

Ugljik i dušik u biomasi vinove loze

Erak, Manuela

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:204:403578>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-30**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

UGLJIK I DUŠIK U BIOMASI VINOVE LOZE

DIPLOMSKI RAD

Manuela Erak

Zagreb, rujan, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

UGLJIK I DUŠIK U BIOMASI VINOVE LOZE

DIPLOMSKI RAD

Manuela Erak

Mentorica:

Izv.prof.dr.sc. Darija Bilandžija

Zagreb, rujan, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Manuela Erak**, JMBAG 0178115270, rođena 19.04.1999. u Šibeniku, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

UGLJIK I DUŠIK U BIOMASI VINOVE LOZE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor 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/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Manuela Erak

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Manuele Erak**, JMBAG 0178115270, naslova

UGLJIK I DUŠIK U BIOMASI VINOVE LOZE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|--------------------------------------|-----------|-------|
| 1. | Izv. prof. dr. sc. Darija Bilandžija | mentorica | _____ |
| 2. | Prof. dr. sc. Marko Karoglan | član | _____ |
| 3. | Izv. prof. dr. sc. Aleksandra Perčin | članica | _____ |

Zahvala

Zahvaljujem se svojoj mentorici, izv.prof.dr.sc. Dariji Bilandžija, koja mi je omogućila realizaciju ovog diplomskog rada. Zahvalna sam joj na uloženom vremenu i trudu, pristupu svoj literaturi, stručnim savjetima i spremnosti za odgovor na svako moje pitanje.

Zahvaljujem se svojim roditeljima koji su mi omogućili školovanje, bili uz mene kroz sve godine učenja te me podržavali u svakoj mojoj odluci. Zahvalna sam i svom bratu koji me bodrio kad je najviše trebalo.

Zahvaljujem se svojim prijateljima i dečku koji su mi uvijek pomagali kad je trebalo i gurali me naprijed do samog završetka fakulteta.

Sadržaj

1.	Uvod	1
1.1.	Ugljik	1
1.2.	Dušik	3
1.3.	Efekt staklenika i klimatske promjene	5
1.4.	Biološka sekvestracija ugljika	8
1.5.	Cilj istraživanja	9
2.	Materijali i metode	10
2.1.	Sorte vinove loze	10
2.1.1.	Merlot	10
2.1.2.	Syrah	11
2.1.3.	Graševina	12
2.1.4.	Moslavac	13
2.2.	Lokacije istraživanja	14
2.2.1.	Jazbina	14
2.2.2.	Tužno	15
2.3.	Uzorkovanje biomase	16
2.4.	Određivanje sadržaja ukupnog ugljika i dušika u biomasi	18
2.5.	Bilanca ugljika i dušika	19
2.6.	Statistička obrada podataka	19
3.	Rezultati i rasprava	20
3.1.	Količina podzemne i nadzemne biomase	20
3.2.	Sadržaj ugljika u biomasi vinove loze	22
3.3.	Sadržaj dušika u biomasi vinove loze	24
3.4.	C/N odnos u biomasi vinove loze	26

3.5.	Bilanca ugljika	27
3.6.	Bilanca dušika	28
4.	Zaključak	29
5.	Popis literature	30

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Manuele Erak**, naslova

UGLJIK I DUŠIK U BIOMASI VINOVE LOZE

Sekvestracija ugljika i dušika ima značajnu ulogu u kontekstu ublažavanja klimatskih promjena. Cilj rada je utvrditi količinu sekvestriranog ugljika i dušika biomasom vinove loze, te utvrditi količinu koja ostaje u agroekosustavu i količinu koja se iznosi iz agroekoustava orezivanjem vinove loze. Istraživanje se provelo na području Varaždinske županije i Grada Zagreba na 4 sorte vinove loze: Merlot, Syrah, Graševina i Moslavac. Prosječna količina biomase po trsu vinove loze kretala se u rasponu od 1,80 kg (Graševina) do 2,99 kg (Merlot), količina ugljika od 0,83 kg (Graševina) do 1,41 kg (Merlot), a količina dušika od 0,01 kg (Syrah) do 0,02 kg (Merlot, Graševina, Moslavac). Raspon C/N odnosa kretao se od 53:1 (Graševina) do 89:1 (Syrah). Za sve istraživane sorte vinove loze utvrđene se pozitivne bilance ugljika i dušika, koje se kreću od 0,42 kg do 1,00 kg za ugljik te od 0,006 kg do 0,01 kg za dušik, pri čemu je najmanja bilanca ugljika i dušika utvrđena za sortu Syrah a najveća za sortu Merlot. Dobiveni rezultati ukazuju da vinova loza sa svojim biološkim sekvestracijskim potencijalima doprinosi ublažavanju klimatskih promjena.

Ključne riječi: biološka sekvestracija, ugljik, dušik, vinova loza, biomasa, ublažavanje klimatskih promjena

Summary

Of the master's thesis - student **Manuela Erak**, entitled

CARBON AND NITROGEN IN GRAPEVINE BIOMASS

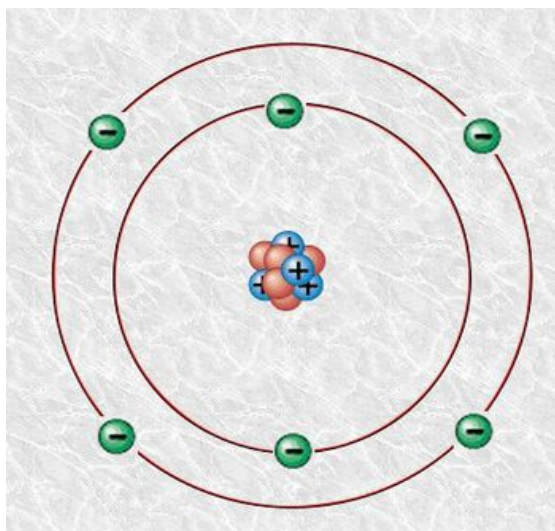
Carbon and nitrogen sequestration has a significant role in the context of climate change mitigation. The aim of work is to determine the amount of sequestered carbon (C) and nitrogen (N) by grapevine biomass, and to determine the amount of C and N that remains in the agroecosystem and is removed from the agroecosystem by pruning. The study was conducted in Varaždin and Zagreb city county on 4 different grapevine varieties: Merlot, Syrah, Graševina and Moslavac. The average amount of grapevine biomass was in the range of 1.80 kg (Graševina) to 2.99 kg (Merlot), the amount of C in the range of 0.83 kg (Graševina) to 1.41 kg (Merlot), and the amount of nitrogen in the range of 0.01 kg (Syrah) to 0.02 kg (Merlot, Graševina, Moslavac). C/N ratio is in the range of 42:1 (Graševina) and 126:1 (Syrah). All studied grapevine varieties have positive C and N balances, the lowest C and N balance was determined for Syrah and the highest one for Merlot variety. The obtained results indicate that grapevine by its biological sequestration potential contributes to climate change mitigation.

Keywords: biological sequestration, carbon, nitrogen, grapevine, biomass, climate change mitigation

1. Uvod

1.1. Ugljik

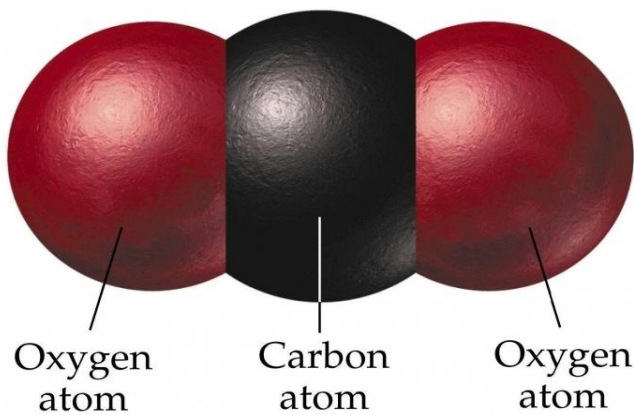
Ugljik je element koji je spominjan od davnih dana (Slika 1.1.). Samo ime ugljik je dobio od latinskog naziva za ugljen - carbo. Najčešće se pronalazi u elementarnom stanju i to kao dijamant, fuleren, crni amorfnu ugljik te grafit (Godec, 2008.). To su ujedno i njegove alotropske modifikacije. U prirodi ugljik u elementarnom stanju pronalazimo u škriljevcima, kao spojeve karbonata u stijenama te kao svoj najčešći oblik, ugljikov dioksid, otopljen u morima, ugljenu i nafti. U spojevima je ugljik najčešće četverovalentan te se može međusobno sam sa sobom spajati u veće lance (Filipović i Lipanović, 1995.). Ugljik otpušten u zrak dovodi do globalnog zagrijavanja, smanjene vidljivosti te klimatskih promjena.



Slika 1.1. Građa atoma ugljika

Izvor: <https://www.stem.ba/hemija/tutorijali/item/99-organska-hemija> , 10.08.2022.

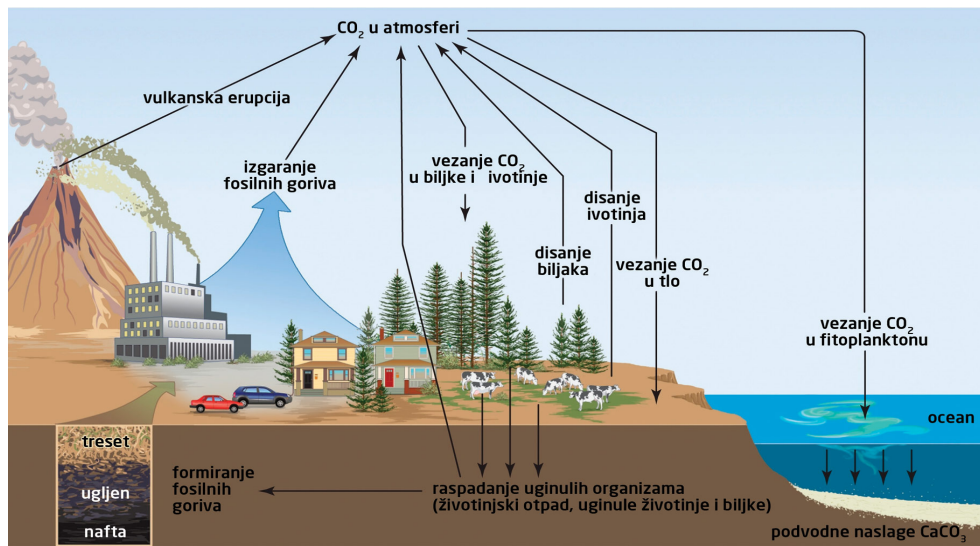
Spojevi koje ugljik tvori s drugim elementima (osim vodika) se nazivaju karbidima i svi su krute stvari. Karbidi se općenito dijele na ionske, kovalentne i intersticijske, a glavni predstavnici karbida su silicij-karbid te bor-karbid. Osim karbida ugljik stvara spojeve s kisikom koji se nazivaju oksidi ugljika (Habuš i sur., 2017.). Postoje dvije vrste spojeva s kisikom: ugljikov (II) oksid poznatiji kao ugljikov monoksid te ugljikov (IV) oksid (Slika 1.2.) poznatiji kao ugljikov dioksid. Ugljikov dioksid nastaje potpunom oksidacijom ugljika i njegovih spojeva, te procesima metabolizma ljudi i životinja. Pri sobnoj temperaturi je ugljikov dioksid bez boje i mirisa te ne gori. Onemogućuje pristup kisiku zbog čega je disanje u prisustvu njega otežano. Ugljikov dioksid je jedan od najznačajnijih plinova koji izazivaju efekt staklenika te ga se antropogeno otpušta u atmosferu više nego svih ostalih stakleničkih plinova zajedno.



Slika 1.2. Molekula ugljikovog (IV) oksida

Izvor: <https://hr.puntomarinero.com/carbon-dioxide-properties-production-application/> ,
10.08.2022.

Ugljik povezuje atmosferu, litosferu, hidrosferu, pedosferu i biosferu (Slika 1.3.). Najveći spremnik ugljika je hidrosfera, a najmanji sama atmosfera. Izmjena odnosno ciklus ugljika se odvija putem ugljikovog dioksida tj., razlikama njegovog parcijalnog tlaka (Glavač, 1999.). Ugljikov dioksid iz atmosfere biljke apsorbiraju putem procesa fotosinteze odnosno biljke ga vežu u svoju biomasu, a onda nakon odumiranja biljke se ugljikov dioksid vraća u atmosferu putem procesa disanja tla, ljudi i životinja. No taj prirodni proces kao i prirodna ravnoteža su narušeni ljudskim djelovanjem te antropogenim otpuštanjem ugljikova dioksida u atmosferu.



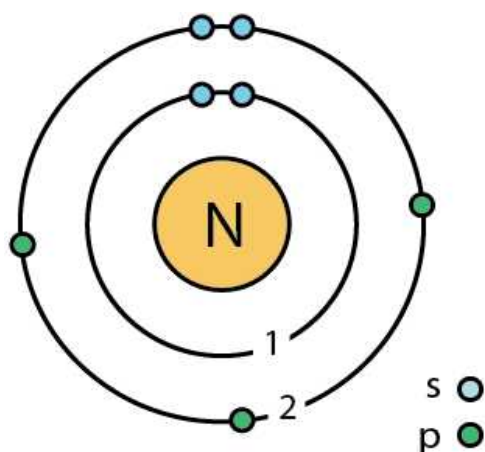
Slika 1.3. Kruženje ugljika u prirodi

Izvor:

<https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/7b5e1fe5-86e2-4142-af6c-5197c4a08148/kemija-8/m02/i02/index.html>, 21.08.2022.

1.2. Dušik

Dušik je element bez boje i mirisa koji nalazimo posvuda u prirodi (slika 1.4.). Najzastupljeniji je element u Zemljinoj atmosferi sa udjelom od 78 %. Dušik ima veliku ulogu u rastu biljaka i za našu opskrbu hranom. Bez korištenja dušičnih gnojiva izgubili bismo do jedne trećine usjeva na koje se oslanjamo u svrhu prehrane (Aczel, 2019.). S druge strane, prekomjerna gnojidba odnosno višak dušika dovodi do prekomjernog rasta nadzemnog dijela biljke, ali ne i korijena same biljke, a također dovodi i do onečišćenja okoliša.

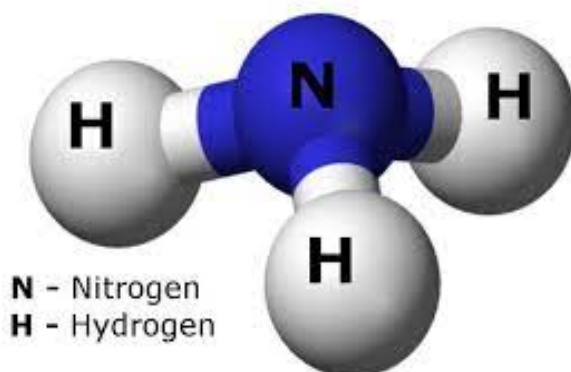


Slika 1.4. Atom dušika

Izvor:

<https://hr.sawakinome.com/articles/science--nature/difference-between-nitrogen-and-nitrate-2.html> , 21.08.2022.

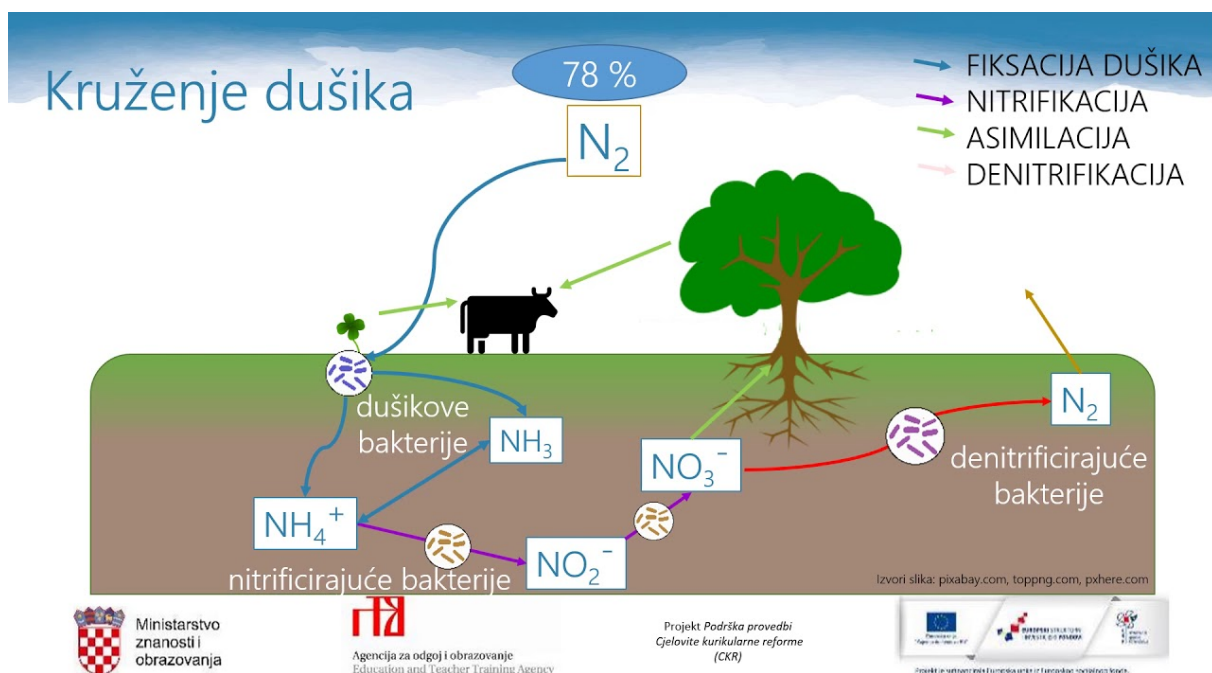
Najznačajniji spojevi koje dušik tvori su amonijak, amonijeve soli, dušična kiselina, nitridi, dušikov (I) oksid, dušikov (II) oksid i dušikov (IV) oksid. Najvažniji spoj dušika je amonijak (Slika 1.5.) koji ima široku upotrebu. Koristi se za proizvodnju umjetnih gnojiva, amonijeve soli, sode i dušične kiseline, a tekući amonijak se koristi za proizvodnju umjetnog leda.



Slika 1.5. Molekula amonijaka

Izvor: <https://www.bug.hr/znanost/amonijak-kao-gorivo-19068>, 21.08.2022.

Najveća količina dušika se nalazi u atmosferi. U litosferi se najveće rezerve dušika nalaze u organskim sedimentima. Dušik iz atmosfere fiksiraju organizmi te na taj način dušik dopijeva u tlo. Dinamiku dušika u tlu kontroliraju procesi nitrifikacije, denitrifikacije i asimilacije. Te tri reakcije također igraju veliku ulogu u kruženju dušika u prirodi uz procese fiksacije i mineralizacije dušika (Aczel, 2019.). Pomoću tih procesa se dušik mijenja iz jednog kemijskog oblika u drugi te se pomoću tih transformacija dušik kreće između atmosfere, pedosfere i biosfere (slika 1.6.). Kruženje dušika je bitno jer biljke ne mogu koristiti elementarni dušik. Određene bakterije razgrađuju bjelančevine uginulih organizama u amonijak, a zatim nitrifikacijske bakterije razgrađuju amonijak dalje u nitrite i nitrate. Denitrifikacijom bakterije oslobađaju dušik i vraćaju ga u atmosferu. Zatim bakterije fiksiraju na korijen biljke slobodni dušik te nitrite i nitrata (Glavač, 1999.) Životinje jedu biljke te tako dušik neprestano kruži. Osim prirodnim putem čovjek otpušta antropogenim djelovanjem dušik u atmosferu i to otprilike 60% više nego što se otpusti prirodnim putem (Glavač,1999.).



Slika 1.6. Kruženje dušika u prirodi

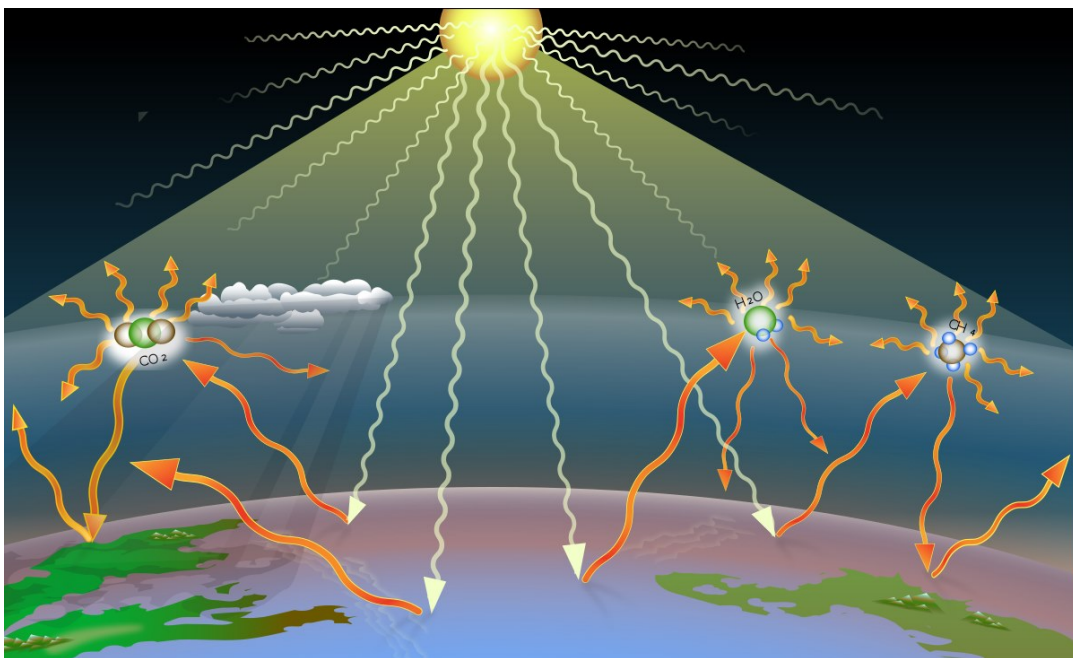
Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=JN1Ug32CCq8>, 21.08.2022.

Usvojeni C i N biljne vrste skladište u svoju nadzemnu i podzemnu biomasu, a njihov odnos utječe na kasniju razgradnju biomase i njihovo skladištenje u tlo. Zaoravanjem posliježetvenih ostataka u tlo unosi se organska tvar s prilično širokim C/N odnosom biomase. Mikrobiološkom aktivnošću dolazi do postupnog sužavanja tog omjera u procesu oksidacije ugljika, oslobođenu kemijsku energiju troše mikroorganizmi, i sve dok C/N omjer

ne padne ispod 25/1, oslobađanje dušika i njegova pristupačnost biljkama nije moguća jer kompletno oslobođeni dušik asimiliraju mikroorganizmi stoga je vrlo važno utvrditi C/N odnos u biomasi (Čoga i Slunjski, 2018.).

1.3. Efekt staklenika i klimatske promjene

Efekt staklenika (Slika 1.7.) je prirodna pojava pri kojoj staklenički plinovi apsorbiraju dugovalne infracrvene zrake te ih ponovno reflektiraju na Zemlju. Bez odbijanja tih zraka temperatura na samoj površini Zemlje bi umjesto 15 stupnjeva Celzijevih iznosila -18 stupnjeva Celzijevih (Glavač, 1999.).

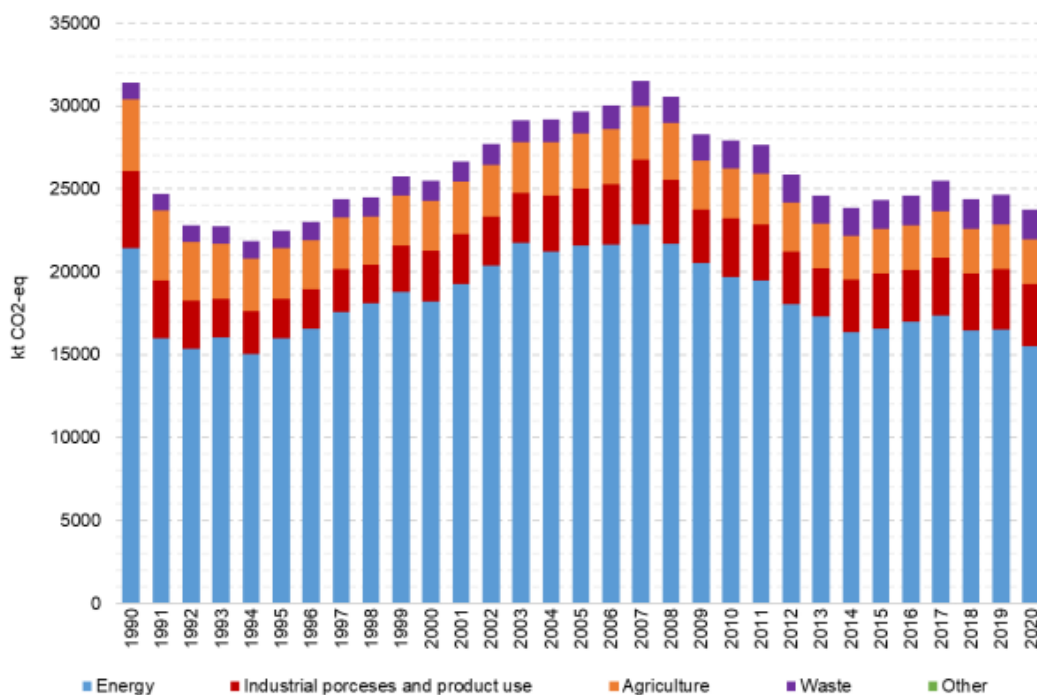


Slika 1.7. Efekt staklenika

Izvor: <https://sway.office.com/kaR1a8rxxRwbPtmA?ref=Link>, 10.08.2022.

Povećanju prirodnog stakleničkog utjecaja na Zemljinu površinu i posljedično promjeni klimatskih uvjeta odnosno klimatskim promjenama na Zemlji doprinose sve veće količine stakleničkih plinova koje nastaju antropogenim djelovanjem. Klimatske promjene predstavljaju jedan od glavnih problema današnjice čije su posljedice sve izraženije iz godine u godinu. One predstavljaju promjene klimatskih elemenata koje se dešavaju duži niz godina. Takve promjene nastaju zbog prirodnih utjecaja poput varijacija u Sunčevom zračenju, tektonskih poremećaja, vulkanskih erupcija i dr. S druge strane velik utjecaj na promjenu klimatskih elemenata ima čovjek. U zadnjih pedeset godina glavni krivci za klimatske promjene su ljudi koji svojim aktivnostima u različitim sektorima otpuštaju emisije stakleničkih plinova u atmosferu (Branković, 2013.). Sektor poljoprivrede doprinosi ukupnim emisijama stakleničkih plinova između 10-20% (Aydinalp i Cresser, 2008.). Prema Nacionalnom inventaru stakleničkih plinova RH za razdoblje 1990-2020 (NIR, 2022.), ukupnoj

nacionalnoj emisiji stakleničkih plinova RH je u 2020. godini bez sektora Korištenje zemljišta, prenamjena zemljišta i šumarstvo (LULUCF) najviše doprinio sektor Energetike (65,3 %), na drugome mjestu se nalazi sektor Industrijski procesi i uporaba proizvoda (15,9%), a na trećem mjestu se prema doprinosima nalazi sektor Poljoprivreda (11,3 %) (slika 1.8.). LULUCF sektor predstavlja uklanjanje stakleničkih plinova ponorima odnosno biološkom sekvestracijom ugljika (22,3 %).

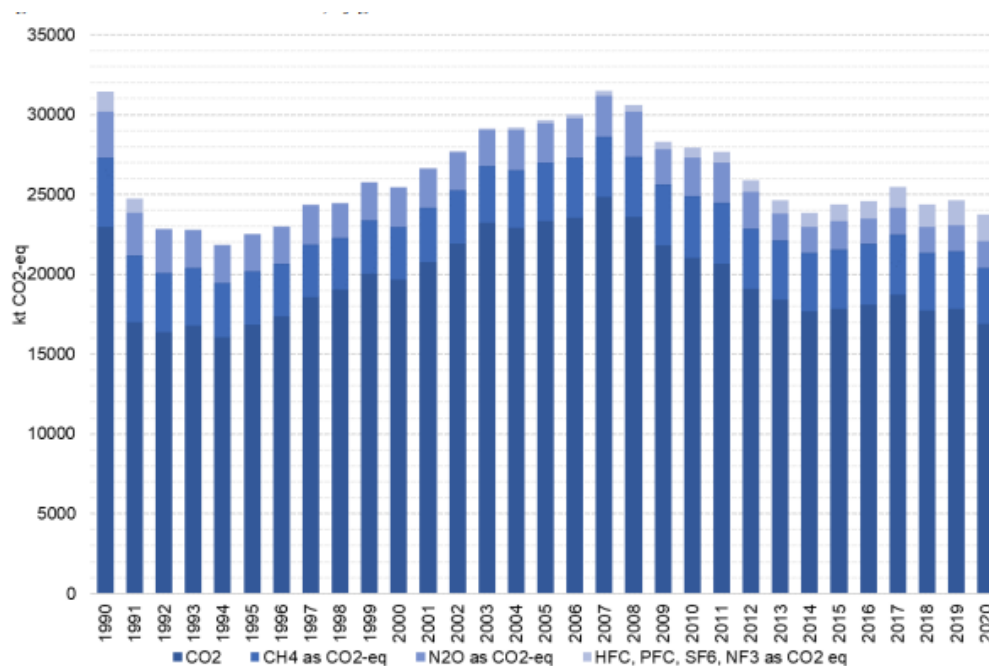


Slika 1.8. Trend emisije stakleničkih plinova, po sektorima

Izvor: NIR, 2022

Među najvažnijim i najštetnijim direktnim stakleničkim plinovima je ugljikov dioksid (CO₂) koji je sve zastupljeniji u atmosferi. Uz ugljikov dioksid, u direktne stakleničke plinove ubrajamo i metan (CH₄), didušikov oksid (N₂O), fluorirane ugljikovodične spojeve (HFC-i, PFC-i) i sumporov heksafluorid (SF₆), te indirektno stakleničke plinove: ugljikov monoksid (CO), dušikovi oksidi (NO_x), ne-metanski hlapljivi organske spojeve (NMVOC) i sumporov dioksid (SO₂). Ugljikov dioksid prirodno kruži između atmosfere, biosfere i pedosfere procesima fotosinteze, mineralizacije, disimilacije i asimilacije. Antropogeno otpuštanje ugljikovog dioksida se prvenstveno javlja uslijed spaljivanja primarnih i sekundarnih fosilnih goriva te krčenjem šuma koje je sve češće. Osim ugljikovog dioksida antropogenim djelovanjem dolazi i do otpuštanja emisija metana. Najveći staklenički učinak ima didušikov oksid koji se još naziva i “veselim plinom”. On najčešće nastaje u pregnojim tlima te se emitira u atmosferu putem nitrificirajućih i denitrificirajućih bakterija koje se nalaze u takvim tlima (Glavač, 1999.). Promatrajući doprinos pojedinih stakleničkih plinova ukupnoj nacionalnoj emisiji (slika 1.9.), isključujući LULUCF sektor (slika 9.), najveći doprinos je imala

emisija ugljikovog dioksida (71,0 %), zatim metan (14,9 %) a na trećem mjestu se nalaze emisije didušikovih oksida (7,0 %) (NIR, 2022)



Slika 1.9. Trend emisije stakleničkih plinova, po plinu

Izvor: NIR, 2022

U pokušaju smanjenja efekta staklenika 1997. godine je Kyotska konferencija usvojila koncept sekvestracije ugljika. Zbog odluka donesenih na konferenciji omogućava se zemljama da dobivaju kredite za aktivnosti koje provode u svrhu povećanja sekvestracije ugljika. Glavni prirodni "usvajači" ugljika su šume. Prilikom rasta drveće veže velike količine ugljika i time uklanjaju ugljikov dioksid iz atmosfere u obliku ugljikohidrata i to procesom fotosinteze. U prosjeku jedno stablo godišnje može pohraniti 48 kilograma ugljikovog dioksida (Ekovjesnik, 2018.) Osim šuma, vrlo važnu ulogu u biološkoj sekvestraciji ugljika ima i poljoprivredni sektor. Prema Međuvladinom panelu za klimatske promjene (IPCC, 2022.), preporuča se primjena poboljšanih poljoprivrednih praksi i aktivnosti koje doprinose ublažavanju klimatskih promjena. Neke od tih aktivnosti su smanjivanje emisija, smanjivanje ovisnosti o energiji, obnova šuma i tala, korištenje obnovljivih izvora za energiju (Europski zeleni plan, 2021.).

1.4. Biološka sekvestracija ugljika

Značajnom uklanjanju ugljika iz atmosfere te ublažavanju klimatskih promjena može pridonijeti sekvestracija ugljika. Sekvestracija je pojam koji označava postupak odstranjivanja određene (s)tvari iz određene okoline. Sekvestraciju ugljika dijelimo na biološku/terestičku (biljka/tlo), akvatičnu (voda) te geološku (dublji slojevi zemlje). Tim postupcima se atmosferski ugljikov dioksid može dugoročno pohraniti u biljke, tla ili oceane te tako umanjiti

njegov štetan utjecaj na Zemlju (Glavač, 1999.). Biološka sekvestracija ugljika predstavlja uklanjanje atmosferskog ugljika procesima fotosinteze od strane biljaka i njegovo skladištenje u biljnu biomasu. Zbog toga se biljke naziva ponorima ugljika (Paladinić, 2009.). Nakon odumiranja biljke, mrtva biomasa podliježe procesima razgradnje i ostaje trajno vezana u tlu (terestička sekvestracija). Pohranjivanjem ugljika u tlo ublažava se globalno zatopljenje i druge promjene klime, a ujedno se povećava plodnost tla koja je iznimno važna u kontekstu poljoprivredne proizvodnje. Tlo kao ponor ugljika može biti ključan u borbi protiv klimatskih promjena jer predstavlja drugo po redu skladište ugljika, sadrži dvostruko više ugljika u odnosu na atmosferu i trostruko više ugljika u odnosu na biosferu te je važan ponor atmosferskog ugljika (Bilandžija i sur., 2016.).

Uz korištenje obnovljivih izvora energije te povećanje biološke sekvestracije mogle bi se ublažiti klimatske promjene dugotrajnim skladištenjem ugljika u biljku (Glavač, 1999.), a također se može postići i bolje upravljanje poljoprivrednim zemljištem (Robertson i sur., 2017.). Prema istraživanju Jones (2009.) utvrdilo se da se veliki dio atmosferskog ugljika može pohraniti u duboke slojeve tla pomoću simbiotskih odnosa korijenovog sustava biljaka i gljiva. Pokazalo se da biljke u mikoriznim sustavima mogu pohraniti u tlo 15% više ugljika nego u sustavima bez mikorize. Sekvestracija ima golemi potencijal u poljoprivrednom sektoru. Maksimalnim iskorištavanjem procesa pohrane ugljika u biljku/tlo putem procesa fotosinteze i simbiotskih odnosa te pretvaranja istog u biljni materijal i organske tvari moglo bi se pohraniti 100% godišnjih emisija ugljikovog dioksida (Rilling i sur., 2002.). Također, povećanjem biološke sekvestracije može se ublažiti efekt staklenika, povećati prinosi te obnoviti humusni sloj tla odnosno njegova plodnost.

Najznačajnije ponore ugljika predstavljaju šumska područja zbog svoje veličine. Osim šumskih vrsta drveća, višegodišnju sposobnost usvajanja ugljika iz atmosfere imaju i poljoprivredne višegodišnje kulture kojima pripada i vinova loza. Vinova loza (*Vitis vinifera*) je biljna vrsta roda *Vitis* iz porodice *Vitaceae*. To je višegodišnja drvenasta grmolika biljka s velikim peterodjelnim listovima i grozdastim cvatovima. Smatra se da je nastala spontano iz šumske loze (*Vitis silvestris*). Danas postoji oko 20000 sorti loze koje se međusobno razlikuju prema vremenu dozrijevanja koje je predložio francuski botaničar Pulliat 1897. godine, ekološko-geografskom porijeklu i upotrebnoj vrijednosti koje je predložio ruski znanstvenik Negrulj 1946. godine, potrebi za višim temperaturama prema znanstveniku Gasparenu iz 1948. te obliku bobica koje su predložili znanstvenici Goethe i Oberlin 1879. godine. Svaku zasebnu biljku vinove loze nazivamo trs, čokot ili panj te na njima razlikujemo vegetativne i generativne organe. Generativni organi su važni za razmnožavanje, a vegetativni za usvajanje vode i hranjiva te proizvodnju asimilata. Upravo ti vegetativni organi poput korijena, mladica, stabla i dr. su bitni jer predstavljaju biomasu vinove loze u kojoj se skladišti atmosferski ugljik.

1.5. Cilj istraživanja

Cilj ovog rada je utvrditi ukupnu količinu uskladištenog ugljika i dušika u nadzemnoj i podzemnoj biomasi te njihov C/N odnos na četiri različite sorte vinove loze te izračunati bilancu ugljika i dušika odnosno količinu ugljika i dušika koji ostaju u agroekosustavu trajno vezani u biomasi (deblu i podzemnoj biomasi) te količinu ugljika i dušika koji se iznose iz agroekosustava orezivanjem vinove loze (grane).

2. Materijali i metode

2.1. Sorte vinove loze

Istraživanja su bila provedena na četiri različite sorte vinove loze: Merlot, Syrah, Graševina i Moslavac.

2.1.1. Merlot

Merlot (slika 2.1.) je druga najviše zasađena sorta vinove loze u svijetu nakon Cabernet Sauvignona. Od ove sorte se proizvodi široka paleta vina (od skupih crnih vina do onih svakodnevnih). Merlot je tamno grožđe koje potječe iz regije Bordeaux u Francuskoj, a danas se najveće površine nalaze u Francuskoj, Italiji, SAD-u te Čileu. Križanac je sorti Cabernet Franca i Magdeleine Noire. Prvi put se spominje 1784. i već se tad smatralo boljim vinom. Od 1970. do 1975. je bila zabranjena sadnja novih nasada kako bi se zaštitilo regionalno vinogradarstvo.

Što se tiče klime, Merlot preferira hladnija područja koja pogoduju većoj količini tanina, ali se također uzgaja i u toplijim krajevima gdje se proizvodi merlot koji se lako ispija. Više preferira alkalna tla dobre dreniranosti u odnosu na kisela. Sadi se na sunčana mjesta koja su dobro zaštićena od vjetra. Otporna je na plijesan te umjereno otporna na trulež. Ptice i insekti ne preferiraju bobice Merlota te ga zbog toga izbjegavaju.

Merlot je grmolika biljka građena od smeđe stabljike, velikih zelenih peterozrakastih listova koji na jesen poprime brončanu boju te cvjetova koji se većinom oprašuju insektima (moguće je i samooprašivanje). Kad dođe do procesa zrenja na grmu se stvaraju grozdovi sastavljeni od mnoštvo tamno plavih bobica. Masa grozda se kreće oko 180 grama. Bobice su ovijene plakom koji im služi kao zaštita, a ispunjene su gustim vodenastim supstratom te manjom količinom koštica (2-3). Tanja koža oko bobice znači da će vino imati blagi okus jer je manji sadržaj tanina. Karakteristično za bobice Merlota je udio šećera od 20% te kiselinom od 7 g/l. Merlot poprima okuse raznog voća zbog kojih i je specifičan. Također to je sorta koje se koristi isključivo za izradu vina, a ne za prehranu.



Slika 2.1. Merlot

Izvor: https://www.krizevci.net/vinograd/htm/sorte/07_merlot_crni.html, 26.04.2022.

2.1.2. Syrah

Syrah (slika 2.2.) je vinska sorta grožđa koje je među najtraženijima i najpoznatijima u svijetu. Naziva se još i Shiraz zbog povezanosti sa iranskim gradom Shirazom gdje se uzgajao dugi niz godina. Kasnije se proširio diljem istočne Francuske gdje je pridobio službeno ime koje se danas koristi. Vinari je jako vole zbog niske kvalitete tla i dugog skladištenja.

Syrah je crvena sorta grožđa koja se koristi za proizvodnju crvenih i ružičastih vina. Može imati okus crnog papra, ugodnog voćnog okusa ili određenih začina. Umjerenog je rasta te dozrijeva rano. Žetva se izričito preporuča za vrijeme berbe kako bi okus bio što bolji. Ova sorta je iznimno osjetljiva na promjene vremenskih uvjeta, osobito na niske temperature kad dolazi do slabijeg zrenja plodova. Osim na niske temperature osjetljiv je i na bolesti i patogene mikroorganizme. Potrebno je redovito prskanje u svrhu zaštite. Kad govorimo o uzgoju pogoduju joj topla područja s velikim brojem sunčanih sati. Također je potrebno redovito zalijevanje jer je osjetljiva na sušu.

Ova vinska sorta građena je od trodijelnih ili peterodijelnih listova srednje veličine. Površina lista je dlakava, a vrhovi su zaobljeni. Inače su zelene boje no u jesen poprime crvenu i žutu boju. Cvijet je hermafroditan. Grozd je prosječne veličine te ispunjen ovalnim bobicama. Sve bobice su iste veličine te u fazi dozrijevanja dobiva tamnoplavu boju. Meso je sočno i mesnato, a koncentracija šećera unutar njih varira od 15 do 20%.



Slika 2.2. Syrah

Izvor: <http://www.poljoklub.com/2020/08/08/syrah-siraz-vino-koje-vlada-vinskim-svetom/>,

26.04.2022.

2.1.3. Graševina

Graševina (slika 2.3.) je internacionalna sorta čije se porijeklo još nije utvrdilo. Većina naziva upućuje da dolazi iz Rumunjske. Jedino što se zna sa sigurnošću vezano za porijeklo je to da potječe s područja podunavskih zemalja. Velike je popularnosti zbog svojih vinograda koji su iznimno zahvalni no zadnjih godina joj je popularnost na internacionalnoj razini pala zbog dva razloga. Prvi je to što je većina zemlja njegovala osrednju kvalitetu vina, a drugi je ime Riesling koje označava da kupuju kopiju pravog Rizlinga. No zapravo je iznimno različitih svojstava od samog Rizlinga te je svoj dom pronašla upravo u Hrvatskoj gdje se najviše količinski uzgaja. Ovisno u kojem dijelu Hrvatske se uzgaja tako joj varira i kvaliteta. Najčešće okusom podsjeća na sočne zelene jabuke zbog daška kiselosti.

Ova vinska sorta ima veliku i redovnu rodost zbog čega je obožavana za uzgoj. Prikladna je za različite sisteme uzgoja te se prilagođava svim vrstama tla no ovisno na kojem se tlu uzgaja daje različite okuse vina. U prosjeku vino od graševine je slamnato žute boje, suhog okusa te izraženog mirisa. Sadrži srednje količine alkohola. Nije osjetljiva na bolesti i štetnike i dobre je rodosti. Također je jedna od rijetkih sorti koja ima i kakvoću i količinu zbog čega se i uzgaja u velikim količinama.

Građena je od trodijelnih listova srednje veličine koji imaju istaknute zupce. Listovi su srednje veličine i zelene boje. Mladi izboji imaju raširene vrhove baršunaste teksture te su prekrivene žućkastim pjegama. Grozd je cilindričnog oblika te srednje do male veličine. Iznimno je zbijen zbog velike količine bobica. Bobice su srednje veličine, žute boje te prekrivene čvrstom kožicom. Meso bobica je sočno, slatko i jednostavnog okusa.



Slika 2.3. Graševina

Izvor: <https://gospodarski.hr/vijesti/vinari-grasevine-croatica-zajedno-u-promociji-grasevine>,

26.04.2022.

2.1.4. Moslavac

Moslavac (slika 2.4.) je sorta nepoznata podrijetla iako se pretpostavlja da je autohtona hrvatska sorta s područja Moslavine. Ustanovljeno je da je potomak sorte Belina starohrvatska. Dva najpoznatija sinonima su mu Šipon koji se smatra da je nastao od francuskog izraza "si bon" što znači "tako dobro" te Furmint (iz doba kralja Bele IV.) jer je bojom vino podsjećalo na žito. Ova sorta je najviše rasprostranjena u Mađarskoj, Hrvatskoj, Sloveniji i Austriji. Kod nas se najčešće koristi za proizvodnju laganih vina neutralnog okusa i mirisa. Zbog toga je pogodno za masovnu proizvodnju.

Moslavac je bujna sorta, velikih prinosa i dobre rodnosti. Otporna na niske temperature. Iznimno je osjetljiva na pepelnicu i sivu plijesan zbog tanke i mekane kožice na bobicama. Također je osjetljiva na gljivična oboljenja. Sadi se na prozračne terene. U godini u kojoj su učestale kiše i hladnija vremena dolazi do slabije rodnosti.

Grmolika je biljka građena od stabljike, lista, cvijeta, mladica, korijena i grozda. Vrhovi mladica su otvoreni i uspravni. Listovi su dosta gusto raspoređeni na stabljici te su najčešće trodijelni. Lice listova je glatko, a naličje je dlakavo. Glavne žile su izrazito zelene boje dok je peteljka u boji antocijana. Cvijet je hermafroditan. grozd je cilindrično izdužen, srednje veličine te se sastoji od bobica žutozelene boje. Bobice su debele te sadrže mekano meso. Šećer u bobicama varira između 15 i 22%, a kiselost je 6-10 g/l.



Slika 2.4. Moslavac

Izvor: <https://www.agroportal.hr/vinogradarstvo/32162>, 26.04.2022.

2.2. Lokacije istraživanja

2.2.1. Jazbina

Trsovi sorata Merlot i Syrah su uzorkovani u vinogradu Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji se nalazi na pokušalištu Jazbina (Zagreb) (Slika 2.5.). Površina prekrivena vinovom lozom na pokušalištu iznosi oko 6 hektara. Dominantne sorte u vinogradu su Chardonnay, Graševina i Traminac.



Slika 2.5. Vinograd Jazbina, pokušalište Agronomskog fakulteta

Izvor: <http://blog.vino.hr/archives/9603>

Prema Bilandžija (2019.), prosječna godišnja temperatura zraka tijekom razdoblja 1991-2018 iznosi 11,8 °C, s maksimalnim prosječnim zabilježenim temperaturama zraka u srpnju (22.2 °C) te minimalnim temperaturama zraka u siječnju (1.4 °C). Na području Zagreba prevladavaju kontinentalna obilježja koja se očitavaju toplijim proljećem u odnosu na jesen i to za 0.1 °C. Što se tiče prosječne godišnje količine oborine na području grada Zagreba, većina oborine padne tijekom toplijeg dijela godine i to od travnja do rujna (57%). Najveća količina oborine padne tijekom rujna (102.2 mm), a najmanje tijekom veljače (45.8 mm).

2.2.2. Tužno

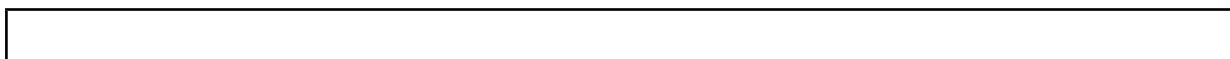
Trsovi sorata Graševina i Moslavac su uzorkovani u obiteljskom vinogradu u mjestu Tužno koje se nalazi u Varaždinskoj Županiji (Slika 2.6.). Vinograd se sastoji od 600 trsova vinove loze različitih sorti. Dominantne sorte u vinogradu su Graševina i Moslavac.



Slika 2.6. Vinograd Tužno

Izvor: Mihalina, 2021.

U mjestu Tužno, prema podacima glavne meteorološke postaje DHMZA Varaždin, prosječne godišnje temperature zraka tijekom razdoblja 1991.-2018. su se kretale od 9.4 °C do 12.3 °C. Najhladnija zabilježena godina je bila 1996. kada je tokom siječnja i veljače prosječna mjesečna temperatura zraka iznosila -2 °C a tokom lipnja je prosječna temperatura zraka iznosila 19.8 °C. Najtoplija godina je bila 2014. u kojoj je najhladniji mjesec bio prosinac s prosječnom temperaturom zraka od 3.8 °C, a najtopliji srpanj s prosječnom temperaturom zraka od 21.1 °C. Prosječna temperatura zraka tijekom cijelog 28 – godišnjeg razdoblja je iznosila 11 °C. 2014. godine je također zabilježena najveća količina oborine i to 1312.2 mm. Najmanja količina oborine je palo tijekom ožujka (10.1 mm), a najviše tijekom rujna (290.7 mm). Godina s najmanjom količinom oborine tijekom navedenog razdoblja je bila 2011. (481.2 mm). Prosječna količina oborine koja padne prema istraživanom razdoblju iznosi 852.38 mm.



2.3. Uzorkovanje biomase

Uzorkovanje biomase je provedeno vađenjem cijelih trsova svake pojedinačne sorte vinove loze. Nakon vađenja cijeloga trsa provedeno je odvajanje podzemne i nadzemne biomase. Podzemna biomasa predstavlja korjenov sustav vinove loze, a nadzemna biomasa je podijeljena na dva dijela: deblo vinove loze i grane vinove loze (slika 2.7.). Više o uzorkovanju nadzemnog dijela vinove loze na lokaciji Tužno može se pronaći u Mihalina (2021.).



Slika 2.7. Podzemna i nadzemna biomasa vinove loze

Uzorci nadzemne biomase su potom izvagani pomoću ručne digitalne vage koja je bila obješena na tronožac zbog lakšeg provođenja vaganja (Slika 2.8. lijevo.). Poslije utvrđivanja ukupne mase svakog pojedinog istraživanog nadzemnog dijela biomase, uzorkovan je prosječan poduzorak odnosno od prilike 250 grama biomase za potrebe laboratorijskih analiza. Uzorkovani poduzorcima dopremljeni su na Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu gdje se u analitičkom laboratoriju provela priprema uzoraka biomase za laboratorijske analize, tj. uzorci su se usitnili na laboratorijskom mlinu. Podzemni dio biomase je nakon vađenja dopremljen na Agronomski fakultet, gdje je nakon pranja korjenovog sustava od čestica tla utvrđena masa podzemnog dijela biomase (slika 2.8. desno), te se provela priprema uzoraka za daljnje analize. Na usitnjenim poduzorcima provela se analiza biljnog materijala kako bi se ustanovio sadržaj ugljika i dušika u biomasi vinove loze. Svako mjerenje i laboratorijska analiza provedeni su u tri ponavljanja po svakoj istraživanoj sorti vinove loze.



Slika 2.8. Vaganje biomase vinove loze

2.4. Određivanje sadržaja ukupnog ugljika i dušika u biomasi

U analitičkom laboratoriju Zavoda za opću proizvodnju bilja Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta provedena je priprema uzoraka biljnog materijala za laboratorijske analize, tj. za potrebe određivanja suhe tvari i sadržaja ukupnog ugljika i dušika u uzorcima podzemne i nadzemne biomase vinove loze. Sadržaj ukupnog ugljika i dušika određen je simultano metodom suhog spaljivanja. Uzorci biljnog materijala su osušeni do konstantne mase u sušioniku (Nüve, FN 120) (slika 2.9. lijevo) na 105 °C i izvagani (Sartorius CP 64; $d=0,1$ mg) u kositrene folijice ($50 \text{ mg} \pm 2 \text{ mg}$) koji su zatim zatvorene i oblikovane u tablete te poslagane u autosampler Vario, Macro CHNS analizatora (Elementar, 2006.) (slika 2.9. desno). Sadržaj ukupnog ugljika određen je prema protokolu koji je nominiran HRN ISO 10694:2004, a sadržaj ukupnog dušika prema protokolu je nominiran HRN ISO 13878:2004.



Slika 2.9. Sušionik i Vario, Macro CHNS analizator

2.5. Bilanca ugljika i dušika

Bilanca ugljika i dušika je razlika sveukupnih priljeva i odljeva ugljika i dušika unutar nekog ekosustava. Bilanca ugljika obuhvaća respiratorne tokove ugljika, ali i nerespiratorne procese gubitka ugljika iz ekosustava poput žetve i požara. Prema Ostrogović (2013.) zalihe ugljika u pojedinim dijelovima ekosustava se mijenjaju ovisno o životnom vijeku ekosustava. To nastaje kao posljedica akumulacije organske tvari kroz rast živog organizma te razgradnje mrtve organske tvari. U ovom radu bilanca predstavlja razliku između unošenja odnosno količine ugljika i dušika koja ostaje u agroekosustavu vezana u deblu i podzemnoj biomasi te iznošenja ugljika i dušika odnosno količine ugljika u granama koja se iznosi iz agroekosustava orezivanjem vinove loze.

$$\text{bilanca C (kg/trsu)} = \text{unošenje C (kg/trsu)} - \text{iznošenje C (kg/trsu)}$$

2.6. Statistička obrada podataka

Za testiranje razlika između pojedinih sorata vinove loze korištena je analiza varijance (ANOVA), i testirana, ukoliko je bilo potrebno, post-hoc (Fisher) t-testom. Za sve statističke testove prag značajnosti iznosi 5%.

3. Rezultati i rasprava

3.1. Količina podzemne i nadzemne biomase

Statističkom analizom varijance je utvrđeno da postoji statistički značajna razlika između istraživanih sorti vinove loze za ukupnu količinu podzemne biomase odnosno korijena ($p=0,0009$), debla ($p=0,0013$) i grana ($p=0,0001$) odnosno ukupnu količinu nadzemne biomase ($p=0,0016$) kao i za ukupnu podzemnu i nadzemnu biomasu ($p=0,0003$). U tablici 3.1. prikazane su mase pojedinih dijelova vinove loze, ali i ukupne nadzemne biomase te ukupne nadzemne i podzemne biomase. Sorte Merlot i Syrah te Graševina i Moslavac imale su podjednako težak korjenov sustav.

Sorte Merlot (0,83 kg) i Syrah (0,69 kg) imale su značajno veću masu korijena odnosno podzemne biomase u odnosu na sorte Graševina (0,49 kg) i Moslavac (0,39 kg), dok Merlot i Syrah te Graševina i Moslavac su imale podjednako težak korjenov sustav.

Masa debla je prema dobivenim rezultatima istraživanja bila podjednaka kod sorata Syrah (1,16 kg), Graševina (0,87 kg) i Moslavac (1,02 kg), dok je masa debla sorte Merlot bila značajno veća (1,73 kg) u odnosu na ostale istraživane sorte.

Promatrajući količinu grana kod sorata Merlot, Graševina i Moslavac utvrđeno je kako su one bile podjednake (0,43-0,45 kg po trsu), a jedino sorta Syrah (0,80 kg) je imala značajno veću količinu grana u odnosu na ostale istraživane sorte.

Masa grana i masa debla zajedno predstavljaju ukupnu količinu nadzemne biomase koja se između sorata Merlot (2,16 kg) i Syrah (1,96 kg), te Graševine (1,31 kg) i Moslavac (1,48 kg) nije statistički značajno razlikovala, ali je utvrđena statistički značajna razlika između dvije skupine navedenih sorata vinove loze.

Masa ukupne biomase se također između sorata Merlot (2,99 kg) i Syrah (2,65 kg) statistički nije razlikovala, a podjednaka ukupna biomasa je utvrđena za sorte Graševina (1,80 kg) i Moslavac (1,87 kg). Statistički značajna razlika u ukupnoj biomasu utvrđena je između sorata Merlot/Syrah i sorata Graševina/Moslavac.

Tablica 3.1. Količina podzemne i nadzemne biomase

sorta	masa korijena (kg) (LSD=0,16)	masa debla (kg) (LSD=0,32)	masa grana (kg) (LSD=0,11)	masa nadzemne biomase (kg) LSD (0,35)	masa ukupne biomase (kg) (LSD=0,41)
Merlot	0,83 A	1,73 A	0,43 B	2,16 A	2,99 A
Syrah	0,69 A	1,16 B	0,80 A	1,96 A	2,65 A
Graševina	0,49 B	0,87 B	0,44 B	1,31 B	1,80 B
Moslavac	0,39 B	1,02 B	0,45 B	1,48 B	1,87 B

Prema Velazques-Marti i sur. (2011.) prosječna težina ukupne nadzemne biomase po trsu vinove loze kod sorte Chardonnay iznosi 0,727 kg, kod sorte Shyrah 0,687 kg, kod sorte Merlot 0,712 kg te kod sorte Tempranilo 0,733 kg .

Cumbo (2010.) je proveo istraživanje na području Crne Gore o količini biomase vinove loze, te je utvrđeno kako nakon orezivanja loze težina jednog trsa se kreće u prosjeku između 1,5 kg i 1,8 kg.

Prema Beretin (2015.) kod sorte Chardonnay se ukupna količina biomase kreće između 3,74 kg i 8,32 kg, za sortu Pinot bijeli ukupna količina biomase kreće se od 3,31 kg do 5,80 kg, a kod sorte Frankovka od 4,56 kg i 8,95 kg.

3.2. Sadržaj ugljika u biomasi vinove loze

Provedenom analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika između istraživanih sorata vinove loze za prosječan udio ugljika (%) u podzemnoj ($p < 0,001$), nadzemnoj ($p < 0,001$) i ukupnoj biomasi ($p < 0,001$). Sadržaj ugljika u biomasi vinove loze prikazan je u tablici 3.2. Sorte Merlot (46,62 %) i Syrah (46,59 %), kao i sorte Graševina (45,60 %) i Moslavac (45,72 %), imale su podjednake udjele ugljika u svojoj podzemnoj biomasi. Statistički značajne razlike za udio ugljika u podzemnoj biomasi utvrđene su između sorata Merlot/Syrah i Graševina/Moslavac. S obzirom na udio ugljika u nadzemnoj biomasi, sve četiri istraživane sorte vinove loze su se međusobno razlikovale. Prema utvrđenim rezultatima, sorta Syrah (48,22 %) je imala najviše ugljika u svojoj nadzemnoj biomasi, a sorta Moslavac (46,48 %) najmanje. Ukupna biomasa sorte Syrah u prosjeku je sadržavala 47,40 % ugljika što predstavlja najveći utvrđeni udio ugljika u odnosu na ostale istraživane sorte. Udio ugljika u ukupnoj biomasi Syraha se značajno razlikovao od udjela ugljika sorte Merlot (47,09 %) kao i od udjela ugljika kod sorata Graševina (46,22 %) i Moslavac (46,09 %) koje se statistički značajno nisu razlikovale.

S obzirom na sadržaj ugljika (kg) u korjenu vinove loze, statistički značajne razlike utvrđene su između sorata Merlot/Syrah i Graševina/Moslavac, dok se sorte Merlot (0,39 kg) i Syrah (0,32 kg), kao i sorte Graševina (0,22 kg) i Moslavac (0,18 kg), značajno nisu razlikovale. Najveća količina ugljika u deblu je utvrđena kod sorte Merlot (0,83 kg), a navedena količina se značajno razlikovala od sadržaja ugljika u deblu ostalih istraživanih sorata (0,41-0,56 kg) između kojih nije utvrđena statistički značajna razlika. Najveća količina ugljika u granama vinove loze utvrđena je kod sorte Syrah (0,39 kg), čija se količina ugljika značajno razlikovala od količine ugljika u granama ostalih istraživanih sorata (0,20-0,21 kg) među kojima nije utvrđena statistički značajna razlika. Promatrajući količinu ugljika u ukupnoj biomasi vinove loze, sorte Syrah i Merlot sadržavale su značajno više ugljika (1,26-1,41 kg) u svojoj biomasi u odnosu na sorte Graševina i Moslavac (0,83-0,86 kg).

Tablica 3.2. Sadržaj ugljika u biomasi vinove loze

sorta	Podzemna biomasa		Nadzemna biomasa			Ukupna biomasa	
	C (%) LSD (0,32)	C korijen (kg) LSD (0,08)	C (%) LSD (0,19)	C deбло (kg) LSD (0,15)	C grane (kg) LSD (0,05)	C (%) LSD (0,24)	C ukupna biomasa (kg) LSD (0,19)
Merlot	46,62 A	0,39 A	47,58 B	0,83 A	0,20 B	47,09 B	1,41 A
Syrah	46,59 A	0,32 A	48,22 A	0,56 B	0,39 A	47,40 A	1,26 A
Graševina	45,60 B	0,22 B	46,85 C	0,41 B	0,21 B	46,22 C	0,83 B
Moslavac	45,72 B	0,18 B	46,48 D	0,48 B	0,21 B	46,09 C	0,86 B

Hadrović i sur. (2021.) je proveo istraživanje o udjelu ugljika i dušika na 5 različitih voćnih vrsta. Vrste su prikupljene 2015. godine na području jugozapadne Srbije. U svih 5 vrsta je udio ugljika veći u drvetu nego u kori istog. Najmanji udio ugljika u kori je izmjeren u europskoj kruški (35,39 %), a najveći u šumskoj jabuci (42,56 %). Količina ugljika u drvetu je najveća kod šumske jabuke (44,09 %), a najmanja kod divlje trešnje (41,64 %).

Prema Morande i sur. (2017.) vinograd sorte Cabernet sauvignon usvoji 12,3 Mg/ha ugljika na području Kalifornije. Istraživanjem je utvrđeno kako jedan trs vinove loze usvoji otprilike 46 % ugljika tj. 7,7 kg, a najviše ugljika usvaja samo deblo i to u količini od 3 kg.

Akwani i sur. (2022.) je proveo istraživanje na narančama na području južne Afrike u okrugu UMkhanyakude koji karakterizira vlažna klima. Istraživanjem je utvrđeno da natalna naranča usvaja 0,198 g ugljika a crna majmunska naranča 0,463 g ugljika u ukupnoj suhoj biomasi.

3.3. Sadržaj dušika u biomasi vinove loze

Prema provedenoj statističkoj analizi varijance utvrđena je statistički značajna razlika između istraživanih sorata vinove loze za udjel dušika (%) u podzemnoj ($p = 0,0026$), nadzemnoj ($p < 0,001$) i ukupnoj biomasi ($p = 0,0009$). Sadržaj dušika u biomasi vinove loze prikazan je u tablici 3.3. Podzemna biomasa sorte Merlot je sadržavala 0,72 % dušika a podjednak udio dušika je utvrđen i za sortu Syrah (0,70 %). Sorte Graševina (1,02 %) i Moslavac (1,22 %) se statistički međusobno značajno ne razlikuju, kao niti sorte Syrah (0,7 %) i Merlot (0,72 %) ali je utvrđena statistički značajna razlika između navedenih grupa sorata za udio ugljika u korijenu vinove loze. Najviše dušika u nadzemnoj biomasi je utvrđeno u sorti Graševina i to 0,72 %. Od Graševine se statistički razlikovala sorta Moslavac s obzirom da sadrži 0,53 % dušika, kao i sorte Syrah (0,38 % N) i Merlot (0,37 % N) čiji udio dušika se međusobno nije razlikovao. Za sorte Graševina (0,87 % N) i Moslavac (0,88 % N) nije utvrđena međusobna statistički značajna razlika u dobivenim rezultatima, ali su utvrđene značajne razlike u odnosu na sorte Merlot (0,55 % N) i Syrah (0,54 % N) koje sadrže manji udio dušika u ukupnoj biomasi vinove loze. Sadržaj dušika u korijenu (kg) vinove loze se kretao u rasponu od 0,005 – 0,006 kg N, i nije se razlikovao značajno između istraživanih sorata. Najveći sadržaj dušika u deblu vinove loze je utvrđen za sorte Merlot i Moslavac (0,013 kg), a najmanji za sortu Syrah (0,008 kg). Sorte Syrah i Moslavac su sadržavale najveću količinu dušika u granama (0,006 kg), a sorta Merlot najmanju (0,003 kg). Promatrajući ukupnu biomasu, sve istraživane sorte su sadržavale podjednaku količinu dušika u svojoj biomasi koja se kretala u rasponu od 0,014 – 0,017 kg N.

Tablica 3.3. Sadržaj dušika u biomasi vinove loze

sorta	Podzemna biomasa		Nadzemna biomasa			Ukupna biomasa	
	N (%) LSD (0,24)	N korijen (kg) LSD (0,0014)	N (%) LSD (0,08)	N deblo (kg) LSD (0,0041)	N grane (kg) LSD (0,0017)	N (%) LSD (0,15)	N u ukupnoj biomasi (kg) LSD (0,0041)
Merlot	0,72 B	0,006 A	0,37 C	0,013 A	0,003 B	0,55 B	0,016 A
Syrah	0,70 B	0,005 A	0,38 C	0,008 B	0,006 A	0,54 B	0,014 A
Graševina	1,02 A	0,005 A	0,72 A	0,009 AB	0,005 AB	0,87 A	0,016 A
Moslavac	1,22 A	0,005 A	0,53 B	0,013 A	0,006 A	0,88 A	0,017 A

Prema Hadrović i sur. (2021.), najmanju količinu dušika u kori drva od pet različitih istraživanih šumskih voćnih vrsta usvaja europska kruška (1,05 %), a u drvu obična lijeska (1,27 %). Najveće količine dušika u kori usvaja šumska jabuka (2,19 %), a u drvu europska kruška (1,48 %). Istraživanje je provedeno na koje su istraživane kroz pet uzoraka svaka.

Na području jugoistočne Italije provedeno je istraživanje na vinovoj lozi u periodu od 2012. do 2015. godine (Ferrara i sur., 2018.). Istraživanje se provodilo na stolnom grožđu posađenom na 1 ha površine. Dobiveni rezultati variraju od 12,9 g/kg suhe tvari (2015.) do 17 g/kg suhe tvari (2012.) u prorijeđenim bobicama. U prorijeđenim grozdovima usvojeni dušik se kreće od 12,2 g/kg (2015.) do 16,1 g/kg (2012.), a za odrezano lišće od 25,2 g/kg (2015.) do 29,5 g/kg (2013.). Udio dušika u odrvenjelom dijelu loze se nakon zimskog orezivanja kreće od 6 g/kg (2015.) do 7,9 g/kg (2014.).

Conradie (1986.) je proveo istraživanje na dvogodišnjoj sorti vinove loze Chenin blanc na 99 Richter podlozi, kako bi utvrdio količinu usvojenog dušika te njegovu raspodjelu unutar biljke. Rezultatima je utvrđeno da sorta Chanin blanc ukupno usvoji 9189 mg/lozi dušika kroz različite fenofaze porasta i u različite dijelove same loze, a najviše dušika usvajaju grozdovi tijekom berbe i to 3253 mg/lozi. Na području RH je Krička (2010.) utvrdila da se udio dušika u vinovoj lozi kreće od 0,42 % i 0,69 %.

3.4. C/N odnos u biomasi vinove loze

C/N odnos u biomasi istraživanih sorata vinove loze prikazan je u tablici 3.4. Kod svih istraživanih dijelova vinove loze, najširi C/N odnos imala je sorta Syrah čiji C/N odnos podzemne biomase je iznosio 67 : 1, nadzemne biomase 69 : 1, i ukupne biomase 89 : 1. Široki C/N odnos je također zabilježen kod sorte Merlot, čiji C/N odnos podzemne biomase je iznosio 64 : 1, nadzemne biomase 66 : 1, i ukupne biomase 86 : 1. C/N odnos u biomasi Graševine iznosio je 45 : 1 za podzemnu biomasu, 46 : 1 za nadzemnu biomasu, i 53 : 1 za ukupnu biomasu. Najuzži C/N odnos imala je sorta Moslavac čiji C/N odnos podzemne biomase je iznosio 38 : 1, nadzemne biomase 39 : 1, i ukupne biomase 54 : 1.

Tablica 3.4. C/N odnos u biomasi vinove loze

sorta	Podzemna biomasa	Nadzemna biomasa	Ukupna biomasa
Merlot	64 : 1	66 : 1	86 : 1
Syrah	67 : 1	69 : 1	89 : 1
Graševina	45 : 1	46 : 1	53 : 1
Moslavac	38 : 1	39 : 1	54 : 1

Istraživanjem koje je provedeno na jugozapadu Srbije 2021. godine od strane Hadrovića i sur. (2021.), utvrđeni su C/N odnosi za 5 šumskih voćnih vrsta. Najmanji C/N odnos u kori stabla ima šumska jabuka, a najveći europska kruška U samom drvetu najmanji C/N odnos ima europska kruška i divlja trešnja a najveći C/N obična lijeska.

Salazar-Parra i sur. (2019.) je provela istraživanje na sorti vinove loze Tempranillo. Uzorci loze su uzorkovani u eksperimentalnom vinogradu na području Španjolske. Provedenim istraživanjem se utvrdio C/N odnos u različitim dijelovima vinove loze, te je utvrđeno kako su najveći C/N odnos imale redom reznice loze, potom bobice, glavni izdanak, peteljke i korijen, a najmanji C/N odnos je utvrđen za lišće vinove loze.

Grechi i sur. (2005.) su proveli istraživanje na sorti vinove loze Merlot tijekom zimskih mjeseci na području Bordeaux, Francuska. Istraživanje se provodilo na 50 trsova vinove loze te je istraživanjem utvrđeno kako je najveći C/N odnos imalo deblo (118,8 g/g) a najmanji C/N odnos je utvrđen za lišće vinove loze (9,8 g/g).

3.5. Bilanca ugljika

Statističkom analizom varijance je utvrđena značajna razlika između sorti vinove loze s obzirom na količinu ugljika koja se nalazi u korijenu i deblu vinove loze odnosno unošenja ($p = 0,0002$), količinu ugljika koja se iznosi iz agroekosusava orezanim granama vinove loze ($p = 00001$) te ukupne bilance ugljika ($p = 00001$). Bilanca ugljika prikazana je u tablici 3.5.

Prema podacima dobivenim statističkom analizom, sorta Merlot ima najveću količinu ugljika koja ostaje vezana u korijenu i granama te iznosi 1,2 kg C po trsu vinove loze (tablica 3.5.). Značajno manja količina ugljika ostaje vezana u korijenu i granama sorte Syrah (0,88 kg), dok je kod sorata Graševina i Moslavac utvrđena statistički najmanja količina ugljika koja ostaje u agroekosustavu (0,63 - 0,65 kg). S obzirom na količinu ugljika koja se iznosi iz agroekosustava orezivanjem vinove loze, sortama Merlot (0,20 kg), Graševina (0,21 kg) i Moslavac (0,21 kg) se iznosi značajno manje ugljika iz agroekosustava u odnosu na sortu Syrah čijim orezanim granama se iznese 0,39 kg ugljika (tablica 3.5.). Pozitivna bilanca ugljika utvrđena je za sve četiri istraživane sorte vinove loze (tablica 3.5.). Značajno veća bilanca ugljika utvrđena je za sortu Merlot (1 kg) u odnosu na ostale istraživane sorte čije se vrijednosti bilance ugljika kreću od 0,42 – 0,49 kg C po trsu vinove loze.

Tablica 3.5. Bilanca ugljika

sorta	Unošenje C (kg/trsu) (LSD = 0,1727)	Iznošenje C (kg/trsu) (LSD = 0,0533)	Bilanca C (kg/trsu) (LSD = 0,1664)
Merlot	1,20 A	0,20 B	1,00 A
Syrah	0,88 B	0,39 A	0,49 B
Graševina	0,63 C	0,21 B	0,42 B
Moslavac	0,65 C	0,21 B	0,44 B

Escalona i sur. (2012.) je proveo istraživanje na četiri sorte vinove loze: Cabernet sauvignon, Malvazija, Tempranillo i Grenache o količini usvojenog ugljika, te količini ugljika koji se iznosi iz agroekosustava rezidbom. Sve utvrđene bilance ugljika su pozitivne. Najveću bilancu ugljika u uvjetima navodnjavanja ima sorta Grenache u iznosu od 104,6 g, a najmanju bilancu ima sorta Tempranillo (60,5 g). U uvjetima kad su biljke bile izložene stresu uslijed nedostatka vode, najveća bilanca je utvrđena za sortu Malvazija (39,2 g), a najmanja za sortu Tempranillo (23,8 g).

Bilandžija i sur. (2022.) su proveli istraživanje u svrhu određivanja bilance ugljika na višegodišnjoj energetske kulture miskantusa uzgojenoj iz različitih sadnih materijala (rizomi i sadnice), u Zagrebačkoj županiji. Uzorci miskantusa prikupljeni su u proljeće a nasad miskantusa je bio 5 godina star. Provedenim istraživanjem utvrđeno je kako miskantus uzgojen iz rizoma ima pozitivnu bilancu ugljika koja iznosi 1,67 t/ha, a miskantus uzgojen iz sadnica ima također pozitivnu bilancu ugljika koja iznosi 5,03 t/ha.

3.6. Bilanca dušika

Statističkom analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika između istraživanih sorti vinove loze s obzirom na količinu dušika koja se iznosi iz agroekosustava orezanim granama ($p = 0,0067$), količinu ugljika koji ostaje u agroekosustavu vezana u korijenu i deblu vinove loze ($p = 0,0917$) te ukupnu bilancu dušika ($p = 0,0117$).

Prema utvrđenim rezultatima istraživanja, sorta Merlot imala je najveću količinu dušika koja ostaje vezana u korijenu i granama (0,0124 kg N po trsu) a značajno najmanja količina dušika vezana u korijenu i granama je utvrđena za sortu Syrah (0,0092 kg N). Između sorata Graševina i Moslavac nije utvrđena statistički značajna razlika za količinu dušika koja ostaje u agroekosustavu (0,0103 - 0,0112 kg). S obzirom na količinu ugljika koja se iznosi iz agroekosustava orezivanjem vinove loze, sortom Merlot se iznosilo značajno manje dušika iz agroekosustava (0,0016 kg) u odnosu na sorte Syrah (0,0030 kg), Graševina (0,0032 kg) i Moslavac (0,0024 kg) (tablica 3.6.). Pozitivna bilanca dušika je utvrđena za sve četiri istraživane sorte vinove loze (tablica 3.6.). Značajno veća bilanca dušika utvrđena je za sortu Merlot (0,0108 kg) u odnosu na ostale istraživane sorte čije su se vrijednosti bilance dušika kretale od 0,0062 – 0,0080 kg N po trsu.

Tablica 3.6. Bilanca dušika

sorta	Unošenje N (kg/trsu) (LSD = 0,0025)	Iznošenje N (kg/trsu) (LSD = 0,0008)	Bilanca N (kg/trsu) (LSD = 0,0023)
Merlot	0,0124 A	0,0016 B	0,0108 A
Syrah	0,0092 B	0,0030 A	0,0062 B
Graševina	0,0112 A B	0,0032 A	0,0080 B
Moslavac	0,0103 A B	0,0024 A	0,0079 B

4. Zaključak

Provedenim istraživanjem na četiri različite sorte vinove loze (Merlot, Graševina, Syrah i Moslavac) utvrđeno je kako je najveću ukupnu količinu biomase imala sorta Merlot (2,99 kg), a najmanju sorta Graševina (1,80 kg). Najveći udio u ukupnoj biomasi čini nadzemna biomasa koja je također bila najveća kod sorte Merlot, a najmanja kod sorte Graševina. Za sortu Merlot je također utvrđena i najveća količina podzemne biomase, a najmanja količina podzemne biomase je utvrđena za sortu Moslavac. Sorta Merlot je također usvojila i najveće količine ugljika a sorta Graševina najmanje. Najmanja usvojena količina dušika je tvrđena za sortu Syrah, dok su ostale sorte usvojile podjednaku količinu dušika. Najširi C/N odnos je utvrđen za sortu Syrah a najuži za sortu Graševina.

Temeljem utvrđenih rezultata istraživanja, izračunate su bilance ugljika i dušika za svaku istraživani sortu vinove loze. Najmanja bilanca ugljika je utvrđena za sortu Graševina, a najmanja bilanca dušika za sortu Syrah. Za sortu Merlot je utvrđena najveća količina podzemne, nadzemne i ukupne biomase, a samim time i najveća količina biološki sekvstriranog ugljika i dušika u biomasi sorte Merlot. Za sortu Merlot je također utvrđena najveća količina ugljika koja ostaje u agroekosustavu vezana u korjenu i deblu loze, i najmanje iznošenje ugljika orezanim granama, uslijed čega je za sortu Merlot utvrđena najveća pozitivna bilanca ugljika.

Temeljem provedenog istraživanja, utvrđeno je kako u istraživanim agroekološkim uvjetima sve četiri istraživane sorte vinove loze doprinose ublažavanju klimatskih promjena s obzirom na utvrđene količine sekvstriranog ugljika i pozitivne bilance ugljika i dušika.

5. Popis literature

1. Aczel M. R. (2019.). What is the nitrogen cycle and why is it key to life?. *Frontiers Media SA*. Vol. 7. No. 41.
2. Akweni A. L., Sibanda S., Zharare G. E., Zimudzi C. (2022.). Deriving Biomass Allocation and Carbon Stocks in Fruit of *Strychnos Madagascariensis* (Poir.) and *Strychnos Spinosa* (Lam.) in South Africa. *International Journal of Fruit Science*. 22:1, 1-16, DOI: 10.1080/15538362.2021.1990188
3. Aydinalp C., Cresser M.S. (2008.). The Effect of Global Climate Change on Agriculture. *American-Euroasian J. Agric & Environ. Sci.*, 3(5):672-676
4. Beretin D. (2015.) Iskorištavanje drvene biomase iz vinogradarske proizvodnje za proizvodnju energije. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
5. Bilandžija D., Stuparić R., Galić M., Zgorelec Ž., Leto j., Bilandžija N. (2022.). Carbon Balance of *Mischanthus* Biomass from Rhizomes and Seedlings. *Agronomy* 2022, 12,1426.
6. Bilandžija D. (2019.). Spatio-Temporal Climate and Agroclimate Diversities over the Zagreb City Area. *Geographica Pannonica*, Vol. 23, Issue 4, 385-397.
7. Bilandžija, D., Zgorelec, Ž., Kisić, I. (2016): Influence of Tillage Practices and Crop Type on Soil CO₂ Emissions. *Sustainability* 8, 90. doi:10.3390/su8010090
8. Branković Č. (2013.). Klima i klimatske promjene. *Matematičko - fizički list*, LXIV 3.
9. Conradie W. J. (1986.). Utilisation of Nitrogen by the Grape-vine as Affected by Time of Application and Soil Type. *Viticultural and Oenological Research Institute*. Vol. 7. No. 2.
10. Cumbo Ž. (2010) Briketiranje. <http://www.scribd.com/doc/45065446/3-1-BriketiranjeŽeljko-Cumbo#scribd>; Pristupljeno 14.09.2022.
11. Čoga, L., Slunjski S. (2018) Dijagnostika tla u ishrani bilja: priručnik za uzorkovanje i analitiku tla. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, str. 206.
12. Escalona J. M., Tomas M., Martorell S., Medrano H., Ribas-Carbo M., Flexas J. (2012.). Carbon balance in grapevines under different soil water supply: importance of whole plant respiration. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 18, 308-318.
13. Europski zeleni plan (2021) European Commission, Directorate-General for Communication, European green deal : delivering on our targets, Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2775/595210>
14. Ferrara G., Malerba A. D., Matarrese A. M. S., Mondelli D., Mazzeo A. (2018.). Nitrogen Distribution in Annual Growth of "Italia" Table Grape Vines. *Front. Plant Sci*. 9:1374. DOI: 10.3389/fpls.2018.01374.
15. Filipović I., Lipanović S. (1995.). Opća i anorganska kemija. 9. izdanje. Zagreb. Školska knjiga.

16. Glavač V. (1999.). Uvod u globalnu ekologiju. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša.
17. Godec R. (2008.). Ugljik u lebdećim česticama u zraku. Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada. Zagreb. Arh Hig Toksikol 2008;59:309-318.
18. Grechi I., Vivin Ph., Hilbert G., Milin S., Robert T., Gaudillere J.-P. (2005.). Effect of light and nitrogen supply on internal C:N balance and control of root-to-shoot biomass allocation in grapevine. *Environmental and Experimental Botany*. 59 (2007). 139-149.
19. Habuš S., Stričević D., Tomašić V. (2017.). Anorganska kemija. Zagreb. Profil.
20. Hadrović S., Jovanović F., Braunović S., Eremija S., Miletić Z., Stajić S., Golić I. (2021.). Biomass Carbon and Nitrogen Content of Wild Fruit Species in Southwest Serbia. *Hortscience*. 56(6):657-658.
21. HRN ISO 10694 2004 Kakvoća tla -- Određivanje organskoga i ukupnog ugljika suhim spaljivanjem (elementarna analiza) (ISO 10694:1995)
22. HRN ISO 13878:2004 Kakvoća tla -- Određivanje sadržaja ukupnog dušika suhim spaljivanjem ("elementarna analiza") (ISO 13878:1998)
23. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
24. Jones C. (2009.). Mycorrhizal fungi-powerhouse of the soil. Amazing carbon. <https://www.amazingcarbon.com/> - pristup 10.04.2022.
25. Krička T. (2010.). Potencijal proizvodnje energije iz biljnih ostataka u poljoprivredi i šumarstvu. Završno izvješće. Zagreb; 2, 17-22.
26. Mihalina V. (2021.). Biomasa uklonjenih nasada vinove loze kao izvor energije. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet.
27. Morande J. A., Stockert C. M., Liles G. C., Williams J. N., Smart D. R., Viers J. H. (2017.). From berries to blocks: carbon stock quantification of a California vineyard. *Carbon Balance and Management*. 12:5. DOI 10.1186/s13021/017/0071-3.
28. NIR - Nacionalni inventar stakleničkih plinova RH za razdoblje 1990-2020 (2022) Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. str.484
29. Ostrogović M. Z. (2013.). Zalihe i bilanca ugljika regularno gospodarene šume hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Pokupskom bazenu. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu. Šumarski fakultet.
30. Paladinić E. (2009.). Procjena sposobnosti šumskih sastojina za spremanje ugljika u kontekstu obveza u provedbi Kyoto protokola. Šumarski fakultet, Zagreb.
31. Robertson A.D., Whitaker J., Morrison R., Davies C.A., Smith P., McNamara N.P. (2017.). A *Miscanthus* plantation can be carbon neutral without increasing soil carbon stocks. *GCB Bioenergy* 9, 645-661.

32. Rilling M. C., Wright S. F., Eviner V. T. (2002.). The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant and soil* 238, 325-333.
33. Salazar-Parra C., Aranjuelo I., Pascual I., Erice G., Sansaez A., Aguirreolea J., Sanchez-Diaz M., Irigoyen J. J., Arous J. L., Morales F. (2015.). Carbon balance, partitioning and photosynthetic acclimation in fruitbearing grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) grown under simulated climate change (elevated CO₂, elevated temperature and moderate drought) scenarios in temperature gradient greenhouse. *J Plant Physiol.* 1;174:97-109. DOI: 10.1016/j.jplph.2014.10.009.
34. Velazquez-Marti B., Fernandez-Gonzalez E., Lopez-Cortes I., Salazar-Hernandez D.M. (2011.). Quantification of the residual biomass obtained from pruning of vineyards in Mediterranean area. *Biomass and Bioenergy.* Vol. 35, str. 3453-3464.

Internetske poveznice

1. Državni hidrometeorološki zavod
<https://meteo.hr/> - pristup 14.09.2022.
2. Ekovjesnik
https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.ekovjesnik.hr%2Fclanak%2F1232%2Fsume-najmocniji-i-najucinkovitiji-sustav-pohrane-ugljika-na-zemlji%3Ffbclid%3DIwAROX3h84e0aiflzlysv4x5snAHQ21jCuWJAYX3LEY2Sq1cWYrI-KL8CqJ0c&h=AT0AGcRuF0hq9k1n_Pc6ieXF9fAEOt0ZnJXPV3Y71KasroIC2-hPZ96jzJOiglGUKWHXBC3mfeQjYV3AAAWdwDvJmIcU7ulDhypKlgOWAruliEHCC3CFR42d3ukfN35xQE7pg - pristup 10.08.2022.

7. Životopis

Manuela Erak je rođena 19. travnja 1999. godine u Šibeniku. Osnovnu školu je pohađala u Pirovcu. Nakon završene osnovne škole nastavila je školovanje u Gimnaziji Antuna Vrančića u Šibeniku, jezični smjer. Završetkom srednje škole upisuje se na Agronomski fakultet u Zagrebu. Na preddiplomskom studiju upisuje smjer Biljne znanosti koji je završila u roku te započinje diplomski studij. Za diplomski studij odabire Ekološku poljoprivredu i agroturizam. Uz fakultet je radila na raznim studentskim poslovima te obavljala stručnu praksu. Posjeduje vozačku dozvolu B kategorije.