju visoku kakvoću grožđa (visoka koncentracija šećera, niske kiseline), a niži Ravazov indeks ukazuje na preveliku bujnost, prema istraživanju Gatti i sur. (2021) uočena je pozitivna korelacija prinosa s povećanjem bujnosti pa je u njihovoj studiji, Ravazov indeks bio znatno smanjen u zoni niže bujnosti, a što je manja bila bujnost, to je bio veći omjer list-plod. To možemo uočiti i prema podacima dobivenim za vinograd Šember gdje neka područja s višom koncentracijom dušika koreliraju s područjima viših kiselina, manje koncentracije šećera i višeg Ravazovog indeksa što sugerira da su to područja više bujnosti, dok se zone visoke kvalitete grožđa poklapaju s područjima nižih koncentracija dušika i manje bujnosti.

Treba uzeti u obzir da Ravazov indeks može varirati i ovisan je o mnogo faktora poput starosti trsa, sorte, agroekoloških uvjeta te upravljanja vinogradom. Nešto manje od polovice trsova imalo je Ravazov indeks manji od optimalnog koji se očekuje za balansiran odnos prinosa i rasta, što pokazuje da velik dio vinograda ima višu bujnost što može negativno utjecati na prinos. No, negativan utjecaj na prinos ima za posljedicu višu kvalitetu grožđa koja je potrebna za održavanje više kvalitete vina.

Na slici 4.6. možemo vidjeti prikaz sadržaja dušika (%) u suhoj tvari lista (lijevo) i Ravazovog indeksa (desno) za svaku pojedinu zonu vinograda Šember.



Slika 12. Prikaz sadržaja dušika (%) u suhoj tvari lista (lijevo) i Ravazovog indeksa (desno) za svaku pojedinu zonu vinograda Šember

5. Zaključak

Prema svim dosadašnjim istraživanjima, postojanje varijabilnosti unutar vinograda je neupitna činjenica koja je vezana uz različite faktore uzgoja vinove loze. Cilj vinogradarske i vinarske proizvodnje je osigurati stabilan prinos i optimalnu kakvoću grožđa, a to se, osim primjenom različitih ampelotehničkih zahvata, može postići i zoniranjem vinograda kako bi se primijenilo precizno upravljanje uzgojem. Zoniranje vinograda omogućava ciljano upravljanje poput navodnjavanja, gnojidbe i zaštite vinograda te selektivnu berbu usmjerenu na različitu kakvoću grožđa i proizvodnju različitih tipova vina od iste sorte grožđa i iz istog vinograda.

Na temelju provedenog istraživanja varijabilnosti vegetativnog i generativnog potencijala sorte 'Pinot crni' u vinogradima Tomac i Šember možemo zaključiti da je prisutna izražena prostorna varijabilnost u prinosu, bujnosti i kakvoći grožđa. Koncentracija šećera, sadržaj ukupnih kiselina i pH vrijednost su temeljni pokazatelji kakvoće grožđa i pokazali su znatnu varijabilnost. U oba vinograda jasno su vidljive kvalitativno povoljne zone (one s višom koncentracijom šećera i nižim sadržajem ukupnih kiselina) te kvalitativno nepovoljne zone u kojima su izražene manje koncentracije šećera i više ukupne kiseline. Prema pokazateljima uroda grožđa u oba vinograda možemo primijetiti snažnu korelaciju između prinosa grožđa i kvalitativnih zona. Zone više koncentracije šećera i nižeg sadržaja ukupnih kiselina se u većini pokusnih trsova poklapaju sa zonama niskog prinosa, a zone niže koncentracije šećera i visokih ukupnih kiselina se uglavnom nalaze u područjima visokog prinosa. Ta preklapanja dodatno izražavaju prostornu varijabilnost vinograda Tomac i Šember i podjelu varijabilnosti na kvalitativno povoljne i kvalitativno nepovoljne zone. Manje od polovice trsova ima Ravazov indeks manji od 5, odnosno nemaju balansiran rast i prinos te imaju visoku bujnost. Viša bujnost uzrokuje manje prinose, no većina takvih trsova ima najveću kakvoću grožđa pa možemo zaključiti da je niži prinos nužan za održavanje visoke kvalitete grožđa.

Mjerenjem i analizom različitih vegetativnih i generativnih parametara i utvrđivanjem varijabilnosti, moguće je odrediti zone manje bujnosti i manjeg prinosa, a više kvalitete grožđa te zone veće bujnosti i većeg prinosa, ali manje kvalitete grožđa. Određivanjem zona bujnosti mogu se odrediti i kvalitativne zone u vinogradu, čije je određivanje značajno za ciljano upravljanje vinogradarske proizvodnje, što uključuje preciznu gnojidbu, primjenu zaštite ili selektivnu berbu na osnovu kvalitete grožđa. Definiranjem zona bujnosti, kakvoće grožđa i prinosa može se provesti selektivna berba grožđa, s ciljem proizvodnje različitih tipova vina (vina niže ili više kvalitete, a time i cjenovne kategorije) čime se može dovesti do povećanja financijske koristi i ekonomske opravdanosti investicija proizvođača grožđa i vina.

6. Popis literature

1. Agati G., Meyer S., Matteini P., Cerovic Z. G. (2007). Assessment of anthocynins in grape (*Vitis vinifera* L.) berries using a non-invasive chlorophyll fluorescence method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1053-1061
2. Arno J., Rosell J. R., Bianco R., Ramos M. C., Martinez-Casasnovas J. A. (2012). Spatial variability in grape yield and quality influenced by soil and crop nutrition characteristics. *Precision Agric.* 13: 393-410
3. Baluja J., Diago M. P., Goovaerts P., Tardaguila J. (2012). Assesment of spatial variability of anthocyanins in grapes using fluorescence sensor: relationships with vine vigour and yield. *Precision Agriculture*.
4. Baluja J., Tardaguila J., Ayestaran B., Diago M. P. (2012). Spatial variability of grape composition in a Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) vineyard over a 3-year survey. *Precision Agriculture*
4. Bramley R. G. V. (2001). Variation in the yield and quality of winegrapes and the effect of soil property variation in two contrasting Australian vineyards. *Proceedings of the 3rd European conference on precision agriculture* : 767-772
5. Bramley R. G. V. (2005). Understanding variability in winegrape production systems. 2. Within vineyard variation in quality over several vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 11: 33-42
6. Bramley R. G. V. (2010). *Precision Viticulture: managing vineyard variability for improved quality outcomes*. Woodhead Publishing Limited.
7. Bramley R. G. V., Hamilton R. P. (2004). Understanding variability in winegrape production systems. 1. Within vineyard variation in yield over several vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 10: 32-45
8. Bramley R. G. V., Lamb D. W. (2003). Making sense of vineyard variability in Australia. *Precision Viticulture*. 35-54
9. Bramley R. G. V., Ouzman J., Boss P. K. (2011). Variation in wine vigour, grape yield and vineyard soils and topography as indicators of variation in the chemical composition of grapes, wine and wine sensory attributes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 17: 217-229
10. Bramley R. G. V., Sanchez L., Dokoozlian N. K., Ford C. M., Pagay V. (2022). Characterising spatio-temporal variation in fruit composition for improved winegrowing management in California Cabernet Sauvignon. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 28: 407-423
11. Bramley R. G. V., Trought M. C. T., Praat J. P. (2011). Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: characterizing variation in vineyard performance and options for the implementation of Precision Viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 17: 72-78

12. Cerovic Z. G., Moise N., Agati G., Latouche G., Ben Ghazlen N., Meyer S. (2008). New portable optical sensors for the assessment of winegrape phenolic maturity based on berry fluorescence. *Journal of Food Composition and Analysis*. 21: 650-654
13. Chong H. H., Cleary M. T., Dokoozlian N., Ford C. M., Fincher G. B. (2019). Soluble cell wall carbohydrates and their relationship with sensory attributes in Cabernet Sauvignon wine. *Food Chemistry* 298: 724-745
14. Ferro M. V., Catania P., Micciche D., Pisciotta A., Vallone M. Orlando S. (2023). Assessment of vineyard vigour and yield spatio-temporal variability based on UAV high resolution multispectral images. *Biosystems Engineering*. 231: 36-56
15. Gatti M., Garavani A., Squeri C., Diti I., De Monte A., Scotti C., Poni S. (2021). Effects of intra-vineyard variability and soil heterogeneity on vine performance, dry matter and nutrient partitioning. *Precision Agriculture*. 23: 150-177
16. Husnjak S. (2014). *Sistematika tala Hrvatske*. Hrvatska sveučilišna naklada. Zagreb
17. Iland P., Bruer N., Edwards G., Weeks S., Wilkes E. (2004). *Chemical analysis of grapes and wine: techniques and concepts*. Patrick Iland Wine Promotions. Campbelltown.
18. Jackson D. I., Lombard P. B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*. 44: 409-430
19. Maletić E., Pejić I., Karoglan Kontić J. (2008). *Vinova loza – Ampelografija, ekologija, oplemenjivanje*. Školska knjiga. Zagreb
20. Mirošević N. i sur. (2009). *Atlas hrvatskog vinogradarstva i vinarstva*. Golden marketing- Tehnička knjiga. Zagreb
21. Mirošević N., Karoglan Kontić J. (2008). *Nakladni zavod Globus*. Zagreb
22. Mirošević, N., Turković, Z. (2003). *Ampelografski atlas*. Golden marketing- Tehnička knjiga. Zagreb
23. Pereyra G., Pellegrino A., Ferrer M., Gaudin R. (2023). How soil and climate variability within a vineyard can affect the heterogeneity of grapevine vigour and production. *OENO One* Vol. 57 No. 3. doi: 10.20870/oeno-one.2023.57.3.7498 (online) <https://oeno-one.eu/article/view/7498> (pristupljeno 25. Kolovoza 2024.)
24. Poni S., Pellegrini S., Perria R., Puccioni S., Storchi P., Valboa G. (2019). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*. 234: 455-462
25. Rendulić Jelušić J. (2022). *Primjena vegetacijskih indeksa u kvalitativnom zoniranju vinograda i povećanju ekonomičnosti vinogradarske proizvodnje*. Doktorski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
26. Romboli Y., Di Gennaro S. F., Mangani S., Buscioni G., Matese A. Genesio L., Vincenzini M. (2017). Vine vigour modulates bunch microclimate and affects the composition of grape and wine flavonoids: an unmanned aerial vehicle approach in a Sangiovese vineyard in Tuscany. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 23:368-377
27. Sams B., Bramley R. G. V., Aboutaleb M., Sanchez L., Dokoozlian N. K., Ford C. M., Pagay V. (2022). Facilitating mapping and understanding of within-vineyard variation in fruit

- composition using data pooled from multiple vineyards. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 28: 522-533
28. Sams B., Bramley R. G. V., Sanchez L., Dokoozlian N. K., Ford C. M., Pagay V. (2022). Characterising spatio-temporal variation in fruit composition for improved winegrowing management in California Cabernet Sauvignon. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 28
 29. Sams B., Bramley R. G. V., Sanchez L., Dokoozlian N. K., Ford C. M., Pagay V. (2022). Remote sensing, yield, physical characteristics, and fruit composition variability in Cabernet Sauvignon vineyards. *American Journal of Enology and Viticulture* 73: 93-105
 30. Trdenić, M., Marković, Z., Herak Ćustić, M., Petek, M. (2019). Status makroelemenata u listu sorte 'Škrlet bijeli' (*Vitisvinifera* L.) pri različitoj gnojdbi. *Izvorni znanstveni rad, Glasnik zaštite bilja* 63.
 31. Tuccio L., Cavigli L., Rossi F., Dichala O., Katsogiannos F., Kalfas I., Agati G. (2020). Fluorescence-sensor mapping for the in vineyard non-destructive assessment of Crimson Seedless table grape quality. *Sensors*. 20:983
 32. Van Leeuwen C. (2010). Terroir: The effect of the physical environment on the wine growth, grape ripening and wine sensory attributes. *Managing wine quality*. 1: 273-315
 33. Žunić D., Garić M., Ristić M., Ranković V., Radojević I., Mošić I. (2009). Atlas sorti vinove loze. Centar za vinogradarstvo i vinarstvo. Niš

Internetske stranice

1. Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (2024). Vinogradarski registra. <https://www.apprrr.hr/registri/> - pristup 1.09.2024.
2. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2004). Regionalizacija poljoprivredne proizvodnje u Zagrebačkoj županiji. https://www.zagrebackazupanija.hr/media/filer_public/59/e0/59e0add0-6819-4e95b43c5d9599f9d008/regionalizacija_poljoprivredne_proizvodnje.pdf – pristup 1.09.2024.
3. Andrijanić J., Fabijanić D. (2008). Vino i... portret vinara Tomac. <https://www.iceipice.hr/hr/clanak/tomac> - pristup 1.09.2024.
4. Poljoprivredno gospodarstvo Šember (2024). O nama. <https://www.sember.hr/o-nama> - pristup 1.09.2024.
5. Državni hidrometeorološki zavod (2024). www.meteo.hr – pristup 1.09.2024

