

Potencijal divovske trske (*Arundo donax* L.) u ublažavanju klimatskih promjena

Potential of Giant Reed (*Arundo donax* L.) in Climate Change Mitigation

Bilandžija, D., Štrbenac, H., Bilandžija, N.

Poljoprivreda / Agriculture

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<https://doi.org/10.18047/poljo.32.1.2>



Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Agricultural Institute Osijek

POTENCIJAL DIVOVSKJE TRSKE (*Arundo donax* L.) U UBLAŽAVANJU KLIMATSKIH PROMJENA

Bilandžija, D.,⁽¹⁾ Štrbenac, H.,⁽²⁾ Bilandžija, N.⁽¹⁾

Original scientific paper

Izvorni znanstveni članak

SAŽETAK

*Klimatske promjene predstavljaju jedan od najvećih izazova današnjice, a neke uzgajane biljke koje stvaraju veliku biomasu, takozvane energetske kulture, mogu doprinijeti njihovu ublažavanju jer čine vrlo važan obnovljiv izvor energije, koju proizvode prvenstveno na račun procesa sekvestracije (vezivanja) atmosferskoga ugljika i njegove ugradnje u svoju biomasu. Cilj je ovoga rada utvrditi količinu sekvestriranoga ugljika i dušika nadzemnom biomasom energetske kulture divovske trske (*Arundo donax* L.) na dva različita roka žetve (zimskome i proljetnom) tijekom dviju vegetacijskih godina. Istraživanje je provedeno tijekom 2019./2020. i 2020./2021. godine u prirodnoj populaciji divovske trske na otoku Pagu, Hrvatska. Istraživanjem je utvrđen prinos suhe tvari od 23,7 – 30,2 t ha⁻¹, udio ugljika od 43,2 – 47,6 %, a udio dušika od 0,3 – 0,7 %. Količina ukupno sekvestriranoga ugljika jest između 10,9 – 13,3 t ha⁻¹, a dušika 0,08 – 0,20 t ha⁻¹ godišnje. Drukčiji vremenski uvjeti tijekom različitih godina istraživanja imaju značajan utjecaj na udio ugljika u nadzemnoj biomasu, dok na ostale istraživane parametre ne utječu značajno. Pomicanjem roka žetve s proljetnoga na zimski ostvaruje se viši prinos suhe tvari te se sekvestira veća količina ugljika i dušika. Analizom interakcije različitih rokova žetve i istraživanih godina nije utvrđen značajan utjecaj na prinos suhe tvari i količinu ukupno vezanoga ugljika, dok je za količinu ukupno vezanoga dušika te udio ugljika i dušika u biomasu utvrđen značajan utjecaj. Divovska trska svojim visokim proizvodnim potencijalom mogla bi doprinijeti ublažavanju klimatskih promjena sekvestracijom značajnih količina atmosferskoga ugljika i proizvodnjom energije iz obnovljivih izvora.*

Ključne riječi: energetske kulture, klimatske promjene, sekvestracija, nadzemna biomasa, ugljik, dušik

UVOD

Posljedice klimatskih promjena, poput povišenih temperatura tla, zraka i oceana, izmijenjenih režima obovine, topljenja ledenjaka, povećanja razine mora i oceana, smanjenja bioraznolikosti, većih zdravstvenih rizika zbog onečišćenja zraka i utjecaja na mentalno zdravlje, siromaštva i migracija te učestalije pojavnosti ekstremnih vremenskih pojava, poput požara, poplava, olujnih nevremena i suša, vidljive su širom svijeta i postaju sve izraženije (IPCC, 2023.). Stoga je nužno istražiti različite metode ublažavanja klimatskih promjena.

Energetske kulture su kulture uzgajane specifično za proizvodnju energije (toplinske, električne, biogoriva) kako bi se smanjila uporaba energije iz neobnovljivih izvo-

ra, odnosno smanjila emisija stakleničkih plinova. Budući da stvaraju veliku količinu biomase, energetske kulture, osim što doprinose ublažavanju klimatskih promjena kao obnovljivi izvori energije, također doprinose njihovu ublažavanju i biološkom sekvestracijom ugljika. Biološka sekvestracija ugljika predstavlja uklanjanje ugljikova dioksida iz atmosfere biljkama koje procesom fotosinteze vežu atmosferski ugljik i pohranjuju ga u svoju biomasu (Bilandžija i sur., 2023.). Količina sekvestriranoga ugljika ovisi o kulturi, uvjetima uzgoja i agrotehničkim zahvatima

(1) Izv. prof. dr. sc. Darija Bilandžija, (dbilandzija@agr.hr), Izv. prof. dr. sc. Nikola Bilandžija – Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Hrvatska, (2) Hana Štrbenac, B.Sc. – Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Hrvatska

te je usko povezana s prinosom biomase. Divovska je trska (*Arundo donax* L.) višegodišnja rizomska trava koja ostvaruje vrlo visoke prinose, pa u optimalnim uvjetima uzgoja i uz navodnjavanje prinos divovske trske može biti i do 100 t ha⁻¹ zelene biomase od druge ili treće godine uzgoja (Balent, 2025.). Žetva višegodišnjih energetskih trava obično se provodi krajem zime, nakon što se hranjive tvari translociraju u rizome i kada je prinos suhe tvari najviši. Međutim, sadržaj minerala i vlage u divovskoj trsci krajem zime općenito je veći negoli kod drugih vrsta, poput miskantusa (*Miscanthus* × *giganteus* Greef et Deu.) i prosa (*Panicum virgatum* L.) (Dragoni i sur., 2021.; Smith i Slater, 2011.). Divovska trska često ne uspije u potpunosti ostarjeti, zadržavajući visoku razinu vlage i hranjivih tvari, a potencijalno i velike rezerve ugljika u nadzemnoj biomasi (Sharma i sur., 1998). To ograničuje njezinu prikladnost za toplinsku pretvorbu i pogoduje ljetnim žetvama „zelene biomase“ za druge namjene (Dragoni i sur., 2021.; Smith i Slater, 2011.; Ceotto i sur., 2021.).

Postavljena hipoteza ovoga istraživanja jest da će različiti vremenski uvjeti i rokovi žetve tijekom različitih godina imati značajan utjecaj na prinos suhe tvari, koncentraciju ugljika i dušika u biomasi te ukupnu količinu vezanoga ugljika i dušika. Stoga je cilj ovoga rada utvrditi prinos suhe tvari te koncentracije i količine ukupno sekvestriranoga ugljika i dušika nadzemnom biomasom energetske kulture divovske trske požete tijekom dvaju različitih rokova žetve, to jest tijekom dviju vegetacijskih godina.

Također je važno napomenuti da se prema Pravilniku o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnja te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati (NN 16/19), divovska trska ne nalazi na popisu dopuštenih kultura za takav uzgoj iako ima veći prinos biomase, prilagodljivija je širem rasponu tala i bolje podnosi suše i poplave od miskantusa (Corno i sur., 2014.).

MATERIJAL I METODE

Lokacija istraživanja

Istraživanje je provedeno u prirodnoj populaciji divovske trske na otoku Pagu, u blizini sela Kolan (S 45° 49' 26"; I 16° 1' 54"). Točna starost nasada nije poznata, ali prema lokalnom stanovništvu nasad se na navedenoj lokaciji nalazi preko 20 godina. Istraživanje se provodilo tijekom dviju vegetacijskih godina (2019./2020. i 2020./2021.), tijekom dvaju različitih rokova žetve: zimskog, koji je proveden u prosincu/siječnju, i proljetnoga, koji je proveden u veljači/ožujku.

Tlo je na pokusnome polju crvenica (*Terra rossa*) alkalne reakcije (pH_{KCl} = 8,43), slabo humozno (1,44 %), dobro opskrbljeno biljci pristupačnim kalijem (22,67 mg K₂O/100 g tla) i vrlo slabo opskrbljeno biljci pristupačnim fosforom (4,63 mg P₂O₅/100 g tla), te sadrži 0,18 % ukupnoga dušika, 4,43 % ukupnoga ugljika, 0,08 % ukupnoga sumpora i 0,43 % ukupnoga vodika.

Vremenski uvjeti

Lokacija istraživanja nalazi se u području primorske Hrvatske, koja se veći dio godine nalazi u cirkulacijskome području umjerenih širina, s čestim i intenzivnim promjenama vremena (Gajić-Čapka i Zaninović, 2008.). Analiza vremenskih uvjeta tijekom razdoblja istraživanja obavljena je temeljem podataka prikupljenih na klimatološkoj postaji Pag (44° 26' 27" S, 15° 3' 51" I, 16 m n.m.) iz mreže meteoroloških postaja Državnoga hidrometeorološkog zavoda.

Uzorkovanje biomase i analiza biomase

Uzorkovanje nadzemne biomase provedeno je četiri puta tijekom razdoblja istraživanja, i to za zimskog roka, koji je proveden u prosincu 2019./2020. i siječnju 2020./2021., te za proljetnoga roku žetve, koji je proveden u veljači 2019./2020. i ožujku 2020./2021. godine. Nadzemna biomasa uzorkovana je slučajnim odabirom biljaka u prirodnome nasadu divovske trske u tri ponavljanja. Uzorkovanje nadzemne biomase divovske trske provedeno je na površini od 1 m² odsijecanjem biljaka na visini 10 - 15 cm od površine tla korištenjem motorne pile, nakon čega su uzorci izvagani. Uzorci su nakon vaganja sasjecani na manje dijelove, spremljeni u vreće za uzorkovanje te dopremljeni na Agronomski fakultet na daljnju laboratorijsku analizu.

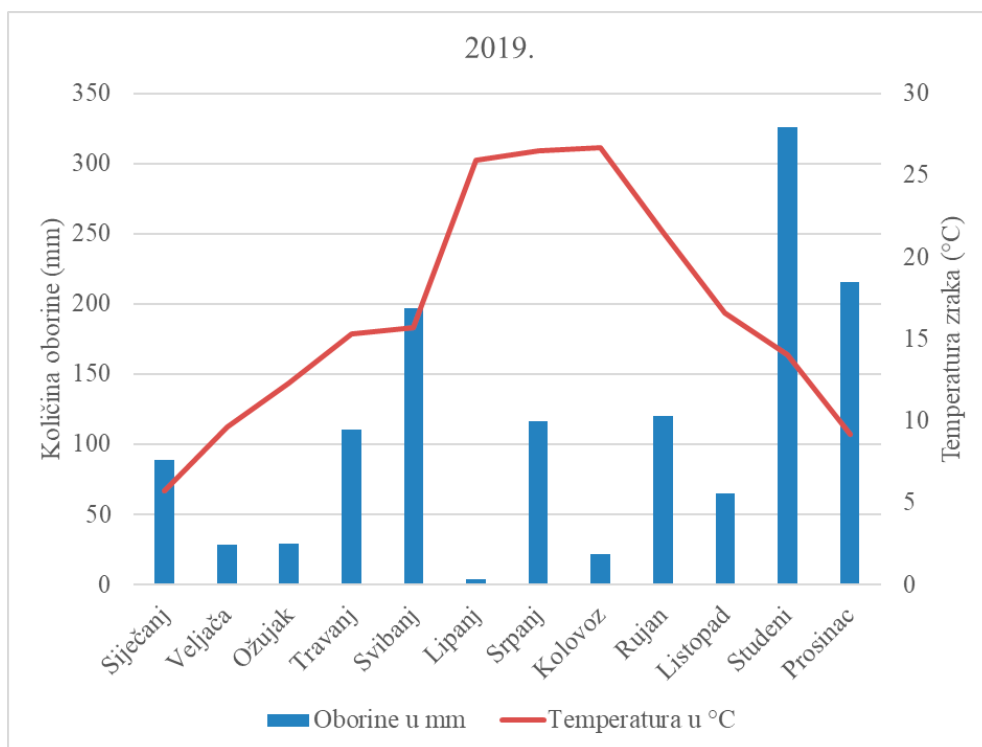
U analitičkome laboratoriju Zavoda za opću proizvodnju bilja Agronomskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu provedena je priprema uzoraka biljnoga materijala za potrebe određivanja suhe tvari i koncentracije ugljika i dušika u uzorcima nadzemne biomase. Sadržaj ukupnoga ugljika i dušika određen je simultano, metodom suhoga spaljivanja na analizatoru Vario Macro CHNS (Elementar, 2006.). Sadržaj ukupnoga ugljika određen je prema protokolu koji je normiran kao HRN ISO 10694:2004, a dušika prema protokolu koji je normiran kao HRN ISO 13878:2004.

Statistička obrada podataka

Za sve analize podataka korišten je programski paket SAS (SAS Institute, 2002. – 2004.). Varijabilnost između istraživanih parametara analizirana je analizom varijance (ANOVA) i testirana ako je bilo potrebno *post-hoc* (Fisherovim) t-testom. Prag značajnosti za sve analize iznosi 5 %.

REZULTATI I RASPRAVA

Prosječna godišnja temperatura zraka tijekom 2019. godine (Grafikon 1) iznosila je 16,6 °C, dok je ukupna količina oborina iznosila 1321,5 mm. Najviša prosječna temperatura zraka u 2019. godini (graf 1) na lokaciji istraživanja bila je u kolovozu (26,7 °C), dok je najniža bila u siječnju (5,7 °C). Najveća količina oborina pala je u studenome (326 mm), a najmanja u lipnju (4 mm).

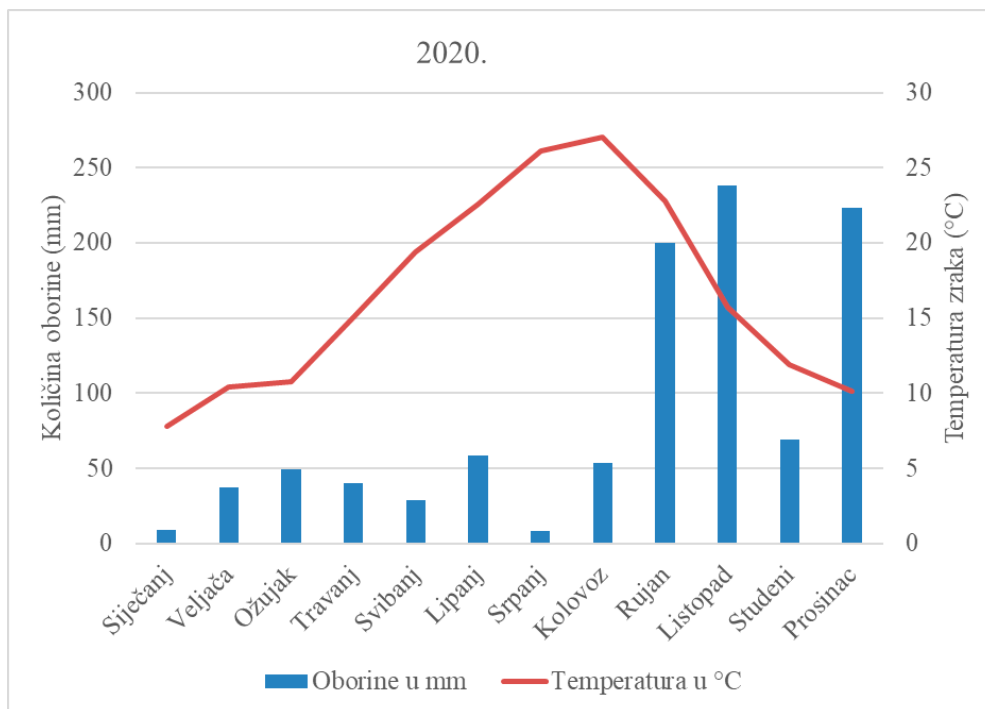


Grafikon 1. Srednja mjesečna temperatura zraka i količina oborina u 2019. godini.

Figure 1. Mean monthly air temperature and precipitation amount in 2019.

Prosječna godišnja temperatura zraka u 2020. godini (Grafikon 2) iznosila je 16,6 °C, dok je ukupna količina oborine iznosila 1015,9 mm. Najviša prosječna temperatura zraka u 2020. godini na lokaciji istraživanja zabilje-

žena je u kolovozu (27 °C), a najniža u siječnju (7,8 °C). Najveća količina oborine pala je u listopadu (238,3 mm), a najmanja u srpnju (8,5 mm).

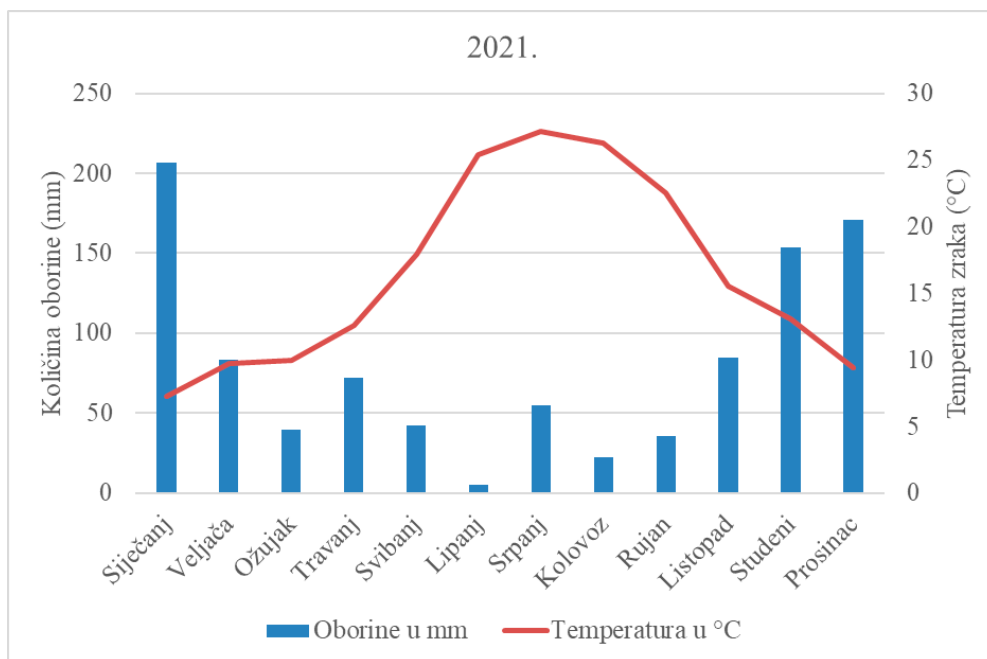


Grafikon 2. Srednja mjesečna temperatura zraka i količina oborina u 2020. godini.

Figure 2. Mean monthly air temperature and precipitation amount in 2020.

Prosječna godišnja temperatura zraka u 2021. godini (Grafikon 3.) iznosila je 16,4 °C, a ukupna količina oborine iznosila je 972 mm. Najviša prosječna temperatura zraka u 2021. godini na lokaciji istraživanja bila je u

srpnju (27,1 °C), dok je najniža bila u siječnju (7,3 °C). Najveća količina oborine pala je u siječnju (206,6 mm), dok je najmanje oborine zabilježeno u lipnju (5 mm).



Grafikon 3. Srednja mjesečna temperatura zraka i količina oborina u 2021. godini.

Figure 3. Mean monthly air temperature and precipitation amount in 2021

Najviši prinos suhe tvari ostvaren je za zimskoga roka 2019./2020. te iznosi 30,15 t ha⁻¹ (Tablica 1.). Nakon njega slijedi zimski rok 2020./2021., s ostvarenim prinosom od 29,37 t ha⁻¹, pa proljetni rok 2020./2021. s 25,24 t ha⁻¹, dok je najmanji prinos suhe tvari ostvaren tijekom proljetnoga roka 2019./2020. te iznosi 23,72 t ha⁻¹.

Najveći udio ugljika utvrđen je za proljetnoga roka 2020./2021. i iznosi 47,56 %. Udio ugljika u biomasi požnjevenoj za proljetnoga roka 2019./2020. iznosi 45,88 %, a tijekom zimskoga roka 2020./2021. 45,38 %. Najmanji udio ugljika (43,16 %) zabilježen je za zimskoga roka 2019./2020. godine (Tablica 1.).

Najveći udio dušika utvrđen je za zimskoga roka 2019./2020. i iznosi 0,67 %. Udio ugljika u biomasi

požetnoj za zimskoga roka 2020./2021. iznosi 0,58 %, a za proljetnoga roka 2019./2020. 0,42 %, dok je najmanji udio dušika (0,31 %) zabilježen za proljetnoga roka 2020./2021. godine (Tablica 1.). Biomasa je vezala najveću količinu ugljika (13,33 t ha⁻¹) tijekom zimskoga roka 2020./2021., a zatim tijekom zimskoga roka 2019./2020. (13,01 t ha⁻¹), nakon čega slijedi proljetni rok 2020./2021. (12,01 t ha⁻¹), dok je najmanja količina vezana za proljetnoga roka žetve 2019./2020. (10,87 t ha⁻¹).

Količina vezanoga dušika u biomasi požetnoj tijekom proljetnih rokova 2019./2020. i 2020./2021. (redom 0,10 i 0,08 t ha⁻¹) niže su u odnosu na količine vezanoga dušika u biomasi požetnoj tijekom zimskih rokova 2019./2020. i 2020./2021 (redom 0,20 i 0,17 t ha⁻¹) (Tablica 1.).

Tablica 1. Prinos suhe tvari, udio ugljika i dušika i ukupna količina sekvestriranoga ugljika i dušika u nadzemnoj biomasi tijekom različitih rokova žetve po godinama istraživanja

Table 1. Dry matter yield, percentage of carbon and nitrogen, and total amount of sequestered carbon and nitrogen in aboveground biomass at different harvest times and years of study

	ST (t ha ⁻¹) DM (t ha ⁻¹) LSD = 9,83	C (%) C (%) LSD = 0,31	N (%) N (%) LSD = 0,04	C (t ha ⁻¹) C (t ha ⁻¹) LSD = 4,38	N (t ha ⁻¹) N (t ha ⁻¹) LSD = 0,06
Prolječni rok / Spring harvest (2019./2020.)	23,72 a	45,88 c	0,42 b	10,87 a	0,10 a
Zimski rok / Winter harvest (2019./2020.)	30,15 a	43,16 a	0,67 d	13,01 a	0,20 b
Prolječni rok / Spring harvest (2020./2021.)	25,24 a	47,56 d	0,31 a	12,01 a	0,08 a
Zimski rok / Winter harvest (2020./2021.)	29,37 a	45,38 b	0,58 c	13,33 a	0,17 b

*ST (t/ha) – prinos suhe tvari; C (%) – udio ugljika u biomasi; N (%) – udio dušika u biomasi; C (t/ha) – ukupna količina sekvestriranoga ugljika; N (t/ha) – ukupna količina sekvestriranoga dušika; LSD – najmanja signifikantna razlika. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu značajno različite pri $p \leq 0,05$.

*DM (t/ha) – dry matter yield; C (%) – percentage of carbon in biomass; N (%) – percentage of nitrogen in biomass; C (t/ha) – total amount of sequestered carbon; N (t/ha) – total amount of sequestered nitrogen; LSD – least significant differences. Average values marked with the same letters are not statistically significantly different at $p \leq 0.05$.

Prosječan prinos suhe tvari tijekom 2019./2020. iznosi 26,93 t ha⁻¹, a tijekom 2020./2021. godine 27,30 t ha⁻¹ (Tablica 2.). U prvoj godini istraživanja, 2019./2020., udio ugljika u prosjeku je bio manji i iznosio je 44,52 %, dok je u 2020./2021. utvrđen veći udio ugljika od 46,47 %. Tijekom 2019./2020. udio dušika bio je veći (0,55 %) u odnosu na 2020./2021. (0,45 %). U 2019./2020., količina

sekvestriranoga ugljika koju je nadzemna biomasa vezala iznosi 11,94 t ha⁻¹, dok je u razdoblju 2020./2021. količina sekvestriranoga ugljika bila veća (12,67 t ha⁻¹). Količina dušika koju je biomasa vezala ne razlikuje se između istraživanih godina, te se u 2019./2020. vezalo 0,15 t ha⁻¹, a u 2020./2021. 0,12 t ha⁻¹.

Tablica 2. Prinos suhe tvari, udio ugljika i dušika i ukupna količina sekvestriranoga ugljika i dušika u nadzemnoj biomasi po godinama istraživanja

Table 2. Dry matter yield, percentage of carbon and nitrogen and total amount of sequestered carbon and nitrogen in aboveground biomass during different years of study

	ST (t ha ⁻¹) / DM (t ha ⁻¹) LSD = 7,11	C (%) LSD = 1,74	N (%) LSD = 0,18	C (t ha ⁻¹) LSD = 2,96	N (t ha ⁻¹) LSD = 0,08
2019./2020.	26,93 a	44,52 a	0,55 a	11,94 a	0,15 a
2020./2021	27,30 a	46,47 b	0,45 a	12,67 a	0,12 a

*ST (t ha-1) – prinos suhe tvari; C (%) – udio ugljika u biomasi; N (%) – udio dušika u biomasi; C (t ha-1) – ukupna količina sekvestriranoga ugljika; N (t ha-1) – ukupna količina sekvestriranoga dušika; LSD – najmanja signifikantna razlika. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu značajno različite pri $p \leq 0,05$.

*DM (t ha-1) – dry matter yield; C (%) – percentage of carbon in biomass; N (%) – percentage of nitrogen in biomass; C (t ha-1) – total amount of sequestered carbon; N (t ha-1) – total amount of sequestered nitrogen; LSD – least significant differences. Average values marked with the same letters are not statistically significantly different at $p \leq 0.05$.

Prosječan prinos suhe tvari ostvaren za proljetnoga roka žetve iznosi 24,48 t ha⁻¹, a za jesenskoga roka žetve 29,76 t ha⁻¹. Tijekom proljetnoga roka žetve prosječan je udio ugljika u biomasi veći (46,72 %) u odnosu na zimski rok (44,27 %) (Tablica 3.). Udio dušika se također razlikuje između istraživanih rokova žetve, te za proljetnoga roka udio dušika u biomasi iznosi 0,37 %, a tijekom zimskoga

roka 0,62 % (tablica 3). Količina sekvestriranoga ugljika koju je biomasa vezala ne razlikuje se između proljetnoga (11,44 t ha⁻¹) i zimskog (13,17 t ha⁻¹) roka. Količina vezanoga dušika u biomasi razlikuje se između istraživanih rokova, te se za proljetnoga roka vezalo 0,09 t ha⁻¹, a zimskoga 0,19 t ha⁻¹.

Tablica 3. Prinos suhe tvari, udio ugljika i dušika i ukupna količina sekvestriranoga ugljika i dušika u nadzemnoj biomasi tijekom različitih rokova žetve

Table 3. Dry matter yield, percentage of carbon and nitrogen, total amount of sequestered carbon and nitrogen in aboveground biomass at different harvest times

	ST (t ha ⁻¹) / DM (t ha ⁻¹) LSD = 6,07	C (%) LSD = 1,40	N (%) LSD = 0,08	C (t ha ⁻¹) LSD = 2,74	N (t ha ⁻¹) LSD = 0,04
Prolječni rok / Spring harvest	24,48 a	46,72 a	0,37 a	11,44 a	0,09 a
Zimski rok / Winter harvest	29,76 a	44,27 b	0,62 b	13,17 a	0,19 b

*ST (t ha⁻¹) – prinos suhe tvari; C (%) – udio ugljika u biomasi; N (%) – udio dušika u biomasi; C (t ha⁻¹) – ukupna količina sekvestriranoga ugljika; N (t ha⁻¹) – ukupna količina sekvestriranoga dušika; LSD – najmanja signifikantna razlika. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu značajno različite pri $p \leq 0,05$.

*DM (t ha⁻¹) – dry matter yield; C (%) – percentage of carbon in biomass; N (%) – percentage of nitrogen in biomass; C (t ha⁻¹) – total amount of sequestered carbon; N (t ha⁻¹) – total amount of sequestered nitrogen; LSD – least significant differences. Average values marked with the same letters are not statistically significantly different at $p \leq 0.05$.

Pregledom literature utvrđen je vrlo malen broj istraživanja vezan uz prinos suhe tvari i kemijski sastav biomase divovske trske. Alexopoulou i sur. (2015.) proveli su istraživanje o prinosima biomase različitih kultura na Mediteranu u uvjetima sjeverne Italije te otkrili da je prinos različitih kultura znatno varirao ovisno o godinama i lokacijama istraživanja, a prinos divovske trske iznosio je 21,2 t ha⁻¹, što je niži prinos od prosječnoga prinosa ostvarenoga u ovome istraživanju (27,12 t ha⁻¹). U sličnim mediteranskim uvjetima sjeverne Italije Nassi o Di Nasso i sur. (2013.b) utvrdili su da divovska trska ima dobar produktivan potencijal: u trećoj godini nasada prinos nadzemne biomase iznosi oko 20 t ha⁻¹, što je niže od prosječnoga prinosa ostvarenoga u ovome radu (27,12 t ha⁻¹). Ostvareni viši prinos u ovome radu vjerojatno je posljedica različitih starosti nasada, iako nije točno poznata starost nasada na Pagu, lokalno stanovništvo pretpostavlja da je nasad stariji od 20 godina. U središnjoj su Italiji Angelini i sur. (2009.) utvrdili da prinos nadzemne biomase divovske trske iznosi 37,7 t ha⁻¹ godišnje, što su veći prinosi od prinosa ostvarenih u ovome istraživanju, a navedene razlike vjerojatno su posljedica različitih agroekoloških uvjeta i starosti nasada. U odnosu na prethodno navedene autore, Dragoni i sur. (2015) su tijekom dviju godina istraživanja utvrdili nešto niži prinos divovske trske pri jednome i dvama otkosima godišnje (oko 30 t ha⁻¹), bez značajnih razlika između vremena i učestalosti žetve, što je u skladu s ovih istraživanjem, u kojem također nisu utvrđene značajne razlike u ostvarenim prinosima između različitih rokova žetve. Nassi o Di Nasso i sur. (2013.a) utvrdili su kako divovska trska na plodnim i marginalnim tlima ima prinos nadzemne biomase između 20 i 38 t ha⁻¹. Prinosi ostvareni u ovome radu kreću se u sličnom rasponu, odnosno između 23 i 30 t ha⁻¹. Nassi o Di Nasso i sur. (2013.b) uzgajali su divovsku trsku na pjeskovitome ilovastom tlu s niskom dostupnošću hranjivih tvari te su u trećoj godini dobili prinos suhe nadzemne biomase od oko 20 t ha⁻¹, a Ge i sur. (2016.) te Oginni i Singh (2019.) utvrdili su prinose suhe tvari divovske trske tijekom jesenske žetve od 15 – 41 t ha⁻¹, a zimske žetve od 21 – 49 t ha⁻¹. Navedeni prinosi slični su prinosima ostvarenima u ovome istraživanju, s obzirom na to da prosječan prinos proljetnoga roka žetve u ovome

istraživanju iznosi 24,48 t ha⁻¹, a tijekom zimskoga roka 29,74 t ha⁻¹.

Na području Hrvatske provedeno je nekoliko istraživanja vezanih uz energetske kulture. Bilandžija i sur. (2022.) proveli su istraživanje o sadržaju suhe tvari i ukupnoga ugljika u nadzemnoj biomasi miskantusa uzgojenoga iz različitoga sadnog materijala te utvrdili da miskantus uzgojen iz rizoma ima prosječan prinos suhe tvari od 25,86 t ha⁻¹, pri čemu udio ugljika iznosi 44,49 %, a količina vezanoga ugljika 11,51 t ha⁻¹, dok miskantus uzgojen iz presadnica ima prinos suhe tvari od 22,04 t ha⁻¹, udio ugljika od 44,79 %, a količina vezanoga ugljika iznosi 9,87 t ha⁻¹. Navedeni su rezultati u skladu s rezultatima dobivenima u ovome radu s obzirom na to da prosječan prinos iznosi 27,12 t ha⁻¹, prosječan udio ugljika 45,5 %, prosječan udio dušika 0,5 %, količina vezanoga ugljika 12,31 t ha⁻¹, a dušika 0,14 t ha⁻¹. Krička i sur. (2017.) navode da udio dušika u biomasi divovske trske iznosi 0,74 %, a Jurišić i sur. (2014.) u svojim su istraživanjima u biomasi miskantusa i divovske trske utvrdili da srednja vrijednost udjela ugljika redom iznosi 49,53 % i 48,7 %, a udjela dušika 0,33 % i 0,79 %. Navedeni vrijednosti u istraživanju Jurišić i sur. (2014.) i Krička i sur. (2017.) više su od vrijednosti utvrđenih u ovome istraživanju (45,5 % ugljika i 0,14 % dušika). Rezultati ovoga istraživanja pružili su sveobuhvatnu analizu biomase divovske trske kao kulture u ublažavanju klimatskih promjena prikazujući podatke o prinosu suhe tvari i kemijskome sastavu nadzemne biomase. Divovska trska sposobna je ostvariti visoke prinose u mediteranskim okruženjima, u kojima voda nije ograničavajući faktor (Angelini i sur., 2005.; Angelini i sur., 2009.). Međutim, u ovome istraživanju zabilježeni su nešto niži prinosi nadzemne biomase, koji bi mogli biti posljedica četiriju glavnih čimbenika: svojstva tla, dostupnosti vode, sadnoga materijala i ekotipa. Svojstva tla i dostupnost vode međusobno su povezani: tla lakše teksture imaju manju sposobnost tla da zadrži vodu, što utječe na razvoj kulture, posebno tijekom ljetnoga razdoblja, kada je količina oborine ograničena, poput istraživanih uvjeta.

Što se tiče kemijskoga sastava biomase, rezultati ovoga istraživanja pokazali su da su se različiti postotci

zaliha hranjivih tvari remobilizirali iz rizoma u nadzemnu biomasu tijekom proljeća i zime. Tijekom proljetnih rokova žetve utvrđeni su viši udjeli ugljika i niži udjeli dušika u odnosu na zimski rok žetve. Razlike u udjelima ugljika i dušika mogle bi biti posljedica dostupnosti ugljika i dušika u rizomu divovske trske na početku vegetacijske sezone, kao i starosti usjeva te prinosa.

ZAKLJUČAK

Istraživanjem koje je provedeno na biomasi divovske trske uzorkovane u prirodnoj populaciji na otoku Pagu za dvaju značajnih rokova žetve tijekom dvije godine utvrđen je prosječan prinos suhe tvari od 23,7 – 30,2 t ha⁻¹, s prosječnom vrijednošću od 27,1 t ha⁻¹. Udio ugljika kreće se od 43,2 – 47,6 %, uz prosječnu vrijednost od 45,5 %, a udio dušika od 0,3 – 0,7 %, s prosječnom vrijednošću od 0,5 %. Količina ukupno sekvestriranoga ugljika iznosi 10,9 – 13,3 t ha⁻¹, s prosječnom vrijednošću od 12,3 t ha⁻¹, a količina ukupno sekvestriranoga dušika 0,08 – 0,20 t ha⁻¹, s prosječnom vrijednošću od 0,14 t ha⁻¹.

Interakcija različitih rokova žetve i istraživanih godina nema značajan utjecaj na prinos suhe tvari i količinu ukupno vezanoga ugljika. Značajan utjecaj utvrđen je za količinu ukupno vezanoga dušika, pri čemu je u obje istraživane godine za zimskog roka vezano više dušika u odnosu na proljetni rok žetve. Udio ugljika i dušika u biomasi je pod značajnim utjecajem interakcije rokova žetve i istraživanih godina, pri čemu su u obje istraživane godine zabilježeni veći udjeli ugljika i manji udjeli dušika tijekom proljetnoga roka žetve u odnosu na zimski rok. Drukčiji vremenski uvjeti tijekom različitih godina istraživanja imaju značajan utjecaj na udio ugljika u nadzemnoj biomasi divovske trske, dok na ostale istraživane parametre nije utvrđen značajan utjecaj. Rok žetve ima značajan utjecaj na udio ugljika i dušika u biomasi te ukupnu količinu vezanoga dušika, a za ostale istraživane parametre nije utvrđen značajan utjecaj.

S obzirom na utvrđene rezultate, na području otoka Paga, ali i šire (Dalmacija i sjeverni Mediteran), moguće je uzgajati divovsku trsku, uz postizanje zadovoljavajućih prinosa, kao i doprinosa ublažavanju klimatskih promjena sekvestracijom ugljika. Potrebno je napomenuti da je divovska trska višegodišnja kultura s rizomom koji neograničeno raste i može predstavljati potencijalan problem uslijed svojega nekontroliranog širenja, iako divovska trska prema analiziranim karakteristikama ima izvrstan potencijal. Stoga bi trebalo provoditi mjere kojima je moguće suzbiti njezino nekontrolirano širenje, ali i promijeniti trenutačnu zakonsku regulativu, prema kojoj se divovska trska ne nalazi na popisu dopuštenih kultura za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnja iako ostvaruje visoke prinose biomase, prilagodljiva je širokomu rasponu tala i dobro podnosi suše i poplave.

LITERATURA

1. Alexopoulou, E., Zanetti, F., Scordia, D., Zegada-Lizarazu, W., Christou, M., Testa, G., Cosentino, S.L. i Monti, A. (2015). Long-Term Yields of Switchgrass, Giant

2. Reed, and Miscanthus in the Mediterranean Basin. *BioEnergy Research*, 8(4), 1492–1499. <https://doi.org/10.1007/s12155-015-9687-x>.
3. Angelini, L.G., Ceccarini, L., Bonari, E. (2005). Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices. *European Journal of Agronomy*, 22(4), pp.375–389. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.05.004>.
4. Angelini, L.G., Ceccarini, L., Nasso, N. i Bonari, E. (2009). Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33(4), 635–643. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.10.005>.
5. Balent, T. (2025). Divovska trska (*Arundo donax* L.) kao energetska kultura. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska. <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:135936>
6. Bilandžija, D., Galić, M., Zgorelec, Ž. (2023). Tlo i klimatske promjene // Proizvodnja hrane, biokompozita i biogoriva iz žitarica u kružnom gospodarstvu. Zadar: Sveučilište u Zadru, str. 261-304.
7. Bilandžija, D., Stuparić, R., Galić, M., Zgorelec, Ž., Leto, J. i Bilandžija, N. (2022). Carbon Balance of Miscanthus Biomass from Rhizomes and Seedlings. *Agronomy*, 12,1426. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061426>.
8. Ceotto, E., Vasmara, C., Marchetti, R., Cianchetta, S., Galletti S. (2021). Biomass and methane yield of giant reed (*Arundo donax* L.) as affected by single and double annual harvest. *GCB Bioenergy*, 13 (3), 393-407. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12790>
9. Corno, L., Pilu, R. i Adani, F. (2014). *Arundo donax* L.: A non-food crop for bioenergy and bio-compound production. *Biotechnology Advances*, 32(8), 1535–1549. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.10.006>.
10. Dragoni, F., Nicoletta, Cristiano Tozzini, E. Bonari i Giorgio Ragaglini (2015). Aboveground Yield and Biomass Quality of Giant Reed (*Arundo donax* L.) as Affected by Harvest Time and Frequency. *Bioenergy Research*, 8(3), 1321–1331. <https://doi.org/10.1007/s12155-015-9598-x>.
11. Dragoni F., Volpi I., Lwin A.K., Triana F., Tozzini C., Ragaglini G. (2021). Comparing different propagation methods for giant reed (*Arundo donax* L.) across three years from planting. *Biomass Bioenergy*, 154, 106258. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106258>.
12. Gajić-Čapka, M., Zaninović, K. (2008). Klima / Climate. U Zaninović K. (ur.) Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961-1990, 1971-2000. Državni hidrometeorološki zavod / Meteorological and Hydrological Service (DHMZ), Zagreb, Hrvatska. 11-15.
13. Ge, X., Xu, F., Vasco-Correa, J. i Li, Y. (2016). Giant reed: A competitive energy crop in comparison with miscanthus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 350–362. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.010>.
14. HRN ISO 10694:2004 Kakvoća tla – Određivanje organskoga i ukupnog ugljika suhim spaljivanjem (elementarna analiza) (ISO 10694:1995)
15. HRN ISO 13878:2004 Kakvoća tla – Određivanje sadržaja ukupnog dušika suhim spaljivanjem ("elementarna analiza") (ISO 13878:1998)

15. IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184., <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
16. Jurišić, V., Bilandžija, N., Krička, T., Leto, J., Matin, A. i Kuže, I. (2014). Fuel Properties' Comparison of Allochthonous *Miscanthus x giganteus* and Autochthonous *Arundo donax* L.: a Study Case in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 79(1), 7-11.
17. Krička, T., Matin, A., Bilandžija, N., Jurišić, V., Antonović, A., Voća, N. i Grubor, M. (2017). Biomass valorisation of *Arundo donax* L., *Miscanthus x giganteus* and *Sida hermaphrodita* for biofuel production. *International Agrophysics*, 31(4), 575–581. <https://doi.org/10.1515/intag-2016-0085>.
18. Nassi o Di Nasso, N., Roncucci, N., Bonari, E. (2013a). Giant reed (*Arundo donax* L.) as energy crop in Central Italy: a review. *Italian Journal of Agronomy*, 8, 10–17. [https://doi.org/10.1016/s1125-4718\(24\)00196-8](https://doi.org/10.1016/s1125-4718(24)00196-8).
19. Nassi o Di Nasso, N., Roncucci, N., Bonari, E. (2013b). Seasonal Dynamics of Aboveground and Belowground Biomass and Nutrient Accumulation and Remobilization in Giant Reed (*Arundo donax* L.): A Three-Year Study on Marginal Land. *BioEnergy Research*, 6(2), 725–736. <https://doi.org/10.1007/s12155-012-9289-9>.
20. NN - Narodne novine (2019). Pravilnik o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati. Zagreb: Narodne novine d.d., 16 (pristupljeno 28.08.2025), https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_02_16_340.html
21. Oginni, O., Singh, K. (2019). Pyrolysis characteristics of *Arundo donax* harvested from a reclaimed mine land. *Industrial Crops and Products*, 133, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.03.014>.
22. Sharma, K.P., Kushwaha, S.P.S., Gopal B. (1998). A comparative study of stand structure and standing crops of two wetland species, *Arundo donax* and *Phragmites karka*, and primary production in *Arundo donax* with observations on the effect of clipping. *Tropical Ecology*, 39 (1), 3-14.
23. Smith, R., Slater F.M. (2011). Mobilization of minerals and moisture loss during senescence of the energy crops *Miscanthus x giganteus*, *Arundo donax* and *Phalaris arundinacea* in Wales, UK. *GCB Bioenergy*, 3(2), 148-157. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01069.x>.

POTENTIAL OF GIANT REED (*Arundo donax* L.) IN CLIMATE CHANGE MITIGATION

SUMMARY

Climate change is one of the biggest challenges today, and some cultivated plants that generate large biomass, known as energy crops, can contribute to its mitigation as they are a significant renewable energy source, which produces their biomass primarily through the sequestration of atmospheric carbon and its incorporation into their biomass. The aim of this work is to determine the amount of carbon and nitrogen sequestered by the above-ground biomass of the energy crop giant reed (*Arundo donax* L.) at two different harvest times (winter and spring) for two years. The research was conducted during 2019/2020 and 2020/2021 in the natural stand of giant reed on the island of Pag, Croatia. The dry matter yield is in the range of 23.7–30.2 t ha⁻¹, carbon content of 43.2 – 47.6 %, and nitrogen content of 0.3 – 0.7 %. The amount of total sequestered carbon is between 10.9 – 13.3 t ha⁻¹, and nitrogen 0.08 – 0.20 t ha⁻¹. Different weather conditions during different years of research have a significant impact on the carbon content in aboveground biomass, but not on the other parameters studied. Delaying the harvest date from spring to winter, a higher dry matter yield is achieved, and greater amounts of carbon and nitrogen are sequestered. The interaction of different harvest dates and research years has no significant impact on dry matter yield, and the amount of total bound carbon, and a significant impact was determined for the amount of total bound nitrogen and the carbon and nitrogen content in biomass.

Keywords: energy crops, climate change, sequestration, aboveground biomass, carbon, nitrogen

(Primljeno 5. ožujka 2026.; prihvaćeno 22. svibnja 2026. – Received on March 5, 2026; accepted on May 22, 2026)